

# LIBRO DE RESÚMENES

XXXVII CONGRESO NACIONAL DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA

15th MEETING OF THE MEXICAN SECTION OF  
THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY

*Puebla, Pue., México  
10 al 14 de octubre 2022*

## EDITORES

Dra. Erika Méndez Albores  
Dr. Jorge Raúl Cerna Cortes  
M. en I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Dra. Mónica Cerro López  
Dra. Alia Méndez Albores  
Dra. María Teresa Zayas Pérez  
Dr. Miguel Ángel González Fuentes  
Dr. Mario González Perea

# PATROCINADORES



# BUAP<sup>®</sup>



Secretaría  
de Educación

**CONCYTEP**  
Consejo de Ciencia  
y Tecnología del Estado  
de Puebla



**XXXVII CONGRESO NACIONAL DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA**

15th MEETING OF THE MEXICAN SECTION OF  
THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY

Puebla, Pue. México  
10 al 14 de octubre 2022



### **Comité Organizador**

Dra. Erika Méndez Albores  
**Presidenta**

Dr. Jorge Raúl Cerna Cortes  
M. en I. Angel Cecilio Guerrero Zamora  
Dra. María Maura Margarita Teutli León  
Dra. Mónica Cerro López  
Dra. Alia Méndez Albores  
Dra. María Teresa Zayas Pérez  
Dr. Miguel Angel González Fuentes  
Dr. Mario González Perea

### **Comité Asesor**

Dr. José Angel Cabral Miramontes  
Dra. Citlalli Gaona Tiburcio  
Dr. Facundo Almeraya Calderón  
Dr. Francisco Estupiñán López

Revisión de Estilo:

Jose A. Cabral Miramontes

Facundo Almeraya Calderón

Diseño Gráfico: Citlalli Gaona Tiburcio

D.R. ©Publicaciones SMEQ

Av. Barranca del Muerto #26, Col. Crédito Constructor, Benito Juárez,  
Ciudad de México C.P. 03940

[www.SMEQ.org.mx](http://www.SMEQ.org.mx)

Impreso en México - 2022



## ***Prefacio***

Representa para nosotros como Comité Organizador, una gran satisfacción personal y académica el poder editar este libro de resúmenes del **XXXVII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica y el 15th Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society**, que tiene como sede a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, a través de la Facultad de Ciencias Químicas y la Facultad de Ingeniería, donde se realizan todas las actividades académicas y culturales.

Este libro se ha estructurado con los resúmenes de los temas de interés en la Electroquímica y sus aplicaciones, centrándose en las ocho divisiones con que cuenta la SMEQ.

Con la visión "**Electroquímica: ciencia multidisciplinaria para problemas globales**" se debe de hacer frente a los nuevos retos que demanda la forma de hacer investigación científica, la cual pone de manifiesto nuevos desafíos que la sociedad exige.

Por lo anterior, queremos agradecer el entusiasmo y esfuerzo de todos los investigadores, profesores y estudiantes que han contribuido con sus trabajos científicos, así como el apoyo de los miembros del Comité Ejecutivo 2021-2023 y del Consejo Consultivo de la Sociedad Mexicana de Electroquímica para hacer realidad el presente libro de resúmenes.

**Dra. Erika Méndez Albores**  
**PRESIDENTA DEL COMITÉ ORGANIZADOR**  
**XXXVII Congreso SMEQ 2022**

# Programa General del Congreso SMEQ 2022

Horario	Domingo 09 de octubre	Lunes 10 de octubre	Martes 11 de octubre	Miércoles 12 de octubre	Jueves 13 de octubre	Viernes 14 de octubre	Horario
07:00 - 07:30							07:00 - 07:30
07:30 - 07:45							07:30 - 07:45
07:45 - 08:00							07:45 - 08:00
08:00 - 08:30							08:00 - 08:30
08:30 - 09:00							08:30 - 09:00
09:00 - 09:30							09:00 - 09:30
09:30 - 09:45							09:30 - 09:45
09:45 - 10:00							09:45 - 10:00
10:00 - 10:30							10:00 - 10:30
10:30 - 10:45							10:30 - 10:45
10:45 - 11:00							10:45 - 11:00
11:00 - 11:30							11:00 - 11:30
11:30 - 11:45							11:30 - 11:45
11:45 - 12:00							11:45 - 12:00
12:00 - 12:30							12:00 - 12:30
12:30 - 12:45							12:30 - 12:45
12:45 - 13:00							12:45 - 13:00
13:00 - 13:15							13:00 - 13:15
13:15 - 13:30							13:15 - 13:30
13:30 - 13:45							13:30 - 13:45
13:45 - 14:00							13:45 - 14:00
14:00 - 14:15							14:00 - 14:15
14:15 - 14:30							14:15 - 14:30
14:30 - 14:45							14:30 - 14:45
14:45 - 15:00							14:45 - 15:00
15:00 - 15:30							15:00 - 15:30
15:30 - 15:45							15:30 - 15:45
15:45 - 16:00							15:45 - 16:00
16:00 - 16:30							16:00 - 16:30
16:30 - 16:45							16:30 - 16:45
16:45 - 17:00							16:45 - 17:00
17:00 - 17:30							17:00 - 17:30
17:30 - 17:45							17:30 - 17:45
17:45 - 18:00							17:45 - 18:00
18:00 - 18:30							18:00 - 18:30
18:30 - 18:45							18:30 - 18:45
18:45 - 19:00							18:45 - 19:00
19:00 - 19:30							19:00 - 19:30
19:30 - 19:45							19:30 - 19:45
19:45 - 20:00							19:45 - 20:00

Horario	Domingo 09 de octubre	Lunes 10 de octubre	Martes 11 de octubre	Miércoles 12 de octubre	Jueves 13 de octubre	Viernes 14 de octubre
07:00 - 07:30						
07:30 - 07:45						
07:45 - 08:00						
08:00 - 08:30						
08:30 - 09:00						
09:00 - 09:30						
09:30 - 09:45						
09:45 - 10:00						
10:00 - 10:30						
10:30 - 10:45						
10:45 - 11:00						
11:00 - 11:30						
11:30 - 11:45						
11:45 - 12:00						
12:00 - 12:30						
12:30 - 12:45						
12:45 - 13:00						
13:00 - 13:15						
13:15 - 13:30						
13:30 - 13:45						
13:45 - 14:00						
14:00 - 14:15						
14:15 - 14:30						
14:30 - 14:45						
14:45 - 15:00						
15:00 - 15:30						
15:30 - 15:45						
15:45 - 16:00						
16:00 - 16:30						
16:30 - 16:45						
16:45 - 17:00						
17:00 - 17:30						
17:30 - 17:45						
17:45 - 18:00						
18:00 - 18:30						
18:30 - 18:45						
18:45 - 19:00						
19:00 - 19:30						
19:30 - 19:45						
19:45 - 20:00						

Horario	Domingo 09 de octubre	Lunes 10 de octubre	Martes 11 de octubre	Miércoles 12 de octubre	Jueves 13 de octubre	Viernes 14 de octubre
07:00 - 07:30						
07:30 - 07:45						
07:45 - 08:00						
08:00 - 08:30						
08:30 - 09:00						
09:00 - 09:30						
09:30 - 09:45						
09:45 - 10:00						
10:00 - 10:30						
10:30 - 10:45						
10:45 - 11:00						
11:00 - 11:30						
11:30 - 11:45						
11:45 - 12:00						
12:00 - 12:30						
12:30 - 12:45						
12:45 - 13:00						
13:00 - 13:15						
13:15 - 13:30						
13:30 - 13:45						
13:45 - 14:00						
14:00 - 14:15						
14:15 - 14:30						
14:30 - 14:45						
14:45 - 15:00						
15:00 - 15:30						
15:30 - 15:45						
15:45 - 16:00						
16:00 - 16:30						
16:30 - 16:45						
16:45 - 17:00						
17:00 - 17:30						
17:30 - 17:45						
17:45 - 18:00						
18:00 - 18:30						
18:30 - 18:45						
18:45 - 19:00						
19:00 - 19:30						
19:30 - 19:45						
19:45 - 20:00						



# MAPA de ubicación



Electrónica

Arquitectura



- ING1 Laboratorio, Cubículo, Taller
- ING2 Auditorio, Aulas, Cubículos, Laboratorio
- ING3 Área Administrativa, Auditorio, Aulas, Cubículos, Área de Usos Múltiples
- ING4 Aulas, Cubículos
- ING5 Aulas
- ING6 Laboratorios, Salón de Computo
- ING7 Aulas, Laboratorios de Computo, Sala Audiovisual
- ING8 Cubículo
- ING9 Cafetería



- ING 1 Laboratorio Integral
- ING 2 Posgrado Vinculación y Educación Continua
- ING 3 Laboratorio de acabados textiles
- ING 4 Oficinas Administrativas Aulas Auditorio
- ING 5 Cubículos Aulas
- ING 6 Aulas
- ING 7 Laboratorio de cómputo Autoacceso
- ING 8 Laboratorios de cómputo Aulas
- ING 9 Estación Sísmica
- EMA 2 Multiaulas
- ING Y Cafetería

**FI** Por la identidad en Ingeniería.

# Contenido

<b>CONFERENCIAS MAGISTRALES .....</b>	<b>24</b>
Prof. Dr. Carlos Alberto Martínez Huitle.....	25
Prof. Dr. Luis Francisco Garfías Mesías.....	27
Prof. Dr. Robert Francke .....	29
Prof. Dr. Eric Borguet .....	31
Prof. Dra. Susana Inés Córdoba de Torresi.....	33
 <b>CONFERENCIAS PLENARIAS .....</b>	 <b>35</b>
Dra. Mayra Rodríguez Peña .....	36
Dr. José Angel Barragán López.....	38
Dr. Gregorio Guzmán González .....	40
 <b>CONFERENCIAS INVITADAS .....</b>	 <b>42</b>
Dr. Bernardo Antonio Frontana Uribe .....	43
 <b>DIVISIÓN 1. ....</b>	 <b>45</b>
<b>ELECTROQUÍMICA ANALÍTICA (EA) .....</b>	<b>45</b>
Sensores electroquímicos a base de aptámeros para estudios farmacológicos preclínicos .....	46
Estudio voltamétrico de renio metálico en presencia de metanol acuoso .....	47
Cuantificación electroquímica de guanina en medio acuoso sobre un EPC.....	48
Implementación de un electrodo de grafito de lápiz para la detección a nivel traza de Cd(II) y Pb(II) en medio acuoso.....	49
Estimación de incertidumbre de las mediciones y su importancia en la electroquímica: caso espectroscopia de impedancia electroquímica.....	50
Cuantificación electroquímica de dopamina mediante un electrodo de carbono vítreo modificado con Poly5Aphen polimerizado a partir de un disolvente eutéctico profundo .....	51
Determinación del coeficiente de difusión de hidrocarburo en mezclas acuosas conteniendo líquido iónico y surfactantes.....	52
Monocapas autoensambladas sobre electrodos serigrafiados de oro para inmovilización covalente de enzima uricasa .....	53
Caracterización de electrodos modificados con pimienta y hierro para la detección de arsénico .....	54
Efecto de las NPsAu sintetizadas con $\beta$ CD en el comportamiento electroquímico de la melatonina.....	55

Cuantificación electroquímica simultánea de glutatión reducido y oxidado con un electrodo de carbón modificado .....	56
Evaluación de un electrodo modificado con MOF de cobalto en presencia de iones de $\text{Cu}^{2+}$ .....	57
Desarrollo y validación de un método voltamperométrico para la determinación de Meloxicam utilizando un electrodo de carbón vítreo modificado con nanotubos de carbono (GC/MWCNT) .....	58
Efecto del pretratamiento electroquímico de electrodos serigrafiados para la detección no enzimática de creatinina usando nanoestructuras de Cu .....	59
Determinación electroquímica de la difusión de líquidos iónicos con variación de cadena alquílica.....	60
Producción de electricidad y remoción de materia orgánica en celdas de combustible microbianas usando lactosuero como anolito.....	61
Green and black tea characterization by electrochemical and UVVis-Spectroscopy techniques for bioelectronic applications.....	62
Diseño de un biosensor electroquímico para la cuantificación de $\text{H}_2\text{O}_2$ producido mediante reacciones biológicas .....	63
Análisis de la respuesta a la frecuencia del cambio de energía libre de Gibbs de sistemas electroquímicos como función de transferencia termométrica .....	64
Caracterización y determinación de tetraciclina mediante voltamperometría cíclica en medio acuoso.....	65
Determinación de ketoprofeno mediante voltamperometría cíclica en medio acuoso.....	66
Estudio electroanalítico de metronidazol y su interacción con sds en medio acuoso.....	67
Determinación de budesonida, corticoide utilizado en tratamiento de la COVID-19, mediante un sensor electroquímico de pasta de carbono modificado con $\beta$ -ciclodextrina .....	68
Caracterización electroquímica por voltamperometría del ácido tánico .....	69
Caracterización electroquímica de quinina con $\beta$ -ciclodextrina por voltamperometría cíclica .....	70
Evaluación de metales pesados (Cd(II), Cu(II) y Fe(III)) en cervezas artesanales mediante voltametría de redisolución anódica de pulso diferencial sobre diamante dopado de boro.....	71
<b>DIVISIÓN 2. ....</b>	<b>72</b>
<b>INGENIERÍA ELECTROQUÍMICA Y APLICACIONES TECNOLÓGICAS (IE)</b>	<b>72</b>
Modelado de corriente secundaria en un reactor para su aplicación como batería flujo redox de vanadio .....	73
Diseño e implementación de un sistema hidrodinámico rotatorio para medición de ruido electroquímico ....	74
Modelado y caracterización de celdas de flujo redox con electrodos tridimensionales para su aplicación en sistemas de almacenamiento de energía .....	75
Evaluación del depósito de manganeso con 4 arreglos electroquímicos .....	76
Efecto del pH y concentración del anolito en el depósito de Mn.....	77
Evaluación electroquímica y mecánica a mezclas de concreto modificado .....	78
Estudio electroquímico de los pares redox de cobre en medio aprótico para su aplicación en una batería de flujo redox .....	79

Recuperación de litio mediante un sistema de electrodiálisis .....	80
Desarrollo de un modelo matemático para simular la degradación de un contaminante mediante un proceso tipo UV/Electro-Fenton basado en la generación de cloro activo.....	81
Modelamiento y optimización del grado de mezclado en reactores electroquímicos para el tratamiento de aguas residuales mediante oxidación electroquímica mediada .....	82
Caracterización de un desincrustante a base de ácidos orgánicos y su efecto en la corrosión de tuberías de acero .....	83
Comportamiento electroquímico del par $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ empleando una celda electroquímica de bajo volumen impresa en 3D.....	84
Seguimiento del proceso de carbonatación en concreto real alcalinizado .....	85
Comportamiento electroquímico de la hidrocortisona empleando un arreglo de electrodos serigrafiados dispuestos en un soporte impreso en 3D .....	86
Evaluación de la degradación de membranas de intercambio iónico en un sistema de electrodiálisis.....	87
<b>DIVISIÓN 3. ....</b>	<b>88</b>
<b>ELECTROQUÍMICA MOLECULAR Y BIOELECTROQUÍMICA (EMB) .....</b>	<b>88</b>
Descarboxilación de ferrocenocarboxilato usando 1.4-benzoquinona como oxidante y su aplicación en el grafting químico de superficies de carbón vítreo.....	89
Estabilidad inusual de los radicales aniones de ( <i>N</i> -bencilamino) y ( <i>N</i> -bencilimino) ftalimidas electrogenerados en MeCN .....	90
Estudio de la biodegradabilidad y biocompatibilidad de andamios base PVA/SA con células HaCat mediante EIS.....	91
Estudio electroquímico de compuestos quinónicos y su interacción de especies intermediarias con O <sub>2</sub> .....	92
Optimización mediante el MSR de la mineralización del herbicida metamitrona en un reactor de flujo tipo filtro prensa .....	93
Ciclización intramolecular de xantatos inducida electroquímicamente para la síntesis de benzo[d]-1,3-ditio-2-onas y tetraiafulvalenos .....	94
Electroadsorción de piocianina sobre electrodos de carbono: Cinética electroquímica e interacciones intermoleculares .....	95
Efecto de la intensidad del estímulo eléctrico en el desarrollo de <i>Arabidopsis thaliana</i> en un sistema semi-hidropónico .....	96
Elucidación del mecanismo de electrorreducción de porfirinas diprotonadas en medio no acuoso y HClO <sub>4</sub> como donador de protones. ....	97
Estudios electroquímicos y espectroscópicos de compuestos de Cu(II) para la generación de especies reactivas de oxígeno y su interacción con BSA .....	98
Implementación de la electrodiálisis con membranas de ultrafiltración para la obtención de péptidos bioactivos con potencial agroalimentario, a partir de sorgo blanco ( <i>Sorghum bicolor</i> L. Moench) variedad perla 101.....	99
Fenómenos de asociación en la reducción del nitrobenzeno en presencia de un donador de protones en acetonitrilo.....	100

Determinación de modelos de crecimiento celular en andamios de PVA/SA mediante mediciones electroquímicas .....	101
Estudio electroquímico de <i>N</i> -alcoxiftalimidas provenientes de alcoholes debencílicos. Obteniendo productos oxidados haciendo reducciones .....	102
Estudio de las propiedades electroquímicas y electrotransformaciones de compuestos orgánicos en Cyrene, un disolvente bio-renovable .....	103
Modificación de carbón vítreo con melatonina por el método de <i>electrografting</i> .....	104
Estudio electroquímico de la oxidación de ácido <i>p</i> -cumárico en medio acuoso utilizando electrodos de pasta de carbón .....	105
Caracterización electroquímica de biopelículas de <i>Klebsiella pneumoniae</i> generadas a diferentes temperaturas .....	106
Estudio del proceso de transferencia de carga de microorganismos a electrodos: Análisis mediante la herramienta FOWA .....	107
Reconocimiento molecular por puentes de hidrógeno controlados electroquímicamente en función de la temperatura.....	108
<b>DIVISIÓN 4.....</b>	<b>109</b>
<b>ELECTROQUÍMICA DE MATERIALES (EM).....</b>	<b>109</b>
Estudio de un electrodo de renio metálico en ácido clorhídrico .....	110
Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de membranas de intercambio protónico a partir de celulosa nanocrystalina y óxido de grafeno reducido: efecto de la temperatura y tiempo de extracción.....	111
Análisis electroquímico del mucílago de aloe vera como inhibidor del acero en solución alcalina modelada en presencia de cloruros .....	112
Efecto de la temperatura de calcinación de ZIFs en la obtención de carbono mesoporoso dopado con heteroátomos (M-N-C) y su impacto en la detección electroquímica de peróxido de hidrógeno.....	113
Estabilidad REDOX de películas del polímero conductor durentetraoxiditiofeno (DTODT) electrodepositadas en diferentes materiales de electrodo .....	114
Funcionalización de nanofibras mediante la electropolimerización in situ de PPy y PEDOT para la obtención de microarquitecturas electroactivas .....	115
Análisis superficial mediante EIS de galena expuesta a iones típicamente presentes en sistemas de flotación .....	116
Evaluación de electrocatalizadores bimetálicos Pd-Co en la reacción de oxidación de ácido fórmico .....	117
Sobre la transición de la nucleación 2D a 3D durante la electrodeposición potenciostática de Zn .....	118
Cuprato de litio modificado con iones de metales de transición como cátodo para baterías de ion litio .....	119
Síntesis electroquímica de nanopartículas de paladio-plata sobre carbono vítreo y polipirrol empleando disolventes eutécticos profundos.....	120
Síntesis y caracterización de complejos de cromo (III) para usos en galvanoplastia.....	121
Influencia de la concentración y pH de salmueras en aleaciones austeníticas.....	122

Estudio de las propiedades electroquímicas del recubrimiento base magnetita sobre acero de refuerzo.....	123
Evaluación electroquímica de aluminio sumergido en una solución de $\text{CaCl}_2\text{-LiNO}_3\text{-LiBr/H}_2\text{O}$ a $80^\circ\text{C}$ ....	124
Síntesis y caracterización electroquímica de puntos cuánticos de carbono, para su posible aplicación en celdas solares.....	125
Electrodeposición de cobalto sobre un ultramicroelectrodo de fibra de carbono a partir de un baño amoniacal .....	126
Efecto de la adición de GO en la electrosíntesis de películas delgadas de PANI.....	127
Síntesis y caracterización de nanopartículas de magnetita-quitosano por métodos fisicoquímicos y electroquímicos .....	128
Análisis in-situ de oxidación de alcoholes en presencia de catalizadores basados en Ni-Mn soportados en MWCNT .....	129
Síntesis y evaluación de electrocatalizadores basados en Pt-Ni soportados en carbón vulcan para la reacción de oxidación de etanol.....	130
Síntesis óxidos de Ni, Co y Cu por aleado mecánico para la reacción de oxidación de metanol .....	131
Electro-oxidación de ácido fórmico usando nanopartículas de Pd sintetizadas electroquímicamente a partir de un disolvente eutéctico profundo.....	132
Estudio electroquímico comparativo entre una aleación Ni-Fe y un acero A304 como cátodos para la producción de hidrógeno.....	133
Comparación de los parámetros cinéticos obtenidos durante la electrodeposición de cobalto, a partir de soluciones amoniacales ( $\text{pH}=4.5$ y $9.0$ ) sobre un electrodo de oro policristalino de $50\ \mu\text{m}$ de diámetro.....	134
Resultados preliminares de la síntesis y caracterización óptica, morfológica y electroquímica de $\text{TiO}_2\text{-Fe-N}$ .....	135
Efecto del tratamiento térmico en películas delgadas de $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ depositadas mediante electrodeposición galvanostática.....	136
Síntesis de óxido de grafeno a partir de la oxidación simultánea de grafito y anilinas sulfonadas.....	137
Resultados preliminares de la síntesis y caracterización óptica, morfológica y electroquímica de Cu.....	138
Evaluación de $\text{NaClO}$ como depresor de calcopirita en la separación selectiva por flotación de Cu-Mo.....	139
Estudio electroquímico del pirogalol para la funcionalización de nanopartículas de magnetita.....	140
Caracterización de celdas electroquímicas flexibles de grafeno inducido con el par redox ferrocianuro/ferricianuro de potasio.....	141
Elaboración de sustratos de aluminio decorados con nanotubos de carbono y dendrímeros poliamidoamina, enfocados al desarrollo de biosensores .....	142
Fabricación de ánodos nanoestructurados de Zn para baterías metal-aire .....	143
Estudio del potencial de inversión en el proceso de oxidación de PPy .....	144
Electrocatalizadores sin metales nobles para la reacción de evolución de $\text{H}_2$ .....	145
Influencia de la temperatura sobre la nucleación y crecimiento electroquímico de aluminio a partir de la mezcla eutéctica cloruro de colina/urea .....	146
Influencia de la temperatura sobre la formación electroquímica de aleación Ni-Co bajo la aplicación de un campo magnético externo.....	147

Cinética y nucleación de selenio utilizando un disolvente eutéctico profundo .....	148
Análisis de la nucleación y crecimiento de Pd-Co sobre carbono vítreo a partir de ethaline con el modelo teórico de fases bimetalicas.....	149
Electrodeposición de nanopartículas bimetalicas Pd-Zn a partir de reline.....	150
Influencia de la temperatura en los parámetros cinéticos del proceso de electrodeposición de Pd-Ni a partir de ethaline .....	151
Síntesis de nanocrisales de zirconia mediante el método Sol-Gel: Efecto de la constante de las propiedades electroquímicas del medio.....	152
Inmovilización de aminas sobre carbón vítreo como soporte de aptámeros para la posible detección electroquímica de tiroxina.....	153
Electrodepósito de nanopartículas de plata sobre nanotubos de TiO <sub>2</sub> utilizando al disolvente eutéctico profundo Reline.....	154
Desarrollo de un sustrato SERS basado en nanohilos de ZnO sintetizados por anodización electroquímica .....	155
Nanohilos de ZnO obtenidos por anodización electroquímica: estudio comparativo con dos electrolitos ....	156
Mecanismo y cinética de la nucleación y crecimiento de la aleación paladio-cobre sobre carbono vítreo obtenido a partir de Reline .....	157
Estudio electroquímico de una película de titanio depositada mediante pulverización catódica sobre carbón .....	158
Nucleación y crecimiento de nanopartículas de oro sobre un electrodo de carbono vítreo modificado con Poly5Aphen a partir de un disolvente eutéctico profundo .....	159
Nucleación y crecimiento electroquímico de aleaciones Zn-Fe, Al-Zn y Fe-Al a partir de un disolvente eutéctico profundo.....	160
Síntesis y caracterización de catalizadores para la oxidación de metano usando procesos electroquímicos..	161
Síntesis y caracterización electroquímica de nitruro de carbono: efecto del tratamiento térmico.....	162
Estudio electroquímico de ligantes polidentados frente a iridio .....	163
<b>DIVISIÓN 5.....</b>	<b>164</b>
<b>ELECTROQUÍMICA AMBIENTAL (EAM).....</b>	<b>164</b>
Sistema fotocapacitivo para captación/acumulación de luz visible preparado con placas de acero modificadas con compositos C TiO <sub>2</sub> nanoestructurados.....	165
Remoción del colorante de tenería azul ácido 113 por electrocoagulación .....	166
Empleo de campos magnéticos para el control de la fotogeneración de radical hidroxilo en electrodos de TiO <sub>2</sub> nanoparticulados autodopados con Ti <sup>3+</sup> .....	167
Eliminación del antibiótico sulfametoxazol por activación de persulfato anódicamente generado en electrodo BDD .....	168
Remoción de nanoplásticos por fotoelectrocatalisis usando Ni/Cu-TiO <sub>2</sub> anodizado como fotoánodos.....	169
Optimización de parámetros experimentales para la detección y cuantificación de Pb <sup>2+</sup> y Cd <sup>2+</sup> en agua empleando voltamperometría de pulso diferencial.....	170

Caracterización electroquímica de una celda de combustible microbiana para la producción de energía a partir de la degradación de tebuconazol .....	171
Remoción de As, F <sup>-</sup> y SiO <sub>2</sub> de agua subterránea por electrocoagulación en un nuevo reactor electroquímico empleando electrodos híbridos de Al-Fe.....	172
Impacto de la intensidad del estímulo eléctrico en la producción de hidrógeno y ácidos carboxílicos en un proceso de electrofermentación.....	173
Fotocatálisis asistida con voltaje de ketorolaco con nanotubos de dióxido de titanio.....	174
Producción electroquímica de estruvita y remoción simultánea de contaminantes.....	175
Aplicación de un proceso de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria azucarera	176
Fotoelectro-degradación de microplásticos de polietileno (PE) empleando un fotoánodo de diamante dopado con boro modificado con dióxido de titanio.....	177
Medidas de potencial de circuito abierto para evaluar la remoción de mercurio(II) en soluciones de cianuro .....	178
Tratamiento electroquímico al agua residual sintética de hemodiálisis por electrocoagulación y electrooxidación .....	179
Degradación electroquímica de amoxicilina empleando ánodos del tipo MO <sub>x</sub> /Ti y cátodos de carbón .....	180
Degradación electroquímica de tolueno empleando nanotubos de TiO <sub>2</sub> .....	181
Desarrollo de un fotoánodo con base en un conductor óptico flexible recubierto de TiO <sub>2</sub> para degradación de contaminantes en agua .....	182
Remoción de fármacos SARS-CoV-2 mediante Sono-foto Fenton utilizando zeolita-Fe modificada electroquímicamente .....	183
Análisis de la permeación de flúor de agua de uso y consumo humano a través de membranas de intercambio iónico.....	184
Efecto del electrolito soporte en una electro-oxidación y electro-oxidación solar de carbamazepina comercial .....	185
Evaluación del proceso de electro adsorción y desorción de hierro en materiales de carbón para el proceso electro-Fenton .....	186
Sistemas galvánicos hierro/grafito para la reducción de Cr(VI) presente en agua sintética y agua residual de galvanoplastia.....	187
Proceso galvánico de oxidación avanzada (G-POA) tipo Fenton para la degradación de paracetamol .....	188
Optimización y modelado de la remoción del color presente en aguas residuales de la industria de las carnes frías mediante electrocoagulación .....	189
Propuesta de diseño de un método químico para el tratamiento de la merma en la industria de bebidas carbonatadas.....	190
Remediación electrocinética de suelos aplicando líquidos iónicos como promotores de la migración .....	191
Aplicación de nanoalambres de silicio decorados con nanopartículas de cobre en la descomposición fotoelectrocatalítica de naranja de metilo con luz visible .....	192
Sensores electroquímicos elaborados con nanotubos de carbono multipared y porfirinas para la detección de metales (Al, As y Cr) en agua .....	193
Mejora de la calidad del agua con tratamiento de electrocoagulación y membrana .....	194

Variación en la producción de ácidos orgánicos en medio ruminal mediante control potencioestático de electrodos metálicos .....	195
Factibilidad técnica para la producción de corriente a partir de orina humana en muestras con diferentes concentraciones de glucosa y proteína .....	196
Estudio de la fotodegradación del rojo carmín a partir de un sistema de calentamiento-destilación solar modificado con una placa galvanizada.....	197
Control del almacenamiento y obtención de carga eléctrica en una celda electroquímica microbiana en operación intermitente.....	198
Degradación de índigo carmín en un reactor galvánico heterogéneo: análisis de la velocidad de agitación por CFD .....	199
Tratamiento de agua industrial proveniente de una planta tratadora a través de la combinación de técnicas electroquímicas y membrana funcionalizada .....	200
Reactor bioelectroquímico empacado para remoción de lactosa en un medio complejo de lixiviado de composta .....	201
Estudio del efecto de la calcinación en telas de carbón en la producción de peróxido de hidrógeno .....	202
Optimización convexa de la degradación electroquímica de cloroquina .....	203
Degradación de metronidazol en un reactor semi-batch empleando electrodos BDD.....	204
Optimización mediante el MSR de la mineralización del herbicida metamitrona en un reactor de flujo tipo filtro prensa .....	205
Producción de corriente en una celda de electrólisis microbiana utilizando sulfametoxazol como sustrato..	206
Estudio de la interacción entre el fenómeno de cavitación acústica y un campo eléctrico oscilante .....	207
Degradación electroquímica de diclofenaco mediante nanotubos TiO <sub>2</sub> modificados con PbO <sub>2</sub> .....	208
Estudio para la cuantificación de Pb <sup>2+</sup> y Cd <sup>2+</sup> en muestras acuosas utilizando electrodos modificados con β-ciclodextrina y ácido p-cúmarico .....	209
Recuperación electroquímica de cobalto a partir de la lixiviación de baterías de iones de litio usando un solvente eutéctico profundo .....	210
Electrooxidación de urea mediante la aleación Ni-Co formada a partir del reciclaje de baterías de Ni-MH	211
Electro-oxidación catalítica de urea mediante la formación electroquímica de la aleación Ni-Co en disolventes eutécticos profundos.....	212
Síntesis de PtNi sobre negros de carbono como ánodos en la ROH en medio alcalino .....	213
Remoción de contaminantes emergentes (protectores solares) a través de electrocoagulación empleando electrodos de zinc.....	214
Evaluación electroquímica de la remoción de arsénico utilizando pimienta de Jamaica con incorporación de partículas de hierro.....	215
Celdas de combustible microbianas utilizando electrodo anódico dopado con nanotubos de carbono y depósitos de óxido de hierro .....	216
Efecto del electrolito sobre la oxidación de amoxicilina empleando electrodos DSA y BDD.....	217
Electro-reducción de SO <sub>x</sub> en la interfaz de nanopartículas de níquel soportadas en carbón vulcan empleando espectrometría de masas in-situ en medio alcalino .....	218
Detección electroquímica de paracetamol mediante grafito residual de la síntesis de nanoesferas de carbono	

.....	219
Estudio de la reducción de NO <sub>x</sub> en función del tamaño de partículas de cobre soportadas en carbón vulcan	220
Estudio comparativo de la oxidación electroquímica del colorante Naranja Reactivo 84 (NR84) con electro-oxidación, electro-Fenton y fotoelectro-Fenton .....	221
Photovoltaic electrochemically-driven degradation of organic pollutant with simultaneous green hydrogen production .....	222
<b>DIVISIÓN 6. ....</b>	<b>223</b>
<b>CORROSIÓN Y TRATAMIENTO DE SUPERFICIES (CTS).....</b>	<b>223</b>
Evaluación del proceso de corrosión de los aceros X52 y X80 expuestos en emulsiones estimuladas usando una muestra real de petróleo.....	224
La resistividad eléctrica del concreto como parámetro para estimar indirectamente la velocidad de corrosión del acero de refuerzo en concreto .....	225
Electroless deposits of ZnO and ZnO/Ag nanoparticles on Mg-Ca0.3 alloy surface .....	226
Corrosion activity of extruded magnesium-aluminum alloy AM60 exposed to simulated marine environment .....	227
Corrosión localizada de aceros inoxidables endurecibles por precipitación inmersos en NaCl.....	228
Corrosion activity of carbon steel B450C and stainless steel SS430 exposed to extract solution of supersulfated cement .....	229
Corrosión interna en las plantas de destilación primaria. Causas y su control .....	230
Efecto del indio sobre las propiedades electroquímicas de ánodos de aluminio para la protección de acero al carbono.....	231
Estudio electroquímico de una película hidrofóbica de $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /HDTMS aplicada sobre acero de bajo carbono.....	232
Comportamiento de la corrosión de aceros inoxidables endurecibles por precipitación pasivados en soluciones ácidas.....	233
Poli(líquidos iónicos) basados en vinilcaprolactama como inhibidores de corrosión para el acero API 5L X60 en ácido sulfúrico .....	234
Inhibidor de la corrosión a base de yoduro de sulfonio para el acero API 5LX52 en medios ácidos .....	235
Corrosión localizada de aceros inoxidables martensíticos y semiausteníticos .....	236
Efecto de la presión hidrostática en la velocidad de corrosión del acero API 5LX52 en un medio marino simulado de aguas profundas .....	237
Estudio de bioactividad del recubrimiento biovidrio S53P4-hidroxiapatita y su efecto sobre la corrosión de la aleación AZ31 en un fluido fisiológico simulado .....	238
Evaluación de la corrosión de magnesio modificando su superficie con hidroxiapatita de calcio para aplicaciones médicas.....	239
Efecto del pH en la formación de fosfatos para controlar la degradación de magnesio puro.....	240
Efecto del flujo turbulento en el desempeño de NPs de CeO <sub>2</sub> como inhibidor de la corrosión en un acero X100.....	241

Eficiencia del extracto de <i>Ruta graveolens</i> como inhibidor verde de la corrosión del acero 1018 en HCl....	242
Resistencia a la corrosión de aleaciones de titanio anodizadas en soluciones alcalinas .....	243
Evaluación electroquímica del acero galvanizado embebido en concretos ternarios tratados superficialmente con nanopartículas expuestos a cloruros .....	244
Evaluación del extracto de la pulpa y semilla del crucetillo ( <i>Randia monantha</i> Benth) como inhibidor verde de la corrosión.....	245
Corrosión electroquímica de la aleación Ti Beta-C anodizada .....	246
Síntesis y evaluación electroquímica de hidrotalcita MgAl impregnada con ácido linoleico en la protección de una aleación AZ31.....	247
Estudio comparativo de aleaciones Níquel-Boro-Cobalto por electrodeposición obtenidas por disolvente eutéctico profundo (DES) y soluciones acuosas .....	248
Estudio en la resistencia a la corrosión del acero reforzado en el concreto utilizando materiales de zona costera .....	249
Influencia de los tratamientos térmicos sobre la susceptibilidad a la corrosión localizada en aleaciones de aluminio-litio de grado aeronáutico.....	250
Evaluación electroquímica de TrasarTrac102 como inhibidor de la corrosión en el acero API 5L X65: Pruebas de exploración (Screening).....	251
Evaluación electroquímica de TrasarTrac102 como inhibidor de la corrosión en el acero API 5L X65 y AISI 1016: ejercicio de intercomparación.....	252
Caracterización electroquímica de películas híbridas sobre la capa de óxidos de una bala de cañón del Siglo XVIII .....	253
Validación de un modelo de corrosión galvánica. Un estudio de la distribución espacio-temporal del potencial eléctrico y del pH .....	254
Evaluación de la actividad inhibitoria de corrosión del extracto metanólico de <i>curcuma longa</i> en acero 1018 inmerso en distintos medios con sulfatos .....	255
Corrosión electroquímica de aceros inoxidables pH pasivados, expuestos en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	256
Recubrimientos de óxido de grafeno vía jet de plasma a presión atmosférica para protección contra la corrosión.....	257
Efecto de los parámetros de depósito en la respuesta corrosiva de recubrimientos de ZrO <sub>2</sub> depositados sobre aleación MgZnCa .....	258
Evaluación de la eficiencia de inhibición de extractos de <i>Opuntia Ficus- Indica</i> (Natural vs Suplemento) para el control de la corrosión en aceros al carbono en HCl.....	259
Extracto líquido de plantas medicinales para la inhibición de la corrosión del acero industrial AISI 1045 en medio ácido .....	260
Evaluación electroquímica de extracto de <i>Lippia graveolens</i> como inhibidor de la corrosión del acero 1018 en medios ácidos .....	261
Evaluación de la corrosión de los aceros 1018, 1045 Y H13 en ácido sulfúrico .....	262
Estudio electroquímico del extracto etanólico de <i>Lentinula Edodes</i> como inhibidor "verde" de la corrosión de un acero de bajo en carbono en H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	263
Síntesis, caracterización y uso de líquidos iónicos como inhibidores de corrosión en anticongelantes .....	264

Curvas potenciodinámicas de polarización cíclica en aleaciones de titanio anodizado en diferentes corrientes en soluciones alcalinas .....	265
Dureza del TiO <sub>2</sub> dopado con cromo obtenido mediante anodización electroquímica en una solución a base de HCl .....	266
Análisis de la corrosión empleando un extracto metanólico de las hojas del <i>Ficus carica</i> como inhibidor de la corrosión.....	267
Obtención de recubrimientos de óxido de hierro sobre AZ31 mediante pulso potencioestático: Evaluación de la resistencia a la corrosión .....	268
Efecto de la incorporación de Cr sobre la dureza del Ti anodizado, utilizando HCl y glicerol como solución electrolítica.....	269
Estudio electroquímico de la electrodeposición de paladio sobre ultramicroelectrodos de fibra de carbono	270
Comportamiento a la corrosión de un recubrimiento absorbente solar de óxido de cobre negro con aplicación de recubrimiento nanométrico de aluminio.....	271
Recuperación y reutilización sustentable de los desperdicios agrícolas de <i>Persea americana</i> como inhibidor en superficies metálicas .....	272
Evaluación del efecto en el grado de corrosión del acero 100Cr6 al ser protegido con aceite mineral anticorrit BG21 aplicado mediante la técnica depulverización.....	273
Caracterización electroquímica de recubrimientos de conversión de fosfatos y TiO <sub>2</sub> nanoestructurado sobre magnesio en un fluido corporal simulado .....	274
Estudio electroquímico del proceso de electrodeposición de Pd sobre electrodos de 50, 30 y 10 μm de diámetro .....	275
Evaluación del comportamiento electroquímico de la aleación AZ31 en SBF para el desarrollo de implantes bioabsorbibles .....	276
Evaluación electroquímica del recubrimiento ErGO-HA sobre aleación CoCrMo en PBS fisiológico para aplicaciones biomédicas.....	277
Análisis de defectos de corrosión en la superficie interna de tuberías soldadas.....	278
Elaboración de un inhibidor verde con cáscara de <i>Musa paradisiaca</i> .....	279
Estudio del extracto de <i>Agave americana</i> del estado de Jalisco como inhibidor de corrosión .....	280
Evaluación electroquímica por EIE de Mg anodizado electro-rocado con quitosano + nanopartículas de hidroxiapatita y expuesto en una solución de Kokubo.....	281
Caracterización de películas delgadas de Cr-Ni-Mo depositadas por vaporización física (PVD) resistentes a la oxidación/corrosión.....	282
<i>Ruta graveolens</i> y <i>Origanum majorana</i> como inhibidores verdes de corrosión para un acero austenítico 304 en un medio 1M HCl.....	283
Evaluación electroquímica del acero al carbono expuesto en agua congénita .....	284
Evaluación electroquímica del acero galvanizado en medio ácido.....	285
Análisis por DFT de la capacidad de inhibición de líquidos iónicos .....	286
Evaluación experimental del consumo de oxígeno disuelto durante la corrosión galvánica del sistema magnesio puro/AA7075 .....	287
Efecto superficial de la capsaicina como inhibidor de corrosión .....	288

Evaluación electroquímica del acero galvanizado calibre 18 expuesto en la atmósfera de Poza-Rica .....	289
Estudio comparativo de un recubrimiento epóxico adicionado con nanopartículas de ZnO-MBD en acero A36 a diferentes niveles de pH.....	290
Evaluación de ácido nicotínico como inhibidor de corrosión para acero galvanizado en medio salino.....	291
Caracterización analítica y electroquímica de una resina epóxica reforzada con nanocontenedores de ZnO con el extracto de <i>Mimosa tenuiflora</i> .....	292
Evaluación del extracto de las hojas <i>Coccoloba Uvifera</i> como inhibidor verde de corrosión .....	293
Aplicación de ruido electroquímico en la caracterización de un bronce de la edad de hierro.....	294
Influencia de la microestructura resultante de aleaciones base Cu conteniendo Al-Ag como consecuencia del tratamiento térmico de normalizado y recocido sobre su comportamiento de corrosión .....	295
Influencia de la fase martensítica presente en la aleación Cu-9Al-3Ag y su comportamiento de corrosión en medios salinos .....	296
Ácido cítrico como alternativa al ácido sulfúrico para el anodizado duro de aleaciones empleadas en la industria aeronáutica .....	297
A scientific approach to chromium (III) plating. I. The standard potentials .....	298
Influencia de la corrosión sobre el índice de vulnerabilidad sísmica de edificios escolares de concreto reforzado .....	299
Evaluación electroquímica de TrasarTrac102 como inhibidor de la corrosión en el acero API 5L X65 .....	300
Estudio electroquímico de un acero ASTM A36 con recubrimiento epóxico adicionado con nanopartículas de SiO <sub>2</sub> .....	301
Evaluación de un surfactante gemini no iónico como inhibidor de la corrosión dulce del acero X100 en solución salmuera dulce .....	302
Evaluación electroquímica de hidrotalcita Mg/Al con cafeína en la protección de una aleación AZ31.....	303
Estudio de la sal BBT para la inhibición de la corrosión de un acero API 5LX70 en medio salino .....	304
TrasarTrac 102 como inhibidor de la corrosión para aluminio inmerso en 3% p/v NaCl y 0.5 M NaOH... 305	
Inhibición de la corrosión de la sal de triazol fluorada en el acero API 5L X700 inmerso en NaCl saturada con CO <sub>2</sub> .....	306
Uso de una sal de amonio cuaternaria como inhibidor de la corrosión en el acero inoxidable dúplex LDX 2101 en salmuera CO <sub>2</sub> .....	307
Protección del pavonado de un hierro clase 45 con cera microcristalina.....	308
Efecto del tratamiento térmico en el comportamiento a la corrosión de un acero inoxidable supermartensítico en medio amargo .....	309
Evaluación de la película de lignina obtenida del olote mediante disolventes eutécticos profundos para protección ante la corrosión .....	310
Estudio electroquímico de sistemas acero-concretos ternarios expuestos a cloruros a la edad de 2 años .....	311
Estudio de la corrosión bajo tensión de un acero inoxidable en medio amargo en presencia de un inhibidor mediante ruido electroquímico.....	312
Análisis electroquímico de la incorporación de nanopartículas hidrofóbicas de SiO <sub>2</sub> a un convertidor de óxido verde.....	313

Desarrollo y evaluación de un inhibidor de corrosión de extractos naturales de residuos sólidos orgánicos.	314
Evaluación electroquímica de la interfase metal-medio de una aleación base Al con formación calcárea e inmersa en una solución de agua de mar sintética.....	315
Evaluación electroquímica de un recubrimiento epóxico adicionado con el extracto de <i>Mimosa tenuiflora</i>	316
Evaluación del efecto inhibitor del resveratrol extraído mediante disolventes eutécticos profundos.....	317
Fermentado natural de <i>agave salmiana</i> (pulque) como inhibidor verde de la corrosión del acero API 5LX52 en medio de cloruros .....	318
Electrodeposición de óxido de cerio para la protección de la corrosión de la aleación Al 6061 mediante en un disolvente eutéctico profundo .....	319
Evaluación electroquímica del RM4 como agente inhibidor de la corrosión en medio salino .....	320
Métodos de análisis en el dominio tiempo-frecuencia con la técnica de electroquímico en distintas aleaciones .....	321
Estudio electroquímico de la pasivación de los aceros AISI 1018 inmersos en hormigones ternarios expuestos en un medio marino artificial.....	322
Formación de nanotubos de óxido de titanio mediante oxidación anódica y su relación entre diámetro y tiempo.....	323
Eficiencia anticorrosiva del acero AISI 316 embebido en concretos eco-amigables sistema CPC-CBCA-HS expuestos a sulfato de magnesio .....	324
Influencia del tratamiento de nitruración por plasma en el estudio de corrosión del acero X70 en la solución NS4.....	325
Síntesis de nanotubos de TiO <sub>2</sub> en un disolvente eutéctico profundo para la mejora de la resistencia a la corrosión en una solución de Hanks´ .....	326
Inhibidor de la corrosión del acero API 5LX70 empleando antioxidantes naturales en medio ácido.....	327
Evaluación de la cinética de corrosión de un acero ASIS 304 sensibilizado en disolventes eutécticos profundos .....	328
Corrosión en concreto permeable con jal como aditivo mineral .....	329
Caracterización electroquímica de películas híbridas de recubrimiento de mucilagos en películas de aluminio .....	330
Desempeño de tres sistemas anódicos en la protección catódica del acero de refuerzo en concreto contaminado con NaCl.....	331
Comportamiento anódico de pastas de cemento con fibra de carbono .....	332
Corrosión de arcos ortodónticos de NiTi en saliva artificial y enjuagues bucales fluorados.....	333
<b>DIVISIÓN 7.....</b>	<b>334</b>
<b>CONVERSIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA (CAE) .....</b>	<b>334</b>
Explorando el desempeño de los pentacianoferratos de níquel como cátodos en supercapaterias de hidrógeno y de potasio .....	335
Mejoramiento del almacenamiento electroquímico de iones Zn <sup>2+</sup> en Vo <sub>x</sub> mediante exfoliación e incorporación de rGO.....	336

Importancia del almacenamiento de energía electroquímica: baterías y supercaps .....	337
Síntesis de películas delgadas de BiVO <sub>4</sub> utilizando como precursor el reactivo de Dragendorff .....	338
Desarrollo de electrocatalizadores tipo óxidos espinelas Ni-Co con defectos superficiales para la electrooxidación de etilenglicol .....	339
Electrocatalizadores bifuncionales de MnO <sub>2</sub> para celdas AEM .....	340
Evaluación de ionómeros en las reacciones anódica y catódica de electrolizadores .....	341
Nuevos ánodos pseudocapacitivos para baterías de ion-sodio compuestos de óxidos mixtos de Nb(V) y Ti(IV) .....	342
Modulación de la interacción en compuestos rGO-PIM mediante la funcionalización de láminas de óxido de grafeno reducido con grupos amino .....	343
Sensibilización de TiO <sub>2</sub> con pentaciano-L-ferrato de cobalto Co <sub>3</sub> [Fe(CN) <sub>5</sub> L] <sub>2</sub> (L = heterociclos que contienen N) para el desarrollo de un fotocapacitor .....	344
Uso de puntos cuánticos de óxido de grafeno reducido en una celda solar sensibilizada .....	345
Evaluación eléctrica de una perovskita de La <sub>0.7-x</sub> Ln <sub>x</sub> Ca <sub>0.3</sub> MnO <sub>3</sub> (Ln = Pr, Sm) para su uso como material de cátodo en SOFC .....	346
Advances in the search of novel polymer electrolytes for magnesium-ion rechargeable batteries .....	347
Electrodeposición de películas de MOF de Ni-Co-Fe para su aplicación en baterías de Zn-aire .....	348
Modificación de la capacidad de almacenamiento de energía de sustratos 3D base carbono mediante el recubrimiento superficial con MOFs-Co .....	349
Estudio comparativo de antidisolventes dentro de una celda solar tipo perovskita utilizando (B <sub>4</sub> P) <sub>x</sub> (MA) <sub>1-x</sub> PbI <sub>3</sub> como capa absorbedora .....	350
Combinación de VO <sub>2</sub> /TiO <sub>2</sub> mediante hidrotermia para el desarrollo de nuevos electrodos negativos para baterías de ion sodio .....	351
Electrocatalizadores PtNi soportados en diferentes estructuras de carbono como ánodos en celdas de combustible alcalinas .....	352
Síntesis Pd <sub>x</sub> Ni <sub>y</sub> /C como ánodo en la reacción de oxidación de hidrógeno en medio alcalino .....	353
Impacto del metal de transición externo en hexacianoferratos sobre su desempeño electroquímico como cátodo de baterías duales de K <sup>+</sup> -Zn <sup>2+</sup> .....	354
Estudio de colisiones de nanopartículas de TiO <sub>2</sub> en microelectrodo de Pt .....	355
Paso hacia un electrolito sólido: Transformación y transporte iónico en óxido de silicio crecido sobre electrodos de silicio para baterías de ión Li .....	356
Polianilina dopada moléculas redox para capacitores de alta capacidad en electrolitos acuosos y orgánicos .....	357
Desarrollo y estabilización de un bioánodo OsBPEI/GOx para su aplicación en una celda microfluídica de combustible .....	358
Estudio cinético, de reversibilidad y retención de capacidad utilizando técnicas <i>in-situ</i> no destructivas como control de calidad para baterías comerciales de ion litio .....	359
Evaluación electroquímica en ácido fórmico de nanopartículas de paladio-plata sobre carbono vítreo y polipirrol empleando disolventes eutécticos profundos .....	360
Evolución de hidrógeno mediante nanopartículas metálicas sintetizadas en un disolvente eutéctico profundo	

.....	361
Evaluación electrocatalítica de soluciones ionoméricas a base de polisulfona en las reacciones de celda de combustible .....	362
Síntesis y evaluación del catalizador de AgCu/C para su aplicación en celdas de combustible de membrana alcalina .....	363
Effect of Cu doping on the performance of $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ cathode material for IT-SOFCs.....	364
Almacenamiento de iones $\text{Zn}^{2+}$ en $\text{VO}_2$ : impacto de la morfología, estructura cristalina y ruta de síntesis..	365
Nanopartículas de óxidos metálicos soportados en nanotubos de carbono como electrocatalizadores para la reacción de oxidación de glicerol .....	366
Generación de energía eléctrica mediante un nanogenerador triboeléctrica a través de electrodepositos de polianilina sobre electrodos de cobre .....	367
Preparación de electrodos de Perovskita-Fibra de carbón como cátodos en baterías de Zn-aire .....	368
Conversión de energía sostenible del glicerol crudo como biocombustible empleando nanomateriales de PdBi .....	369
Síntesis y caracterización de hidrogeles compuestos de quitosano/almidón de semilla de aguacate como electrolito en baterías de zinc-aire .....	370
Síntesis y caracterización de hidrogeles de quitosano/carboximetil celulosa para electrolitos en baterías de zinc-aire.....	371
Mejoramiento de capacitancia en carbones obtenidos en atmósfera de aire por medio de activación a base de ácido cítrico .....	372
Electrodos basados en carbón para electrodiálisis reversa Parte I: materiales para transferencia de electrones en un mecanismo redox de esfera externa.....	373
Síntesis verde y caracterización fisicoquímica-electroquímica de materiales de carbono derivados de bagazo de agave como componente de baterías Li-S .....	374
Estabilización de la aleación ternaria Pt-Pd-Co para incrementar la actividad electrocatalítica de materiales de electrodo en celda de combustible de metanol en medio básico .....	375
Magnesium bis(oxalate)borate as a potential electrolyte on rechargeable magnesium ion batteries .....	376
Hidrogel polimérico con pH neutro como electrolito de un supercapacitor de doble capa.....	377
Uso de biocarbones derivados de lodos de depuradora como catalizadores de bioánodos para la generación de energía y el tratamiento del nejayote en celdas de combustible microbianas .....	378
$\text{WO}_3/\text{PANI}$ como soporte para platino en la reacción de reducción de metanol .....	379
Supercapacitores de estado sólido usando películas de polianilina .....	380
Alta eficiencia y estabilidad de ensamblajes membrana electrodo con $\text{Ir}_{40}\text{Ru}_{10}/\text{ATO}_{50}$ como catalizador para la OER en sistemas de electrólisis PEM.....	381
Actividad electrocatalítica de nanopartículas Pd-Ni sintetizado por electrodeposito en la oxidación de ácido fórmico .....	382
Obtención de óxidos de estaño y antimonio en electrodos de carbono bajo un método de Pechini modificado para su uso en baterías de flujo redox de vanadio.....	383
Obtención de películas delgadas de $\text{SnS}:\text{Bi}$ para aplicación en celdas solares.....	384

Preparación y caracterización de cátodos a base de PEDOT y perovskitas para su posible aplicación en supercapacitores .....	385
Síntesis de materiales PtNi con diferentes proporciones metálicas como electrocatalizadores para reacciones electroquímicas .....	386
Óxido de grafeno dopado con boro como electrocatalizador preparado por método hidrotérmico para reacción de reducción de oxígeno (RRO).....	387
The electrical properties of Zr doped $Ce_{0.6}Y_{0.4}O_{2-\delta}$ solid electrolytes for solid oxide fuel cell applications.	388
<b>DIVISIÓN 8.</b> .....	<b>389</b>
<b>EDUCACIÓN EN ELECTROQUÍMICA (EE)</b> .....	<b>389</b>
Experimentos introductorios de electroquímica y corrosión a distancia.....	390



XXXVII CONGRESO NACIONAL DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA  
-----  
15th MEETING OF THE MEXICAN SECTION OF  
THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY



# CONFERENCIAS MAGISTRALES



## Prof. Dr. Carlos Alberto Martínez Huitle

### **Towards the Applicability of Electrochemical SDG 6-based solutions for Remediation of Contaminated Wastewaters**

Instituto de Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte,  
Lagoa Nova, CEP 59.072-900, RN, Brazil  
E-mail: [carlosmh@quimica.ufrn.br](mailto:carlosmh@quimica.ufrn.br)

#### **Abstract**

Climate change and population growth are forecast to cause severe shortage of resources such as energy, food and water, although this is expected to be dissimilar throughout the world having a higher impact in developing countries. Therefore, there is a critical need to design and develop viable solutions that ensure the access to critical resources by understanding the nexus sectors. In the case of water safety, this concept involves interrelated tasks and highlights water's centrality for achieving a sense of security, development, sustainability and human well-being, at all levels. Within this context, the development of technologies and smart water solutions will play a key role in achieving the Sustainable Development Goal 6 (SDG6), since it represents a substantial opportunity if its implementation is carried out in order to guarantee sustainability and increase competence in water management (to treat and distribute water for human use). To do that, the integration of the technologies developed until now in the water sector will represent a clear benefit for our society, offering a coherent vision for the future. This integration must arise from a consensus through a collaborative multidisciplinary process in the different water security areas, in agreement with national/international guidelines and standards. In

addition, all eco-friendly water solutions should also have an appropriate contribution in the food and energy sectors. However, this strategy needs significant efforts in order to properly identify the main priorities, contribute to implement efficient water management, bring major improvements for smart water solutions, as well as highly contribute to develop efficient technologies for water decontamination and sanitation.

The present water crisis will probably worsen in the coming decades, stimulating the science and technology fields to identify innovative, robust, safe, eco-friendly (in the spirit of green chemistry) and energy-cost-efficient water treatment solutions. Nowadays, conventional water technologies can acceptably solve several water security problems; but some of them are chemically, energetically, and/or operationally intensive. In contrast, recent water treatment technologies have shown promising advances for environmental remediation, demonstrating great progress and capabilities for the abatement of persistent pollutants, as well as cost-competitiveness as compared to existing technologies. Among them, the electrocatalytic and electrochemically-driven approaches have emerged as environment-friendly methods and sustainable technologies that offer different water security solutions to fulfill SDG6 (i.e., depollution of water, sanitation, disinfection, water treatment as well as their specialized use for monitoring pollutants). The use of the electron, which is a clean, inexpensive and suitable driver for decontamination, avoiding conventional chemical oxidants or reductants, allows reaching significant technical impacts in the form of versatile, efficient, cost-effective, easy-to-automatize and easy-to-upscale small portable devices. An extraordinary progress has been made within this context by developing a nice set of electrochemical technologies that can deal with biorefractory xenobiotic substances. Then, their application to environmental pollution prevention and remediation towards the future of Nexus-electrocatalytic technologies will be presented here.

## References

- [1] C. A. Martínez-Huitle, E. Brillas, *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.* 2021, 25, 100926.
- [2] C. A. Martínez-Huitle, O. Scialdone, M. A. Rodrigo, *Electrochemical Water and Wastewater Treatment*, Elsevier, USA, 2018.
- [3] C. A. Martínez-Huitle, M. A. Rodrigo, I. Sirés, O. Scialdone, *Chem. Rev.* 2015, 115, 13362–13407.
- [4] S. O. Ganiyu, C. A. Martínez-Huitle, M. A. Rodrigo, *Appl. Catal. B Environ.* 2020, 270, 118857.
- [5] J. Dziegielowski, B. Metcalfe, P. Villegas-Guzman, C. A. Martínez-Huitle, A. Gorayeb, J. Wenk, M. Di Lorenzo, *Appl. Energy* 2020, 278, 115680.



## **Prof. Dr. Luis Francisco Garfias Mesías**

### **Microscopia y Ensayos Electroquímicos en Ambientes Industriales Extremos: Pruebas de Laboratorio Para Simular Ambientes Industriales**

DOW Chemicals – Louisiana Operations TES – Technical Support, Materials Laboratory  
21255 Hwy 1, Bldg. 2513, Plaquemine, LA 70764, USA E-mail: LFGarfias@dow.com &  
LuisF.Garfias@gmail.com

#### **Abstract**

To most chemists the term ‘electrocatalysis’ is known as the facilitation of a heterogeneous electron transfer via a chemical interaction between the electrode and a substrate [1]. The opposite case, the utilization of a heterogeneous electron exchange to catalyze a chemical reaction (“electrochemical catalysis”), is a much less known but yet a very powerful approach in electrosynthesis [2]. Here, the injection (or removal) of an electron into (or from) a substrate triggers a redox-neutral reaction (e. g. a molecular rearrangement) that may otherwise require harsh conditions and/or the use of reagents. Such processes involve the electrogeneration of an ionic or radical ionic species, which after a coupled chemical step either undergoes a backward electron exchange with the electrode (ECEb mechanism) or

triggers a chain process in the bulk solution. Under these circumstances, sub-stoichiometric amounts of charge are sufficient to achieve a full conversion and conceptionally, the electrons and holes can be understood as being catalysts.

In this contribution, the concepts of electrocatalysis and electrochemical catalysis will be contrasted and discussed. Electrocatalysis will be presented from the perspective of organic electrochemistry, where molecular catalysts (“redox mediators”) with well-defined active sites are typically used [1]. The underlying principles will be illustrated with recent examples from our group, including TEMPO-mediated anodic oxidations and transformations that are initiated by electro-generated hypervalent halogen compounds [3]. For the discussion of electrochemical catalysis, the Newman-Kwart rearrangement of O-aryl thiocarbamate to the corresponding S-aryl compounds will be used [4].

### References

- [1] a) R. Francke, B. Schille, M. Roemelt, *Chem. Rev.* 2018, 118, 4631. b) R. Francke, R. D. Little, *Chem. Soc. Rev.* 2014, 43, 2492.
- [2] R. Francke, R. D. Little, *ChemElectroChem*. 2019, 6, 4373.
- [3] a) N. Mohebbati, A. Prudlik, A. Scherkus, A. Gudkova, R. Francke, *ChemElectroChem* 2021, 8, 3837. b) I. Sokolovs, N. Mohebbati, R. Francke, E. Suna, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 15832. c) B. Schille, N. O. Giltzau, R. Francke, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2018, 57, 422.
- [4] a) A. F. Roesel, M. Ugandi, N. T. T. Huyen, M. Majek, T. Broese, M. Roemelt, R. Francke, *J. Org. Chem.* 2020, 85, 8029. b) T. Broese, A. F. Roesel, A. Prudlik, R. Francke, *Org. Lett.* 2018, 20, 7483.



## Prof. Dr. Robert Francke

### **The Synergistic Interplay between Catalysis and Electrosynthesis**

Leibniz Institute for Catalysis (LIKAT) Albert-Einstein-Str. 29a, 18059 Rostock, Germany.

E-mail: [robert.francke@catalysis.de](mailto:robert.francke@catalysis.de)

#### **Abstract**

To most chemists the term ‘electrocatalysis’ is known as the facilitation of a heterogeneous electron transfer via a chemical interaction between the electrode and a substrate [1]. The opposite case, the utilization of a heterogeneous electron exchange to catalyze a chemical reaction (“electrochemical catalysis”), is a much less known but yet a very powerful approach in electrosynthesis [2]. Here, the injection (or removal) of an electron into (or from) a substrate triggers a redox-neutral reaction (e. g. a molecular rearrangement) that may otherwise require harsh conditions and/or the use of reagents. Such processes involve the electrogeneration of an ionic or radical ionic species, which after a coupled chemical step either undergoes a backward electron exchange with the electrode (ECEb mechanism) or triggers a chain process in the bulk solution. Under these circumstances, sub-stoichiometric amounts of charge are sufficient to achieve a full conversion and conceptionally, the electrons and holes can be understood as being catalysts.

In this contribution, the concepts of electrocatalysis and electrochemical catalysis will be contrasted and discussed. Electrocatalysis will be presented from the perspective of organic

electrochemistry, where molecular catalysts (“redox mediators”) with well-defined active sites are typically used [1]. The underlying principles will be illustrated with recent examples from our group, including TEMPO-mediated anodic oxidations and transformations that are initiated by electro-generated hypervalent halogen compounds [3]. For the discussion of electrochemical catalysis, the Newman-Kwart rearrangement of O-aryl thiocarbamates to the corresponding S-aryl compounds will be used [4].

## References

- [1] a) R. Francke, B. Schille, M. Roemelt, *Chem. Rev.* 2018, 118, 4631. b) R. Francke, R. D. Little, *Chem. Soc. Rev.* 2014, 43, 2492.
- [2] R. Francke, R. D. Little, *ChemElectroChem*. 2019, 6, 4373.
- [3] a) N. Mohebbati, A. Prudlik, A. Scherkus, A. Gudkova, R. Francke, *ChemElectroChem* 2021, 8, 3837. b) I. Sokolovs, N. Mohebbati, R. Francke, E. Suna, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2021, 60, 15832. c) B. Schille, N. O. Giltzau, R. Francke, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2018, 57, 422.
- [4] a) A. F. Roesel, M. Ugandi, N. T. T. Huyen, M. Majek, T. Broese, M. Roemelt, R. Francke, *J. Org. Chem.* 2020, 85, 8029. b) T. Broese, A. F. Roesel, A. Prudlik, R. Francke, *Org. Lett.* 2018, 20, 7483.



## Prof. Dr. Eric Borguet

### Single Molecule Switching and Sensing

Department of Chemistry, Temple University. Philadelphia, Pennsylvania 19122, USA

Office: 1 (215) 204-9696, Room 252

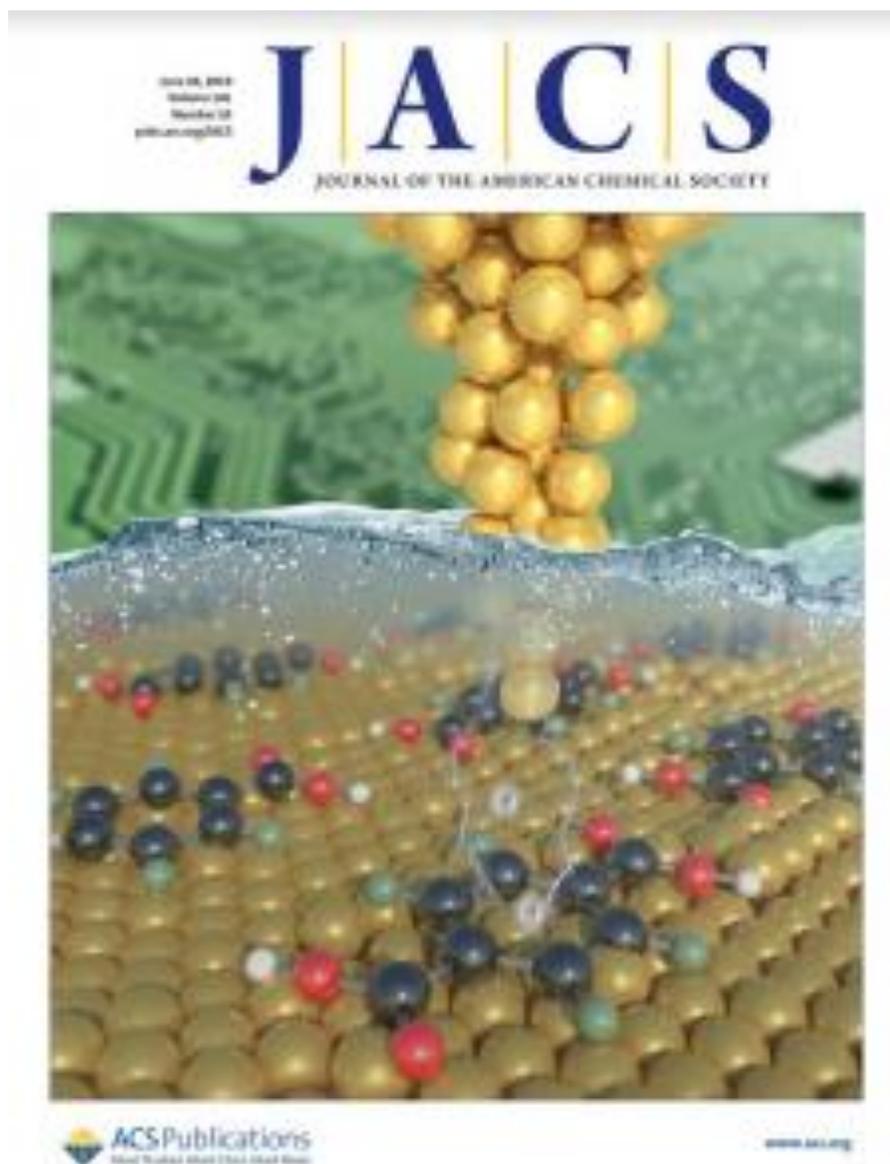
E-mail: [eborguet@temple.edu](mailto:eborguet@temple.edu)

#### Abstract

Charge transport through and between molecules is central to important processes in nature. Studying the conductivity of single molecules can contribute to a better understanding of charge transport, and also help develop building blocks of molecular electronics, light harvesting devices, etc. We use the Scanning Tunneling Microscope break-junction (STM-BJ) method to repeatedly form circuits where one or a few molecules are trapped between two electrodes, at least one of which has nanoscale dimensions. The statistical analysis of thousands of measurements yields the conductance of single molecules.

One particular interest is the role of the molecule-electrode contact in charge transport. In the simplest analysis this contact can present a substantial barrier to charge injection, which can have important consequences in devices such as dye sensitized semiconductor nanoparticle solar cells. We have demonstrated that carbodithioate termination of molecules can enhance conductivity by an order of magnitude. We have also shown how the sensitivity of the electrical conductivity of single molecules to external perturbations can allow for switching and sensing, as well as the use of single molecule conductance

for the discovery of novel materials. Our most recent developments include controlling the orientation of the molecule in the junction using the electrode potential so that we can measure charge transport along different molecular axes, accessing elements of the single molecule conductivity tensor, with the additional perspective of single molecule electromechanical switches.





## Prof. Dra. Susana Inés Córdoba de Torresi

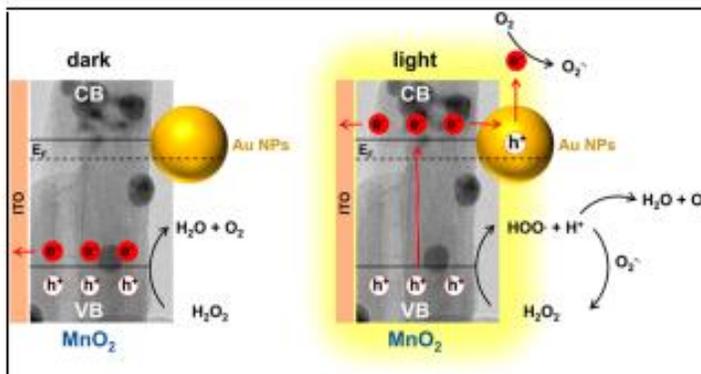
### Using Plasmonics to Boost the Electrochemical Detection of Analytes

Instituto de Química, Universidade de São Paulo São Paulo, Brazil

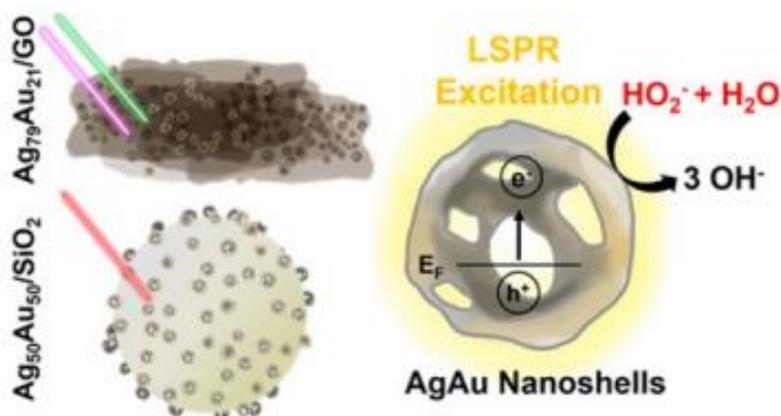
E-mail: [storresi@iq.usp.br](mailto:storresi@iq.usp.br)

#### Abstract

The incorporation of plasmonic properties recently emerged as an advanced strategy for achieving high-performance catalysis. The hot carriers and near-field enhancement induced by localized surface plasmon resonance (LSPR) excitation are the key parameters that are responsible for the enhanced performance. Thus, the logical combination of the plasmonic nanostructures and electrocatalytic materials can be an effective strategy for further widening the application of the plasmonic effect<sup>1-3</sup>. This work provides a concise overview of the fundamental principles of LSPR; the mechanism of plasmon-enhanced electrocatalysis; alternative design methods of plasmonic nanomaterials for various catalytic systems; and recent progress in plasmon-mediated electrocatalysis for some model electrochemical reactions and for the detection of analytes (Figure 1). This idea is also to shed light on the areas where major advancements are required to further improve the field of plasmon-mediated electrocatalysis to achieve a major paradigm shift toward a sustainable future.



Schematic mechanism for the oxidation of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> by MnO<sub>2</sub>-Au on dark conditions and with visible light irradiation.



Electrochemical H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> detection enhanced by LSPR excitation on AgAu hollow nanozymes of different compositions

## References

- [1] H. Barros, I. Garcia, C. Kuttner, N. Zeballos, P.H.C. Camargo, S.I. Cordoba de Torresi, F. Lopez-Gallego, L. Liz-Marzan, ACS Catalysis 2021 11, 414.
- [2] R.T.P. da Silva, M.P.S. Rodrigues, G. F. B. Davilla, A.M.R.P. Silva, A.H.B. Dourado, S.I. Cordoba de Torresi, ACS App. Nano Mat. 2021 4, 12062.
- [3] V.M. Miguel, M.P.S. Rodrigues, A.H. Braga, S.I. Cordoba de Torresi, ACS. App. Nano Mat. 2022. In press Acknowledgements: FAPESP, CAPES, CNPq



XXXVII CONGRESO NACIONAL DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA  
-----  
15th MEETING OF THE MEXICAN SECTION OF  
THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY



# CONFERENCIAS PLENARIAS



## **Dra. Mayra Rodríguez Peña**

### **Procesos acoplados de oxidación avanzada para el tratamiento de plaguicidas**

#### **Resumen**

El uso de plaguicidas se ha convertido en un recurso indispensable para el control de los organismos vivos que transmiten enfermedades y que producen daños a las cosechas. Sin embargo, la mayoría de los plaguicidas no actúan de manera específica sobre la plaga objetivo y llegan a ambientes no deseados. De esa manera, se convierten en una fuente de contaminación puntual y difusa, por lo tanto, constituyen un peligro importante para la salud de los seres vivos que se encuentren en contacto con los mismos. Debido al peligro que representa el uso ilimitado de plaguicidas y su llegada a diversos ambientes, principalmente el agua, es de suma importancia el control y tratamientos adecuados para lograr su degradación. Los tratamientos biológicos convencionales son la tecnología más utilizada para tratar aguas residuales. Las razones que lo justifican son: subajo costo, su eficiencia para tratar contaminantes y su versatilidad. Sin embargo, cuando el agua contiene sustancias como pueden ser los plaguicidas, el tratamiento biológico no es capaz de eliminarlos. Los tratamientos de oxidación avanzada como la electro-ozonación han mostrado su capacidad para llegar a la mineralización de estos compuestos orgánicos persistentes, pues logran mejoras importantes sobre los tratamientos convencionales de plaguicidas. Adicional a esto, los tratamientos de oxidación avanzada acoplados han despertado el interés pues disminuyen tiempos de tratamiento, consumos de energía y por lo tanto se tiene un ahorro en el costo de operación.

Teniendo en cuenta todas las ventajas de los Procesos de Oxidación Avanzada (POAs), el principal objetivo de la conferencia plenaria es conocer la electrogeneración del ozono mediante celdas PEM (membrana de intercambio protónico) para su posterior aplicación en el tratamiento de un plaguicida organoclorado, al igual que su combinación con otros POAs.

Donde se hablará sobre la influencia de diversas condiciones como el área activa, el valor de la intensidad aplicada, la composición del electrolito, el pH, la temperatura y el suministro de oxígeno y presión al sistema, en la cantidad de ozono disuelto y el ozono en fase gas. De igual manera se formulan dos modelos cinéticos que ajustan a los resultados obtenidos experimentalmente con el fin de describir en su totalidad el proceso de la generación electroquímica del ozono. Posteriormente se describirá el acoplamiento de esta tecnología con la electro-generación de  $H_2O_2$  buscando maximizar la producción de otros oxidantes como el radical hidroxilo, mediante el proceso E-peroxona, el cual pretende por efecto sinérgico optimizar la degradación de los contaminantes, dando a conocer las eficiencias de cada proceso por separado y posteriormente combinados.



## Dr. José Angel Barragán López

### Optimización de un proceso de recuperación de oro y cobre contenido en desechos electrónicos

#### Resumen

La demanda cada vez mayor de dispositivos electrónicos aunada a su corto tiempo de vida útil ha tenido como consecuencia un incremento considerable en la cantidad de residuos sólidos acumulados y desechados a nivel mundial. La generación mundial de desechos electrónicos documentada en 2014 fue de 41.8 millones de toneladas métricas [1, 2]. En cuanto a México, la generación nacional reportada en el mismo año fue 307,000 toneladas con un crecimiento del 3% anual, de las cuales, sólo el 10% se recicla formalmente [3].

Si bien los desechos electrónicos son un gran reto y problema ambiental, también representan una fuente secundaria de materias primas importante. Esto debido a sus altas concentraciones de metales, entre los que destacan cobre (16-20%), estaño (4%), níquel (2%) y metales preciosos (0.1%) [4]. En este sentido, es importante establecer procesos limpios desde el punto de vista ecológico y a su vez, eficientes energéticamente. Esto representa un mayor entendimiento de la fenomenología involucrada en los procesos hidrometalúrgicos de extracción de metales y de los procesos de recuperación.

En esta conferencia se presenta un esbozo del trabajo de investigación realizado, con el fin de optimizar un proceso hidrometalúrgico y electroquímico para recuperar oro y cobre

contenido en desechos electrónicos reportado por Barragán et al. [5], desde un punto de vista fundamental y tecnológico.

El trabajo incluye, como primera etapa, un estudio termodinámico a partir de la construcción de diagramas de Pourbaix de los sistemas de lixiviación propuestos. A partir de este estudio, es posible definir condiciones termodinámicas de potencial y pH para inducir el proceso a la lixiviación de los metales de interés. Una vez definidos estos parámetros, se optimizó el reactor de lixiviación para definir la relación sólido-líquida y velocidad de agitación para implementar el proceso.

Posteriormente, como segunda etapa y posterior a la optimización del proceso hidrometalúrgico, se propuso una metodología novedosa para realizar la optimización de un reactor electroquímico con cátodo de cilindro rotatorio para recuperación de cobre. El proceso de optimización propuesto para el reactor electroquímico, consistió en el modelado de los procesos de dinámica de fluidos y transferencia de masa involucrados en el reactor. Para esto, se hizo uso de las herramientas de CFD dispuestas en el software COMSOL Multiphysics. Los modelos se validaron experimentalmente en su operación por batch en dos diferentes geometrías (dos diferentes diámetros del RCE; 3.8 cm y 5.12 cm). Posteriormente, se propuso, a partir de los modelos validados del reactor operando por lotes (batch), la operación en continuo del reactor electroquímico. Las variables de respuesta optimizadas correspondieron a la eficiencia de recuperación de cobre, eficiencia de corriente y consumo específico de energía en función del flujo de entrada y la velocidad de rotación del cátodo del reactor electroquímico.

Para realizar la optimización de ambos procesos se hizo uso de la metodología de superficies de respuestas (RSM).

### Referencias

- [1] P. Baldé, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, *The Global E-waste Monitor – 2017*. Bonn/Geneva/Vienna: United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA).
- [2] B. Tansel, “From electronic consumer products to e-wastes: Global outlook, waste quantities, recycling challenges,” *Environ. Int.*, 98, pp. 35–45, 2017, doi: 10.1016/j.envint.2016.10.002.
- [3] S. Fogarasi, F. Imre-Lucaci, A. Egedy, Á. Imre-Lucaci, and P. Ilea, “Eco-friendly copper recovery process from waste printed circuit boards using  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  redoxsystem,” *Waste Manag.*, vol. 40, no. March 2015, pp. 136–143, 2015, doi: 10.1016/j.wasman.2015.02.030.
- [4] S. Fogarasi, F. Imre-Lucaci, P. Ilea, and A. Imre-Lucaci, “The environmental assessment of two new copper recovery processes from Waste Printed Circuit Boards,” *J. Clean. Prod.*, vol. 54, pp. 264–269, 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.04.044.
- [5] J. A. Barragan, J. Roberto, C. Ponce De León, A. Peregrina-Lucano, and E. R. Larios-dura, “Copper and Antimony Recovery from Electronic Waste by Hydrometallurgical and Electrochemical Techniques,” *ACS OMEGA*, vol. 5, no. 21, pp. 12355–12363, 2020, doi: 10.1021/acsomega.0c01100.



## Dr. Gregorio Guzmán González

### Polímeros innovadores para el desarrollo de baterías de ion litio modernas

POLYMAT of University of the Basque Country UPV/EHU, Avda. Tolosa 72, 20018  
Donostia-San Sebastián, Spain

#### Resumen

El uso de polímeros en la fabricación de baterías de ion litio (LIB, lithium ion batteries), ha incrementado exponencialmente en los últimos años, principalmente debido a que estos representan una solución prometedora a los problemas de estabilidad térmica, mecánica y electroquímica de los electrolitos líquidos comúnmente utilizados. Los polímeros más comúnmente utilizados en LIB son el polyethylene oxide (PEO) y Polyvinylidene fluoride (PVDF) como bases para la preparación de electrolitos y aglomerantes para la preparación de electrodos, respectivamente. Los cuales presentan una limitada movilidad de las cadenas poliméricas y el sobrepotencial por concentración generada por las propiedades de conducción iónica dual, siguen siendo los principales factores que limitan su rendimiento electroquímico provocando bajos valores de conductividad iónica y número de transporte.

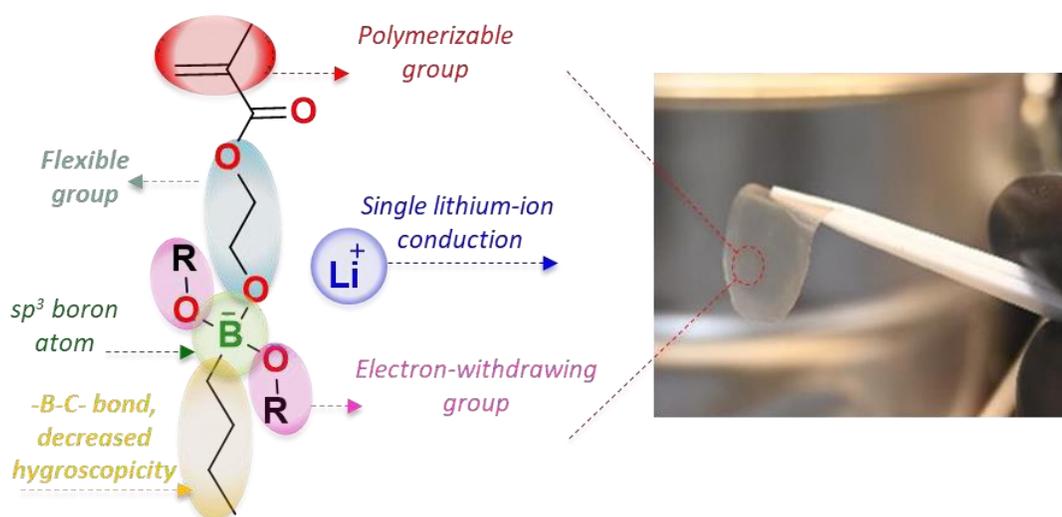
Por otro lado, el desarrollo de nuevos materiales para electrodos con nuevas químicas requiere de nuevos electrolitos y aglomerantes capaces de adaptarse a sus demandas específicas de compatibilidad con todos los componentes de los electrodos.

En este trabajo se presentan algunas familias de polímeros innovadores con aplicación como

electrolitos y aglomerantes poliméricos conductores de un solo ion-litio, cuyas propiedades electroquímicas son moduladas sistemáticamente mediante cambios estructurales, obtenidos mediante procedimientos químicos simples.

Los resultados del uso de los materiales sintetizados, muestra una mejora significativa en el rendimiento electroquímico de las LIB. No obstante, una de las mayores aportaciones de este trabajo es la revelación de una nueva serie de polímeros con propiedades fácilmente modulables para su adaptación a diferentes sistemas de baterías como: ion litio, litio metal, litio aire y litio azufre. Un ejemplo de este tipo de estructuras es presentado en la Figura 1.

| 41



**Figura 1.** Estrategia de diseño para los monómeros de borato de litio e imagen de una membrana electrolítica de homopolímero



XXXVII CONGRESO NACIONAL DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA  
-----  
15th MEETING OF THE MEXICAN SECTION OF  
THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY



# CONFERENCIAS INVITADAS



## Dr. Bernardo Antonio Frontana Uribe

### **Electroquímica orgánica: Electrólisis de moléculas para síntesis orgánica y polímeros conductores**

Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEMéx-UNAM  
Instituto de Química UNAM

La electrólisis de moléculas orgánicas fue uno de los primeros descubrimientos del uso de la electricidad en química orgánica. Mediante electrolisis, Michael Faraday, sin saberlo, logró la generación de gas etano a partir de ácido acético (Reacción de Kolbe). Con la necesidad actual de manejar en la industria química procesos más compatibles ambientalmente y que cumplan con los 12 principios de la química verde, la electrosíntesis ha ido ganando terreno entre las metodologías con mayor aplicación en las reacciones redox orgánicas. Aspectos muy relevantes de su poco impacto ambiental, seguridad y posibilidad de usar una fuente de energía renovable, hacen de esta técnica una realidad en la transformación de moléculas orgánicas.

Por otro lado, la posibilidad de generar especies reactivas directamente en el electrodo ha permitido llevar a cabo electropolimerizaciones de heterociclos que presentan la capacidad de conducir electricidad. Estos polímeros conductores se depositan directamente en los electrodos, lo que los hace excelentes materiales para construir dispositivos electroquímicos como sensores, baterías o supercapacitores. Estos materiales son el corazón de varias tecnologías que hoy en día se encuentran en desarrollo y madurez tecnológica.

En esta plática veremos algunos fundamentos de ambas y desarrollos que en el laboratorio de electroquímica y electrosíntesis hemos realizado en estas dos líneas de investigación.

## Referencias del grupo de investigación:

### Organic electrosynthesis

Recent advances on Boron Doped Diamond (BDD) electrode as cathode in organic and inorganic preparative electrotransformations, *Current Opinion in Electrochemistry*, 34, 101004, 2022.

Electrochemical Generation and use in Organic Synthesis of C-, O-, and N Centered Radicals

*The Chemical Record*, 21, 2538– 2573, 2021

Electrochemical reactivity of *S*-phenacyl-*O*-ethyl-xanthates in hydroalcoholic (MeOH/H<sub>2</sub>O 4:1) and anhydrous acetonitrile media

*Electrochimica Acta* 380 138239 (2021)

Electrochemical Corey–Winter reaction. Reduction of thiocarbonates in aqueous methanol media and application to the synthesis of a naturally occurring  $\alpha$ -pyrone

*Beilstein Journal Organic Chemistry* 14, 547–552, 2018

Organic electrosynthesis: a promising green methodology in organic chemistry  
*Green Chemistry*, 12, 2099-2119, 2010

### Conducting polymers

Na<sup>+</sup> ion selectivity study of a crown ether functionalized PEDOT analog  
*ChemElectroChem*, 7, 2826–2830, 2020

Analysis of Conjugated Polymers Conductivity by in situ Electrochemical-Conductance Method

*ChemElectroChem*, 6, 4105-4117, 2019

Highly ordered macroporous poly-3,4-ortho-xyliendioxythiophene electrodes as a sensitive analytical tool for heavy metal quantification

*Analytical Chemistry*, 90, 11770-11774, 2018

Conducting Polymers in the Fields of Energy, Environmental Remediation, and Chemical–Chiral Sensors

*Chemical Reviews* 118, 4731–4816, 2018

Electrochemistry of conducting polymers, Persistent models, new concepts  
*Chemical Reviews*, 110, 4724-4771, 2010

## DIVISIÓN 1.

# ELECTROQUÍMICA ANALÍTICA (EA)

## Sensores electroquímicos a base de aptámeros para estudios farmacológicos preclínicos

Presentación Oral

N. Arroyo Currás\*

Departamento de Farmacología y Ciencias Moleculares, Escuela de Medicina, Universidad Johns Hopkins, Baltimore, Maryland 21202, United States

E-mail: [netzarroyo@jhmi.edu](mailto:netzarroyo@jhmi.edu)

46

### 1. INTRODUCCIÓN

Los sensores electroquímicos basados en el uso de aptámeros son una tecnología que permite llevar a cabo el monitoreo de moléculas diana de manera precisa en el organismo [1]. El valor de esta tecnología ha sido demostrado para monitorizar y ajustar la dosis de fármacos en animales vivos. Sin embargo, todavía existen retos tecnológicos importantes para demostrar su uso en humanos. Por ejemplo, hasta la fecha el uso de los sensores sólo se ha demostrado en implantes intravenosos que son invasivos y no ideales para adopción de la tecnología a gran escala. Enfocados en eliminar esta limitación y demostrar el uso de los sensores en formato vestible, mi laboratorio está desarrollando sistemas de sensores a base de microagujas que pueden penetrar la epidermis de la piel para establecerse en la dermis (Figura 1). Ésta capa de la piel no posee capilares ni inervaciones, lo que permite usar nuestros sensores de manera mínimamente invasiva y sin dolor para el monitoreo continuo de moléculas diana.



**Figura 1.** Realización de monitoreo continuo de moléculas diana vía el acoplamiento de sensores electroquímicos a base de aptámeros con sistemas vestibles de microagujas.

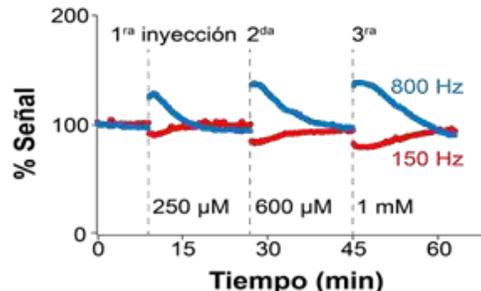
### 2. METODOLOGÍA

Los sistemas de microagujas fueron desarrollados utilizando una impresora Form 3+ de Formlabs (<https://formlabs.com/>). Tras crear el molde de microagujas, recubrimos el plástico con una capa de cromo y una de oro usando una máquina de pulverización catódica (Varian 3118 Sputtering system). Tras depositar los metales, completamos conexiones eléctricas a cada una de las microagujas

utilizando tarjetas de circuito impreso. Los sistemas así producidos fueron inmovilizados en (1) celdas de flujo para demostrar monitoreo continuo de moléculas in vitro y, (2) en una rata de laboratorio, para demostrar su rendimiento in vivo.

### 3. RESULTADOS

En este trabajo demostramos por primera vez el acoplamiento de sensores electroquímicos a base de aptámeros con tecnología de microagujas vestible. Nuestros resultados demuestran que los sensores se comportan de manera idéntica a sensores preparados en electrodos comerciales y permiten monitoreo de moléculas diana de forma continua (Figura 2).



**Figura 2.** Monitoreo del antibiótico tobramicina en celda de flujo después de tres inyecciones marcadas con líneas punteadas.

### 4. CONCLUSIONES

Los sensores electroquímicos a base de aptámeros pueden acoplarse a sistemas de microagujas para permitir monitoreo continuo de moléculas diana en el cuerpo.

### 5. REFERENCIAS

[1] N. Arroyo-Currás, J. Somerson, P. A. Vieira, K. L. Ploense, T. E. Kippin, K. W. Plaxco, *PNAS*, **114**, 645, (2017).

## Estudio voltamétrico de renio metálico en presencia de metanol acuoso

### Presentación Oral

J. G. Rivera<sup>1</sup>, R. Garcia Garcia<sup>1</sup>, J. Manríquez<sup>2</sup>, G. Orozco<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de San Juan del Río UTSJR, Av. La Palma.

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, Pedro Escobedo, C. P. 76703 Querétaro, México.

E-mail: [gorozco@cideteq.mx](mailto:gorozco@cideteq.mx)

47

### 1. INTRODUCCIÓN

El metal renio es poco estudiado, por ejemplo, solo existe un estudio de electrodos de renio metálico y metanol acuoso publicado en el año de 2019 [1], en cambio existen reportes de aleaciones de renio con platino para electro-oxidar sustancias orgánicas desde el año de 1965 [2]. También en esos tempranos años se patentó el uso de algunos compuestos de renio para electro-oxidar metanol [3], pero no existe evidencia de explotación comercial de las patentes anteriormente citadas [3]. Estas patentes describen la oxidación anódica metanol que están en contacto con el ánodo y un electrolito (30% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) que contiene un compuesto soluble de renio. Las patentes describen un aumento en la electrooxidación anódica de metanol cuando estos compuestos solubles de renio son añadidos al electrolito, y se observó que el mejor catalizador fue Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub>.

En el estudio anterior de nuestro grupo [1] se determinó que el metanol tenía muy poca influencia en la zona de desprendimiento de hidrógeno, es decir, los parámetros cinéticos son iguales en presencia o en ausencia de metanol. En este trabajo nos enfocamos a determinar la influencia de metanol en la zona de la doble capa del electrodo de renio metálico.

### 2. METODOLOGÍA

La experimentación está detallada en la referencia [1]. El electrolito fue una disolución ácida de metanol 2 M y se usó un alambre de renio como electrodo de trabajo. Se aplicaron técnicas electroquímicas como voltametría cíclica, pero se escogió como eje vertical (ordenadas) la capacitancia y como eje de abscisas el potencial. La escala de potencial del electrodo estándar de hidrógeno.

### 3. RESULTADOS

El voltamperograma de renio consta de tres regiones: 1) zona de desprendimiento de hidrógeno, en potenciales menores a -0.1, V2) la zona de doble capa

se encuentra entre -0.1 a 0.6 V y 3) la corrosión se observa a potenciales mayores a 0.6 V.

Si los potenciales del primer barrido son superiores a 0.6 V se observa un sobrecruce en los siguientes barridos entre las curvas anódicas y catódicas. Estos sobrecruces están relacionados con la formación de un óxido soluble de renio, y el cambio de la rugosidad producida por la disolución del electrodo, así como la formación de un depósito de renio a potenciales catódicos que modifica la superficie. Se estudió entonces con un potencial límite superior anódico igual a 0.8 V, donde está la formación incipiente de óxidos.

### 4. CONCLUSIONES

En los gráficos de capacitancia versus potencial permiten sugerir que la corriente está controlada por un proceso de adsorción y desorción. Se espera que la espectroscopía fotoelectrónica de rayos X ex-situ ayude a determinar las especies que adsorben en la superficie.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. G. Rivera, R. Garcia-Garcia, E. Coutino-Gonzalez, G. Orozco, *International Journal of Hydrogen Energy*, **44**, 27472 (2019).
- [2] E. L. Holt, Platinum-rhenium anodic oxidation catalyst **3287171 U.S. Patent**, (1966).
- [3] J. A. Shropshire, Belgian Patent 638,477; Chem. Abstr., 63, 3899h (1965) cite in R. R. J. Magee, T. J. Cardwell, (Ed.: A. J. Bard), *Encyclopedia of Electrochemistry of the Elements*, Vol. 2, Chapter II-4. p. 183, Marcel Dekker, New York (1973).

# Cuantificación electroquímica de guanina en medio acuoso sobre un EPC

## Presentación Oral

J. Martínez Guerra<sup>1</sup>, A. Rojas Hernández<sup>1</sup>, D. S. Guzmán Hernández<sup>2</sup>,  
M. Palomar Pardavé, M.T. Ramírez Silva<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>UAM-Iztapalapa. Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco #186, Col. Leyes de Reforma 1A Sección, CDMX, C.P. 09310, México

<sup>2</sup>CONACYT- UAM-Iztapalapa. Av. Ferrocarril San Rafael Atlixco #186, Col. Leyes de Reforma 1A Sección, CDMX, C.P. 09310, México

<sup>3</sup>UAM-Azcapotzalco. Av. San Pablo 180, Col. Reynosa-Tamaulipas, CDMX, C.P. 02200, México E-mail: [jmguerra318@xanum.uam.mx](mailto:jmguerra318@xanum.uam.mx)

mixto de adsorción-difusión [3]. Así mismo se llevó a

## 1. INTRODUCCIÓN

Cualquier concentración anormal o cambio estructural de la base púrica guanina (uno de los componentes básicos del ADN) en el organismo puede desencadenar alteraciones en el sistema inmunológico y cáncer [1] por lo cual importantes contribuciones se han hecho en el desarrollo de métodos analíticos de cuantificación de guanina (G) cada vez más sensibles destacando la modificación química de electrodos [2]. La modificación de electrodos puede llegar a ser una estrategia cara y que puede consumir mucho tiempo, por lo que en este trabajo se presenta el estudio de G sobre un electrodo de pasta de carbón (EPC) en medio acuoso, haciendo de esto una metodología novedosa, rápida, barata y amigable con el medio ambiente.

## 2. METODOLOGÍA

En una celda electroquímica de tres electrodos se controló el potencial con un potenciostato/galvanostato Epsilon-BASi acoplado al software Basic-Plus para la adquisición de datos. Se usó un EPC como electrodo de trabajo, un alambre de platino BAS MW-1032 como electrodo auxiliar y un electrodo de calomel saturado (ECS) como electrodo de referencia. Todos los reactivos son de grado analítico. Guanina (PPur  $\geq 98\%$ ). Todas las soluciones se prepararon con agua desionizada (18.2 M $\Omega$ cm) libre de materia orgánica.

## 3. RESULTADOS

Se caracterizó la G [39  $\mu$ M] a pH = (7.012  $\pm$  0.001) en buffer de fosfatos 0.1 M mediante voltamperometría cíclica (VC). Se inicia el barrido de potencial en el potencial de corriente nula en dirección anódica a una velocidad de barrido de potencial de 100 mV s<sup>-1</sup> en una ventana de potencial de -50 a 1000 mV presentando un siguiendo el pico anódico de G se lleva a cabo un estudio de velocidades de barrido potencial y se demuestra que el proceso de oxidación es un proceso

mixto de adsorción-difusión [3]. Así mismo se llevó a cabo la determinación de G mediante VC sobre el EPC y se obtuvo una curva de calibración con ecuación:  $i_{pa} = (0.213 \pm 0.021) \mu\text{A } \mu\text{M}^{-1} [\text{G}] + (0.019 \pm 0.302)\mu\text{A}$  con una  $r^2 = 0.992$ . En la Tabla 1 se presentan el límite de detección (LOD), límite de cuantificación (LOQ) y sensibilidad del método.

**Tabla 1.** Parámetros analíticos de cuantificación de G sobre un EPC en medio acuoso pH 7 por VC.

	LOD/ $\mu$ M	LOQ/ $\mu$ M	Sensibilidad/ $\mu\text{A } \mu\text{M}^{-1}$
EPC	2.43 $\pm$ 0.25	8.11 $\pm$ 0.82	0.213 $\pm$ 0.021

## 4. CONCLUSIONES

Se pone de manifiesto la utilidad de un EPC para la cuantificación de G en medio acuoso sin la necesidad de usar reactivos caros o poco amigables con el medio ambiente, siendo competitivo con técnicas más costosas como HPLC o con la misma modificación de electrodos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] E. Balanikas, et al., *Accounts of Chemical Research*, **53**, 1511 (2020).
- [2] H. Guo, et al., *Colloids and Surfaces A*, **627**, 127195 (2021).
- [3] J. Martínez-Guerra, et al., *ChemElectroChem*, **9**, 1 (2022).

## Implementación de un electrodo de grafito de lápiz para la detección a nivel traza de Cd(II) y Pb(II) en medio acuoso

Presentación Oral

M. A. Saucedo Cañas, M. Galicia García, K. A. Carrasco Urrutia\*

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas.

E-mail: [al177364@alumnos.uacj.mx](mailto:al177364@alumnos.uacj.mx)

49

### 1. INTRODUCCIÓN

Los electrodos de grafito de lápiz (PGE) han atraído interés en el ámbito de la detección y cuantificación de metales pesados y pesticidas debidos al bajo costo, fácil preparación y potencial de modificación [1]. Sin embargo, también es relevante caracterizar las capacidades de estos electrodos previos a su modificación.

El plomo (II) y el cadmio (II) son iones de metales pesados con efectos adversos sobre la salud y el medio ambiente [2], por lo que, en la actualidad es necesario el monitoreo constante de sus concentraciones como parte de controles de calidad de proceso y de aguas residuales.

### 2. METODOLOGÍA

Se construyeron electrodos de trabajo con minas comerciales de grafito HB #2 de 0.5 mm de diámetro. Se caracterizaron por Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), Espectroscopía de Energía Dispersiva (EDS), Voltamperometría Cíclica (CV) y Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS). Se determinaron los potenciales redox para los iones Cd(II) y Pb(II) por medio de CV en medio acuoso. Se prepararon soluciones a 0.8, 1, 2.5, 5, 10, 15, 30, 50, 70, 85 y 100 mgL<sup>-1</sup> de Cd(II) y Pb(II) empleando como electrolito soporte HCl 0.1 M y con Voltamperometría de Onda Cuadrada de Redisolución Anódica (ASSWV) se generó una curva de calibración para los iones de interés. Se determinaron el LOD y LOQ para ambas especies.

### 3. RESULTADOS

Por medio de CV se calculó el área electroactiva (AE) promedio (n=3) del PGE haciendo uso de la ecuación de Randles-Sevcik,  $AE = 5.068 \times 10^{-3} \pm 1.243 \times 10^{-4} \text{ cm}^2$ , un valor 2.58 veces mayor al de su área geométrica,  $1.964 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ .

La densidad de corriente (j) obtenida con un PGE resulta 0.82 veces más que la de un electrodo de carbono vítreo (GCE). Se determinó por medio de EIS la resistencia a la transferencia de carga (Rct) para el

PGE (417.4  $\Omega$ ) y GCE (353.5  $\Omega$ ). Se determinaron como potencial y tiempo de preconcentración óptimos -1.0 V vs SCE y 1 min.

Se realizó una curva de calibración simultánea por ASSWV entre 0.8 y 100 mgL<sup>-1</sup>, y se encontró que para ambos iones existen dos intervalos lineales en la ventana de concentración explorada, los LOD de los intervalos lineales menores son 1.1077 mgL<sup>-1</sup> y 0.9462 mgL<sup>-1</sup>, para Cd(II) y Pb(II) respectivamente.

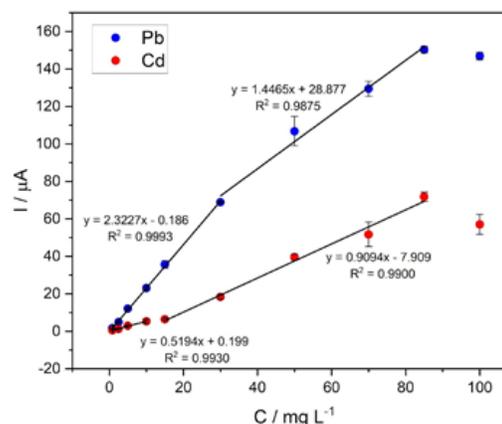


Figura 1. Curvas de calibración para Pb(II) y Cd(II) de 0.8 a 100 mgL<sup>-1</sup> en HCl 0.1 M por ASSWV.

### 4. CONCLUSIONES

Los PGE construidos permiten la detección y cuantificación simultánea de Pb(II) y Cd(II) a nivel traza.

### 5. REFERENCIAS

- [1] P. Annu, S. Sharma, R. Jain, A. N. Raja. *Journal of The Electrochemical Society*, **167**, (2019).
- [2] D. E. Keil, J. Berger-Ritchie, G. A. McMillin. *Laboratory Medicine*, **42**, 735, (2011).

## Estimación de incertidumbre de las mediciones y su importancia en la electroquímica: caso espectroscopia de impedancia electroquímica

Presentación Oral

A. Rodríguez López<sup>1\*</sup>, D. Campo<sup>1,2</sup>, F. E. Mercader Trejo<sup>1</sup>, J. C. González Olvera<sup>1</sup>, C. A. Romero Beltrán<sup>2</sup>, J. J. Cabrera López<sup>2</sup>, R. Antaño López<sup>3</sup>, E. R. Larios Durán<sup>4</sup>, A. Alvarez López<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Santa Rosa Jáuregui. Querétaro, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia.

<sup>3</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica. Querétaro, México.

<sup>4</sup>CUCEI, Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.

<sup>5</sup>Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

E-mail: [arodriguez@upsrj.edu.mx](mailto:arodriguez@upsrj.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La incertidumbre de las mediciones es, por definición, un parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza [1], es decir, nos permite estimar la confiabilidad de los resultados en cuanto a precisión y exactitud. Un cálculo adecuado nos permite identificar un intervalo en donde podríamos encontrar un valor de alguna característica de importancia.

Existen algunas guías en la literatura que pueden aplicarse a cualquier tipo de medición [2]. Si utilizamos métodos normalizados, por ejemplo en análisis de agua, es común encontrar que los resultados de las mediciones involucran un valor de incertidumbre, es decir, ya existe una cierta naturalidad en el cálculo de este parámetro. En las mediciones electroquímicas no es el caso.

Por su versatilidad, una de las técnicas electroquímicas más empleadas en los años recientes es la espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS por sus siglas en inglés), a partir de estas mediciones y realizando algunos ajustes es posible identificar valores de resistencia, capacitancia e inductancia asociados a parámetros físicos que nos permiten tomar decisiones.

Este trabajo pone de manifiesto la importancia de la estimación de incertidumbre en mediciones electroquímicas, y se presenta un ejercicio del cálculo en mediciones de EIS.

### 2. METODOLOGÍA

Se demuestra la importancia de la incertidumbre en mediciones fisicoquímicas.

Se realiza un ejercicio de estimación de incertidumbre en mediciones de EIS.

### 3. RESULTADOS

En primer lugar, se presenta un ejercicio netamente reflexivo sobre la relevancia que tiene el valor obtenido durante la estimación de incertidumbre en la confiabilidad de resultados y su impacto en la toma de decisiones.

Se realiza el cálculo de estimación de incertidumbre en mediciones de EIS, utilizando diagramas de Ishikawa completo y depurado, éste último considerando un protocolo de medición generalizado.

### 4. CONCLUSIONES

Se demuestra la importancia de la estimación de incertidumbre en la confiabilidad de los resultados de las mediciones.

Se realiza un ejercicio de estimación de incertidumbre en mediciones de EIS.

### 5. REFERENCIAS

[1] Vocabulario Internacional de Metrología-Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM) (VIM 3rd edition). JCGM 200:2008.

[2] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections).

# Cuantificación electroquímica de dopamina mediante un electrodo de carbono vítreo modificado con Poly5Aphen polimerizado a partir de un disolvente eutéctico profundo

Presentación Oral

E. Godoy Colín<sup>1\*</sup>, S. Corona Avendaño<sup>1</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, G. Vázquez Huerta<sup>1</sup>,  
J. Aldana González<sup>1</sup>, M. T. Ramírez Silva<sup>2</sup> y M. Palomar Pardavé<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales. C.P. 02200, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Química, Área de Química Analítica. C.P. 09340, Ciudad de México, México.

E-mail: [al2193803826@azc.uam.mx](mailto:al2193803826@azc.uam.mx); [mepp@azc.uam.mx](mailto:mepp@azc.uam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las propiedades electroquímicas que presentan los electrodos modificados con polímeros conductores (PC) en la detección de moléculas orgánicas de carácter biológico tiene relevancia científica [1]. Se ha encontrado que los Disolventes eutécticos profundos o DES (Deep Eutectic Solvent) se presentan como una opción favorable y de gran potencial en su uso como medio electrolítico para la electrosíntesis de PC, debido a su alta conductividad, baja volatilidad, ventanas de gran potencial, facilidad de preparación, bajo costo y biodegradabilidad que presentan en comparación con los disolventes acuosos y orgánicos convencionales [2]. En este trabajo se modificó electroquímicamente un electrodo de carbono vítreo (GCE) con el polímero de la 5-Amino-1-10 fenantrolina (5Aphen), Poly5Aphen, a partir de un DES y su evaluación sobre la respuesta electroquímica de dopamina (DA) en presencia de uno de sus mayores interferentes, ácido ascórbico (AA).

## 2. METODOLOGÍA

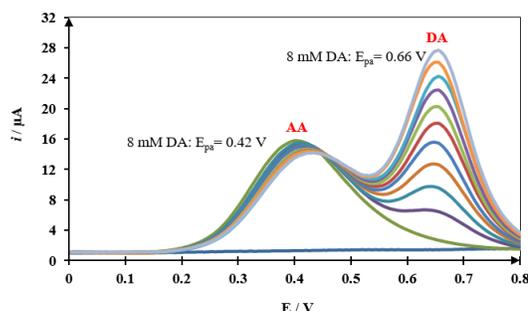
La formación de Poly5Aphen consistió en ciclar periódicamente el PC sobre el GCE mediante voltamperometría cíclica (VC), a partir de su monómero disuelto en un DES formado por la mezcla eutéctica entre Cloruro de Colina-urea.

El electrodo modificado (GCE/Poly5Aphen) se empleó en la evaluación de la respuesta electroquímica de DA en presencia de AA, mediante las técnicas de VC y voltamperometría de pulso diferencial (VDP).

## 3. RESULTADOS

En la Figura 1, se puede ver la formación de un primer pico voltamétrico a 0.42 V asociado a la oxidación de AA y un segundo pico voltamétrico a 0.62 V asociado

a la oxidación de DA. El electrodo GCE/Poly5Aphen permite separar las señales de DA y AA.



**Figura 1.** DPVs obtenidos en el sistema 1 mM AA, 0.1 M de NaCl a pH=3 con diferentes [DA], desde 0 a 0.9 mM, empleando el electrodo GCE/Poly5Aphen; a una velocidad de barrido de potencial de 20 mVs<sup>-1</sup>.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados por VC y VDP, demostraron que al emplear el electrodo GCE/Poly5Aphen es posible separar la señal electroquímica de la DA y el AA al estar en forma simultánea.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. Palomar-Pardavé, et al., *J. Electroanal. Chem.*, **717-718**, 103 (2014).
- [2] K.P. Prathisha, R.C. Carvalho and C.M.A. Brett, *Electrochimica Acta*, **187**, 704 (2016).

## Determinación del coeficiente de difusión de hidrocarburo en mezclas acuosas conteniendo líquido iónico y surfactantes

Presentación Oral

E. E. Villalobos Neri<sup>1\*</sup>, U. Páramo García<sup>1</sup>, R. Mayén Mondragón<sup>2</sup>,

N. V. Gallardo Rivas<sup>1</sup>, B. DelÁngel Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/I. T. Cd. Madero, Centro de Investigación en Petroquímica, ProL. Bahía de Aldhair y Av. de las Bahías, Parque de la Pequeña y Mediana Industria, 89608, Altamira, Tamaulipas, México

<sup>2</sup>Polo Universitario de Tecnología Avanzada, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Vía de la Innovación 410, Autopista MTY-Aeropuerto Km. 10, Parque PIIT, 66629, Apodaca, Nuevo León, México

E-mail: [elda.neri@hotmail.com](mailto:elda.neri@hotmail.com)

52

### 1. INTRODUCCIÓN

El uso de líquidos iónicos y surfactantes en la remediación de medios acuosos contaminados con hidrocarburos, se ha convertido en un tema de interés, especialmente considerando la forma en que pueden modificar las propiedades del hidrocarburo. La determinación del coeficiente de difusión de hidrocarburos en agua conteniendo mezclas de líquido iónico con surfactantes, permite por tanto observar el efecto que tienen sobre la velocidad de desplazamiento del hidrocarburo, lo cual es el objetivo de este trabajo de investigación [1].

### 2. METODOLOGÍA

El hidrocarburo de interés se extrajo del pozo Aragón, en el centro de México; el líquido iónico empleado será el P-toluensulfonato de 1-metil-3-hexilimidazolium y los surfactantes son el Dodecilsulfato de sodio y Cloruro de tetrametilamonio de tipo aniónico y catiónico respectivamente. La técnica empleada en la determinación del coeficiente de difusión es la voltamperometría cíclica, variando la velocidad de barrido de 0.1 a 0.8 V/s utilizando mezclas 1:1, 2:1 y 1:2 de líquido iónico y surfactantes respectivamente, y con concentraciones cercanas a su concentración micelar crítica. La intensidad del pico anódico puede relacionarse con el coeficiente de difusión según la ecuación de Randles-Sevcik [2,3].

### 3. RESULTADOS

En los voltamperogramas, variando la velocidad de barrido, se observó una dependencia prácticamente lineal de la magnitud del pico anódico respecto a la velocidad de barrido; la pendiente de la línea se sustituyó en la Ec. de Randles-Sevcik y se determinó

el coeficiente de difusión. Al comparar los valores determinados, se encontró mayor capacidad de difusión en los sistemas donde había mayor cantidad de líquido iónico, en especial combinando con el surfactante aniónico.

### 4. CONCLUSIONES

La interacción combinada de líquido iónico y surfactantes con el hidrocarburo ligero demostró un cambio favorable en la movilidad de éste en agua, lo cual permite inferir que el uso de este tipo de mezclas en la remediación de aguas contaminadas sería ventajoso para la remoción.

### 5. REFERENCIAS

- [1] K. Jumbri, H. Ahmad, E. Abdulmalek, M. Basyaruddin A. Rahman, *Journal of Molecular Liquids*, 8 (2016).
- [2] C. S. Buettner, A. Cognigni, C. Schröder, and K. Bica-Schröder. Surface-active ionic liquids: A review. *Journal of Molecular Liquids*, **347**, 118160 (2022).
- [3] J. Yun, Y. Kim, C. Gao, M. Kim, J.Y. Lee, C.H. Lee, & S. W. Lee. *Nanomaterials*, **11**(7), 1860 (2021).

## Monocapas autoensambladas sobre electrodos serigrafiados de oro para inmovilización covalente de enzima uricasa

Presentación Oral

H. D. Hernández Moreno<sup>1</sup>, J. M. Gutiérrez Salgado<sup>1</sup>, R. B. Dominguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sección de Bioelectrónica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, CINVESTAV-IPN, Ciudad de México 07360, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería y Química de Materiales, CIMAV S.C., Chihuahua 31136, México.

E-mail: [berenice.dominguez@cimav.edu.mx](mailto:berenice.dominguez@cimav.edu.mx)

53

### 1. INTRODUCCIÓN

Los biosensores electroquímicos han sobresalido en los últimos años como tecnologías de monitoreo y detección altamente utilizadas [1]. Para su diseño pueden incorporarse las monocapas autoorganizadas (SAM), que son conjuntos moleculares formados de manera espontánea sobre un sustrato sólido. Su estructura consta de un grupo principal, responsable de llevar a cabo la unión con el sustrato, una cadena alifática que da estructura a la monocapa, y un grupo terminal que le da su funcionalidad [2]. Sus principales ventajas son evitar la desnaturalización de las proteínas, y favorecer su orientación. En este trabajo se utilizaron SAMs fabricadas sobre un electrodo serigrafiado de oro (AuSPE) para inmovilizar la enzima uricasa (Uox) y desarrollar un biosensor electroquímico selectivo al biomarcador ácido úrico (AU) [3].

### 2. METODOLOGÍA

El proceso de modificación de la superficie de trabajo de un AuSPE consistió en: pretratamiento y activación de la superficie, electrodeposición de nanopartículas de oro (NpAu), formación de SAM, e inmovilización covalente de la Uox. Posteriormente, se realizó un proceso de caracterización física y electroquímica de la superficie, así como la detección de AU.

### 3. RESULTADOS

Los voltamperogramas presentados en la Fig. 1 muestran que la respuesta en corriente de oxidación de las moléculas de AU se incrementa conforme se avanza en la modificación de la superficie de trabajo del AuSPE. La incorporación de las NpAu desplaza el potencial de oxidación de 0.62 V a 0.5 V indicando una mayor transferencia de electrones [4]. La incorporación de la SAM mejora notablemente la respuesta en corriente manteniendo el potencial de oxidación bajo. El máximo nivel de respuesta se obtiene con la Uox inmovilizada, debido a la reacción

catalítica de oxidación que se lleva a cabo, verificando la eficiencia de la Uox hacia la detección de AU [3].

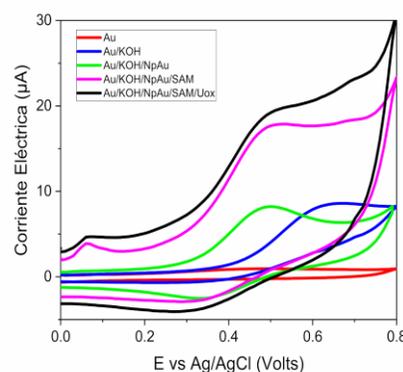


Figura 1. Voltamperogramas de AU a 500 µM

### 4. CONCLUSIONES

La incorporación de las NpAu y la posterior formación de la SAM mejoró notablemente la respuesta electroquímica de la superficie de trabajo, permitiendo la inmovilización de la enzima Uox. Además, se comprobó la acción de la enzima dirigida hacia la detección de AU.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Zamani, et al., *ACS Measurement Science Au*, **2**, 91 (2022).
- [2] S. Kim & H. Yoo, *Micromachines*, **12**, 565 (2021).
- [3] Z.Y. Mao, et al., *Analytical Methods*, **10**, 4951 (2018).
- [4] V. Nguyen, D. Nguyen, B. Nguyen, T. Dihn & J. Lacroix. *Electrochemistry Communications*, **102**, 63 (2019).

## Caracterización de electrodos modificados con pimienta y hierro para la detección de arsénico

### Presentación Oral

G. Barrita Cruz<sup>1</sup>, A. J. Romero Reza<sup>1</sup>, P. Balderas Hernández<sup>1</sup>, M. T. Ramirez Silva<sup>2</sup>, G. Roa Morales<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>CCIQS UAEM-UNAM. Carretera Toluca-Atzacomulco, Km 14.5. C.P. 50200, Toluca, México.

<sup>2</sup>UAM-Iztapalapa, Avenida San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, 09340 Iztapalapa, CDMX.

E-mail: [groom@uaemex.mx](mailto:groom@uaemex.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La grave problemática que genera la presencia de arsénico en la calidad del agua, su alta toxicidad, los problemas de salud pública, las elevadas concentraciones en mantos freáticos localizados alrededor del mundo, son motivo de contribuir en el mejoramiento de técnicas eficientes y económicas en la detección de este contaminante [1]. El arsénico es un elemento tóxico que afecta seriamente la salud humana, cuando este excede el límite máximo permisible de  $10 \mu\text{g L}^{-1}$  [2] y su determinación sigue siendo un desafío. Uno de los principales problemas de su detección electroquímica, es una reducción electroquímica en la superficie de los electrodos [3]. Se ha recurrido a la modificación de electrodos de pasta de carbono con pimienta xantada y partículas de hierro, para disminuir este problema.

### 2. METODOLOGÍA

Los electrodos de pasta de carbono fueron contruidos modificando la pasta de carbono con sustratos, que consisten en pimienta lavada, modificada mediante una semireacción de Chugaev, y con la incorporación de partículas de hierro. Teniendo 5 electrodos diferentes: sin modificar, pimienta, pimienta xantada, pimienta con hierro y pimienta xantada con hierro, mismos que son caracterizados por voltamperometría, empleando un sistema de tres electrodos, teniendo el electrodo construido como electrodo de trabajo, Ag/AgCl como referencia y una barra de grafito como contraelectrodo, utilizando HCl 0.1 M como electrolito soporte y utilizando una madre de arsenito, para obtener concentraciones de 1 a  $25 \mu\text{g L}^{-1}$  por adición.

### 3. RESULTADOS

Los electrodos modificados muestran un cambio en la intensidad de corriente con la adición de  $15 \mu\text{g L}^{-1}$  de arsenito en medio acuoso, en los voltamperogramas cíclicos en sentido anódico, como se puede ver en la

tabla 1, la ausencia y presencia de hierro en los electrodos se hace evidente al presentarse diferencia en los potenciales de los picos anódicos, además de tener dos señales al emplear las partículas de hierro. Al contrario de lo que se esperaría, en la mayoría de los casos la intensidad de corriente disminuye tras la adición de arsenito en el electrolito soporte.

**Tabla 1.**  $I_p^a$  de electrodos en  $E_p^a$  de CV,  $E_i^0 = 0.27 \text{ V}$

Electrodo	P	PX	PFe		PXFe	
$E_p^a$ (V)	1.1	1.1	0.8	0.88	0.8	0.88
$I_p^a$ Blanco ( $\mu\text{A}$ )	42	52	30	45	7	8
$I_p^a$ As (III) $15 \mu\text{g L}^{-1}$ ( $\mu\text{A}$ )	12	25	15	20	11	14

### 4. CONCLUSIONES

Mediante la modificación de electrodos de pasta de carbono podemos obtener respuesta electrolítica a la presencia de arsénico. La disminución de corriente en los experimentos se puede explicar por una adsorción electroquímica formadora de complejos de esfera interna irreversibles, generando monocapas y provocando una resistencia del material al paso de la corriente.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. T. Alarcon, et al, *Arsenico en agua: presencia, cuantificación analítica y mitigación*, p. 10-20, CIMAV, Chihuahua (2014).
- [2] WHO, *Guidelines for Drinking-Water Quality*, p. 338, WHO, Malta, (2011).
- [3] E. Toral, *Boletín del Grupo Español del Carbón*, **6**, 2 (2017).

## Efecto de las NPsAu sintetizadas con $\beta$ CD en el comportamiento electroquímico de la melatonina

Presentación: **Oral**

A. Zafra Roldan<sup>1</sup>, S. Corona Avendaño<sup>2\*</sup>, M.T. Ramírez Silva<sup>3</sup>, D. S. Guzmán Hernández<sup>3</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>2</sup> y M. Romero Romo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México, ITSTR, División de Ingeniería Mecánica, C.P. 74690, Tepexi de Rodríguez, Puebla, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana–Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Área de Ingeniería Materiales, C.P. 02200, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>CONACYT-Universidad Autónoma Metropolitana–Iztapalapa, Departamento de Química, Área de Química Analítica, C.P. 09340, Ciudad de México, México.

E-mail: [azafra.rolan@gmail.com](mailto:azafra.rolan@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

La  $\beta$ -ciclodextrina,  $\beta$ CD, posee la capacidad de formar complejos de inclusión y de electropolimerizar sobre algunas superficies, aumentando la sensibilidad y selectividad de los electrodos [1,2]. Por otro lado, las nanopartículas de oro, NPsAu, exhiben excelentes propiedades intrínsecas a su tamaño, que aumentan la actividad electrocatalítica de los electrodos. Recientemente, las NPsAu se han sintetizado con  $\beta$ -CD [3], ofreciendo al campo de los sensores electroquímicos un nuevo material que conjunta las propiedades de las NPsAu y la  $\beta$ CD. Con el fin de estudiar sus efectos, al utilizarse en la modificación de un electrodo de pasta de carbono, EPC, se estudió el comportamiento electroquímico de la melatonina, MT, neurohormona indispensable para el organismo humano.

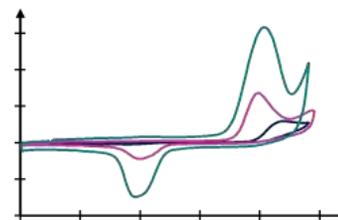
### 2. METODOLOGÍA

Se prepararon 6 mM de  $K_3Fe(CN)_6$  en 1 M de  $KNO_3$  y MT a diferentes concentraciones en  $HClO_4$ , pH 3. Se empleó un potenciostato-galvanostato AUTOLAB PGSTAT-100; al que se conectó un electrodo de referencia de  $Ag/AgCl$ , un contraelectrodo de Pt y un EPC sin modificar o modificado con  $\beta CD_{(15 \text{ ciclos})}$  o  $NPsAu\cdot\beta CD_{(15 \text{ ciclos})}$ .

### 3. RESULTADOS

Los voltamperogramas cíclicos, VC, de la MT a diferentes concentraciones, usando un EPC muestran un pico de oxidación y de reducción en 784 y 260 mV, respectivamente. Al utilizar un EPC modificado los VC muestran una definición e intensidad de corriente con la siguiente tendencia de acuerdo al electrodo empleado:  $EPC < EPC\text{-}\beta CD_{(15 \text{ ciclos})} < EPC\text{-}$

$NPsAu\cdot\beta CD_{(15 \text{ ciclos})}$ . Además, los picos se desplazan hacia potenciales menores, lo que indica que se requiere menor energía para oxidar la MT (Figura 1).



**Figura 1.** VC para el sistema 0.2 mM MT en  $HClO_4$  (pH 3) a  $20 \text{ mVs}^{-1}$  utilizado un EPC (—),  $EPC\text{-}\beta CD_{(15 \text{ ciclos})}$  (—) y  $EPC\text{-}NPsAu\cdot\beta CD_{(15 \text{ ciclos})}$  (—).

### 4. CONCLUSIONES

La modificación del EPC con  $NPsAu\cdot\beta CD$  mejora su sensibilidad y selectividad hacia la MT. Comportamiento que se le atribuye a la formación del complejo de inclusión entre la MT y la  $\beta$ CD, al aumento del flujo de electrones debido a la presencia de las NPsAu y al aumento del área electroactiva.

### 5. REFERENCIAS

- [1] T. Loftsson, D. Duch, *International Journal of Pharmaceutics*, **329**, 1 (2007).
- [2] M. Palomar, S. Corona, M. Romero, *et al.*, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **717–718**, 103 (2014).
- [3] S. Pande, S.K. Ghosh, S. Prahara, *et al.*, *J. Phys. Chem. C*, **111**, 10806 (2007).

## Cuantificación electroquímica simultánea de glutatión reducido y oxidado con un electrodo de carbón modificado

### Presentación Oral

C. Rocha Becerra, P. Subedi, M. A. Alpuche

Aviles University of Nevada, Reno.

E-mail: [malpuche@unr.edu](mailto:malpuche@unr.edu)

| 56

### 1. INTRODUCCIÓN

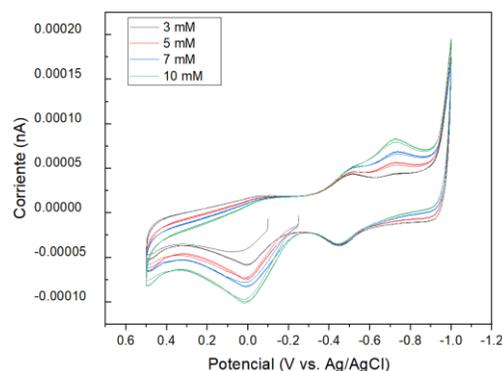
Se ha descubierto que el estrés oxidativo es un factor importante en el daño celular y tisular, así como en condiciones de salud graves, como inflamación crónica, problemas cardiovasculares, enfermedades neurodegenerativas y cáncer. Este estrés es el resultado de un desequilibrio entre los antioxidantes y los radicales libres en el cuerpo. Por lo tanto, el estrés oxidativo impide que las células se defiendan de especies reactivas de oxígeno (ROS). El propósito de este estudio es cuantificar simultáneamente la proporción de glutatión oxidado (GSSG) y reducido (GSH), ya que ambos son biomarcadores de estrés oxidativo utilizando una prueba rápida que requiera de mínima manipulación de las muestras. Mediante la modificación del electrodo de carbono vítreo con nanotubos de carbono de paredes múltiples (MWCNT por sus siglas en inglés), es posible detectar el GSSG y el GSH con voltamperometría cíclica (CV). La detección simultánea de ambas especies es posible gracias a la actividad electrocatalítica entre el MWCNT funcionalizado con grupos carboxílicos y el material molecular nanocompuesto basado en ftalocianina de cobalto (CoPc) [1].

### 2. METODOLOGÍA

Las concentraciones utilizadas para las soluciones de GSH y GSSG fueron de 3 mM, 5 mM, 7 mM y 10 mM para ambos tioles. Las muestras utilizadas para crear la curva de calibración de los estándares fueron preparadas con PBS pH=7.4 a temperatura ambiente. Ambas fórmulas deben de ser preparadas al momento previo a utilizarse debido a que necesitan estar bajo argón para evitar que estas soluciones sean oxidadas por el oxígeno ambiental. Después de ser pulido el electrodo de carbono con alúmina, se limpia con un baño sonificado con alcohol y secado completamente. Se le agregó una tinta de ftalocianina de cobalto [2] y se dejó secar en el horno a 80 °C por 10 minutos. El comportamiento electroquímico de los electrodos se evaluó en una celda convencional de tres electrodos que tiene el electrodo de carbón vítreo como electrodo de trabajo, un alambre de platino como contraelectrodo y un electrodo de referencia Ag|AgCl.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se puede observar los resultados del experimento con glutatión reducida. A partir de estas señales analíticas, que se discutirán en la plática, se ha creado la curva de calibración para obtener los estándares.



**Figura 1.** Voltamperometría cíclica de glutatión reducido a 100 mV s<sup>-1</sup>.

### 4. CONCLUSIONES

Presentaremos los resultados de muestras modelos y de cultivos microbianos, y discutiremos la relación de la concentración de GSH/GSSG. La misma cuantificación se planea estudiar con un ultramicroelectrodo de fibra de carbono, y presentaremos nuestros avances en esta dirección de investigación. Esto crearía un método mucho menos invasivo para estudiar el comportamiento del GSH y GSSG con factores biológicos y podrá ser de gran interés en el estudio del estrés oxidativo.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. Griveau, M. Gulppi, J. Pavez, J.H. Zagal, F. Bedioui, *Electroanalysis*, **15(9)**, 779 (2003).
- [2] P.M. Olmos-Moya, M. Martínez-Alfaro, R. Kazemi, *Anal. Chem.*, **89(20)**, 10726 (2017).

## Evaluación de un electrodo modificado con MOF de cobalto en presencia de iones de $\text{Cu}^{2+}$

### Presentación Oral

I.G. Meza Pardo, M. A. Veloz Rodríguez, V. E. Reyes Cruz, M. Perez Labra, G. Urbano Reyes, A. Trujillo Espinoza, J. A. Cobos Murcia\*

Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, C.P. 42184.

E-mail: [catseven78@gmail.com](mailto:catseven78@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los MOF son estructuras híbridas debido a su naturaleza que es orgánica y metálica [1], estas estructuras tienen aplicaciones potenciales debido a sus propiedades. Es por ello que la síntesis, caracterización e investigación de estas estructuras es relevante incluyendo el uso de los MOF en electrodos de pasta de carbón (EPCM), para tener certeza de su aplicación como posibles sensores de iones. Los cuales son utilizados para conocer la concentración en tiempo real de las soluciones. Por esta razón, en el presente trabajo se describe la evaluación que tiene EPCM en presencia de diferentes concentraciones de iones de cobre.

### 2. METODOLOGÍA

#### Síntesis del MOF

Se realizó la síntesis del MOF el cual se obtuvo por síntesis solvotermal empleando reactivos de grado analítico de la marca SIGMA-ALDRICH; 1,2-di-(4-piridil)-etileno, 1,2,4,5-Bencentetracarboxílico como ligandos y  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_6$  como metálico, utilizando DMF como disolvente, haciéndose reaccionar por 72 horas.

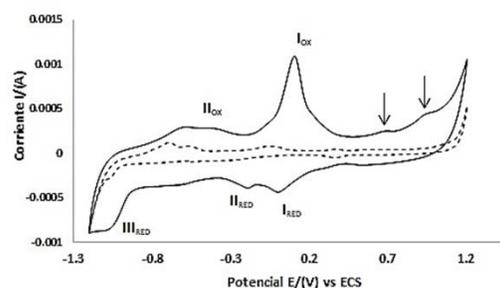
Preparación de electrodo sin modificar EPC y modificado EPCM

Para el EPC se utilizó grafito y aceite Nujol como aglomerante en una proporción de 2:1 respectivamente y para el EPCM se hizo la misma pasta anteriormente descrita más un 3% en masa del MOF.

#### Sistema electroquímico

Se utilizó un sistema de tres electrodos: Electrodo de trabajo EPCM, contra electrodo Pt, y electrodo de referencia Calomel saturado; en electrolitos de diferente concentración de  $\text{Cu}^{2+}$  [0, 20, 40, 60, 80 y 100%].

### 3. RESULTADOS



**Figura 1** Voltamperometrías cíclicas del EPC (línea punteada) a una concentración de 0% de cobre y EPCM (línea continua) al 40% de cobre, con una velocidad de barrido de  $15 \text{ mVs}^{-1}$ .

La Figura 1 muestra las respuestas voltamperométricas del EPC y EPCM, podemos observar que la voltamperometría cíclica correspondiente al EPCM presentan una mayor carga faradaica atribuida a la transformación de las especies químicas. Así mismo, se aprecian picos reducción y oxidación del cobre ( $\text{I}_{\text{RED}}$ ,  $\text{II}_{\text{RED}}$ ,  $\text{III}_{\text{RED}}$ ,  $\text{I}_{\text{OX}}$  y  $\text{II}_{\text{OX}}$ ) atribuibles a la reducción de  $\text{Cu}$  presente en el electrolito y oxidación. Este mismo comportamiento de las respuestas voltamperométricas se presenta en las diferentes concentraciones  $\text{Cu}^{2+}$ .

### 4. CONCLUSIONES

El estudio voltamperométrico comparativo nos permitió evaluar los distintos potenciales atribuibles a la presencia de  $\text{Cu}^{2+}$  en el electrolito, permitiendo evidenciar la respuesta ante este ión dando una posible aplicación como sensor electroquímico.

### 5. REFERENCIAS

[1] H.-C. Zhou, J.R. Long, O.M. Yaghi, *Chemical Reviews*. **112**, 673 (2012).

# Desarrollo y validación de un método voltamperométrico para la determinación de Meloxicam utilizando un electrodo de carbón vítreo modificado con nanotubos de carbono (GC/MWCNT)

Presentación Oral

A. Cerón Pérez, M. G. Juárez Moreno, M. M. Martínez Sánchez, M. González Leal, A. Sosa Domínguez\*

Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental, 76010, Querétaro, México.

E-mail: [adrian.adrisodo@gmail.com](mailto:adrian.adrisodo@gmail.com)

| 58

## 1. INTRODUCCIÓN

El meloxicam (MLC) es un fármaco de la familia de los oxicames que posee una alta capacidad antiinflamatoria, tiene una dosis recomendada de 7.5 a 15 mg por día, con un aumento de riesgos cardiovasculares y cerebrales a mayores dosis [1]. Su cuantificación es posible por diversos métodos analíticos, sin embargo, requieren costosa instrumentación y largos tiempos en la preparación de la muestra [2]. Una alternativa, son los métodos electroanalíticos, como la voltamperometría, que además de un bajo costo, fácil manejo y corto tiempo de respuesta ofrece una alta sensibilidad y especificidad analítica. Siendo estas últimas, mejorables mediante procedimientos para la modificación de la superficie del electrodo de trabajo, en este trabajo, electrodo de carbón vítreo (GC), como es la adición superficial de nanotubos de carbono (MWCNT) [3].

## 2. METODOLOGÍA

Se prepara una solución estándar de Meloxicam de concentración  $3 \times 10^{-3}$  M. Posteriormente se identificaron las condiciones ideales del método, incluyendo la modificación del electrodo de trabajo GC, al cual se le dispersó una suspensión de MWCNT [2]. Se llevó a cabo la validación del método voltamperométrico utilizando el método de blancos determinando el límite de detección y cuantificación; intervalo de trabajo, linealidad, repetibilidad, reproducibilidad, selectividad, especificidad y robustez, incluyendo un análisis estadístico de tipo descriptivo. Finalmente, se realizó la cuantificación de MLC en formas farmacéuticas comerciales.

## 3. RESULTADOS

**Tabla 1.** Comparación de parámetros voltamperométricos sensibilidad electrodos: GC y GC/MWCNT.

Electrodo	Concentración (M)	Intensidad (nA)
GC	$1 \times 10^{-3}$	23, 862.0
	$1 \times 10^{-6}$	39.40
GC/MWCNT	$1 \times 10^{-3}$	27, 940.0
	$1 \times 10^{-7}$	10.97

**Tabla 2.** Selectividad.

Ibuprofeno		Meloxicam	
Potencial (V)	Intensidad (nA)	Potencial (V)	Intensidad (nA)
1.22	8,117	-	-
1.17	1,504	0.572	2,721
-	-	0.576	4,330

## 4. CONCLUSIONES

La modificación del electrodo de carbón vítreo con MWCNT aumenta su sensibilidad con respecto al analito de interés, además la técnica electroquímica utilizada demostró ser selectiva y específica para la cuantificación de meloxicam.

## 5. REFERENCIAS

- [1] L. Lemke, A. Williams, *Foye's Principles of Medicinal Chemistry*, p. 1018- 1021, Lippincott Williams y Wilkins, USA, (2013).
- [2] F. Ağin, S. Atal, *The Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, **15**, 184 (2018).
- [3] A. Leniart, M. Brycht, B. Burnat, & S. Skrzypek, *Sensors and Actuators B: Chemical*, **231**, 54, (2016).

# Efecto del pretratamiento electroquímico de electrodos serigrafados para la detección no enzimática de creatinina usando nanoestructuras de Cu

Presentación Oral

A. Domínguez Aragón<sup>1\*</sup>, E. A Zaragoza Contreras<sup>1</sup>, R. B. Dominguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Miguel de Cervantes No. 120 C.P 31136. Chihuahua, Chih., México.

<sup>2</sup>CONACyT-Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., Miguel de Cervantes 120, Chihuahua C.P. 31136, Chih.

E-mail: [angelica.dominguez@cimav.edu.mx](mailto:angelica.dominguez@cimav.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La determinación de creatinina (CRT) en suero sanguíneo es necesaria para el diagnóstico de diferentes enfermedades renales y para un seguimiento permanente de los pacientes que necesitan diálisis. Por lo tanto, el desarrollo de un método preciso para la medición cuantitativa rutinaria de la CRT sin una preparación complicada de la muestra es altamente primordial [1]. En este sentido, el desarrollo de técnicas no enzimáticas, simples y portátiles para su monitoreo en tiempo real resulta importante para prevenir los daños asociados con el daño renal [2].

En el presente trabajo se desarrolló un sensor electroquímico no enzimático para la detección de CRT con alta sensibilidad y un rango útil de detección. El sensor se fabricó por electrodeposición de nanoestructuras de cobre sobre un electrodo de carbono serigrafados (SPCE). El SPCE fue previamente activado mediante un pretratamiento electroquímico que generó un aumento en la sensibilidad del sistema electroquímico.

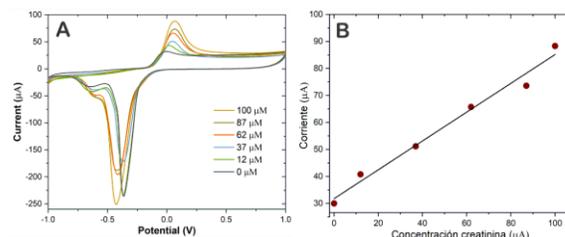
## 2. METODOLOGÍA

El SPCE fue sometido a un pretratamiento electroquímico mediante cronoamperometría y voltametría cíclica (CV) usando PBS (P-SPCE). Posteriormente, el pSPCE fue modificado superficialmente mediante la electrodeposición de nanopartículas de cobre por medio de CV (pSPCE/CuNP). El pSPCE/CuNP se sometió a diferentes concentraciones de CRT por medio de CV y se registró la señal obtenida.

## 3. RESULTADOS

La detección electroquímica de CRT en pSPCE/CuNP se realizó por medio de CV en PB 0.1 M. La Figura 1 muestra que la  $I_{anódica}$  aumentó

linealmente conforme la concentración de creatinina aumentó, indicando que pSPCE/CuNP tiene la capacidad detectar CRT en distintas concentraciones, esto es asociado a que al aplicar el potencial, el cobre sufre una oxidación electroquímica y los iones cúpricos se combinan con la creatinina en la solución y forman un complejo soluble de cobre-creatinina [3]. El sensor electroquímico exhibió una respuesta lineal a concentraciones de CRT de 12 a 100  $\mu\text{M}$ .



**Figura 1.** A) CV en pSPCE/CuNP en PB 0.1 M con diferentes concentraciones de creatinina a una velocidad de 100 mV/s, B) Curva de calibración de la corriente máxima vs concentración de creatinina.

## 4. CONCLUSIONES

Las pruebas electroquímicas que se realizaron al pSPCE/CuNP demostraron que tiene potencial para ser usado como un sensor electroquímico no enzimático para la detección de creatinina en un rango clínico útil.

## 5. REFERENCIAS

- [1] R. Narimani, et al., *Anal. Sci. Adv.*, **2**, 308 (2021).
- [2] R. K. Rakesh Kumar, M. O. Shaikh, and C.-H. Chuang, *Anal. Chim. Acta*, **1183**, 338748 (2021).
- [3] K. Ngamchuea, et al., *Electrochem. Soc.*, **169**, 020567 (2022).

## Determinación electroquímica de la difusión de líquidos iónicos con variación de cadena alquílica

### Presentación Oral

A. R. Lara Hernández, N. V. Gallardo Rivas, U. Páramo García Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Prol. Bahía de Aldhair y Av. De las Bahías, Parque de la Pequeña y Mediana Industria, 89600, Altamira, Tamaulipas, México

E-mail: [angelarahdz7@gmail.com](mailto:angelarahdz7@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el interés por los líquidos iónicos se ha incrementado debido a las múltiples aplicaciones en los procesos de extracción y transporte de hidrocarburo en la industria petrolera [1]. Los líquidos iónicos son moléculas orgánicas de doble polaridad que interactúan en sistemas de nula miscibilidad [2]. Una de las propiedades más importantes es la difusión, asociada a la formación y el desplazamiento de los grupos termodinámicamente estables denominados micelas [3]. En el presente trabajo se estudiaron los procesos de difusión de líquidos iónicos con base imidazol de cadena alquílica variada mediante voltamperometría de disco rotatorio.

### 2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron líquidos iónicos con base imidazol con variación de cadena alquílica (C<sub>6</sub>, C<sub>12</sub>, C<sub>18</sub>). Las estructuras de las moléculas se corroboraron mediante espectroscopia FTIR y RMN. Se prepararon disoluciones acuosas a 10000 mg L<sup>-1</sup>. Posteriormente se analizaron en una celda electroquímica utilizando un electrodo de disco rotatorio de carbón vítreo, contraelectrodo platino y un electrodo de referencia Ag|AgCl mediante la técnica de voltamperometría cíclica, aplicando una ventana de potencial de 0.0 a 1.0 V vs. Ag|AgCl, una velocidad de barrido de 10 mV s<sup>-1</sup> y velocidades de rotación de 100 a 1000 rpm.

### 3. RESULTADOS

Se analizaron los espectros FTIR y RMN de los compuestos y se identificaron los grupos funcionales característicos y sus estructuras químicas, respectivamente. Se determinaron los coeficientes de difusión de los líquidos iónicos C6IMI, C12IMI y C18IMI mediante la ecuación de Koutecky-Levich. Para ello, se detectaron los puntos de inflexión de cada voltamperograma en función de su velocidad de rotación y se construyeron líneas de tendencia para la obtención de la pendiente, la cual se igualó con los

parámetros que conforman la ecuación. Asimismo, se determinaron los valores de R<sup>2</sup> y % de error estándar, los cuales se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Coeficientes de difusión calculados mediante la Ec. Koutecky-Levich

Liq. I.	m	R <sup>2</sup>	D <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	%E
C6IMI	0.0046	0.986	2.28x10 <sup>-6</sup>	0.004
C12IMI	0.0124	0.960	7.45x10 <sup>-7</sup>	0.01
C18IMI	0.0433	0.992	1.49x10 <sup>-7</sup>	0.03

Se observa el efecto del tamaño de la cadena hidrocarbonada sobre la difusión de las micelas en solución acuosa, de tal forma que C6IMI > C12IMI > C18IMI.

### 4. CONCLUSIONES

C18IMI presentó menores valores de difusión debido al tamaño de la molécula, lo cual dificulta su transporte hacia el electrodo de trabajo, en comparación con C6IMI y C12IMI. Dicho comportamiento está asociado a efectos de la CMC y estabilidad termodinámica.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Wang, F. Yan, Q. Jia, Q. Wang, *J. Mol. Liq.*, **253**, 205 (2018).
- [2] Y. Li, L. Jiang, *J. of Environmental Chemical Engineering*, **9**, 105 (2021).
- [3] J. K. Salem, I. M. El-Nahal, F. S. Salama, *Chem. Phys. Lett.*, **730**, 445 (2019).

## Producción de electricidad y remoción de materia orgánica en celdas de combustible microbianas usando lactosuero como anolito

Presentación Oral

C. A. Hernández Hernández<sup>1</sup>, P. Mijaylova Nacheva<sup>1</sup>, E. B. Estrada Arriaga<sup>1</sup>, G. Buitrón Méndez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México-Unidad Académica Juriquilla.

E-mail: [carlos.hernandez@posgrado.imta.edu.mx](mailto:carlos.hernandez@posgrado.imta.edu.mx)

| 61

### 1. INTRODUCCIÓN

Los desafíos en el tratamiento de aguas residuales industriales han impulsado la diversificación de la tecnología en su tratamiento. Las celdas de combustible microbianas (CCM), permiten reducir la carga de contaminantes y revalorizarlos al producir electricidad [1]. Aunado a esto, el incremento de la capacitancia del ánodo permite incrementar la proporción de la corriente no farádica sobre la farádica, lo que ha resultado en mayor producción de voltaje y valores de voltaje más estables [2]. La presente investigación se desarrolló con la finalidad de estudiar el efecto del dopado por electrodeposición de hierro y manganeso en la capacitancia específica del ánodo de felpa de grafito. Así como evaluar el efecto del dopado por electrodeposición de hierro y manganeso y del tiempo de residencia hidráulico (TRH) sobre el desempeño de las CCM usando como anolito lactosuero.

### 2. METODOLOGÍA

Para medir la diferencia en la capacitancia específica de los ánodos se realizaron curvas de carga-descarga. Las CCM fueron alimentadas con lactosuero como anolito, en una de ellas se utilizó el ánodo dopado con hierro y manganeso por electrodeposición, en otra un ánodo no dopado. Además, se evaluaron tres TRH de 2.5, 1.5 y 0.5 días, dando como resultado un diseño experimental mezclado 2x3. Estos experimentos se hicieron por duplicado además se incluyó un control a circuito abierto sin réplica. Se dio seguimiento al voltaje producido por las CCM, se realizaron curvas de polarización y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) ajustada a un circuito equivalente. La remoción de materia orgánica se midió como DQO. Con estos datos se calculó la eficiencia coulombica.

### 3. RESULTADOS

El proceso de electrodeposición incrementó la capacitancia específica de 0.254 a 10.7533 F g<sup>-1</sup>. La reducción del TRH incrementó la producción de electricidad, con promedios de 175.7, 271.7 y 291.7 mV para los TRH de mayor a menor respectivamente. Siendo un 21% mayor la producción de voltaje en las CCM con ánodo dopado. La máxima densidad de potencia fue de 7.43 mW m<sup>-2</sup> con una densidad de corriente de 41 mA m<sup>-2</sup>. En la tabla 1 se muestra la evolución de la resistencia interna de las CCM cuyo ánodo fue dopado, previo a su inoculación (CCMC), con el TRH de 2.5 d (CCM1), con TRH de 1.5 d (CCM2) y con TRH de 0.5 d (CCM3).

Tabla 1. Fuentes de resistencia interna.

CCM	R <sub>Ω</sub> (Ω)	R <sub>p</sub> (Ω)	R <sub>mas</sub> (Ω)	R <sub>cat</sub> (Ω)
CCMC	33.61	10.42	739.91	302.52
CCM1	36.85	24.39	39.45	14.34
CCM2	35.3	0.001	302.4	39.38
CCM3	85.97	42.89	177.4	6.61

La remoción de materia orgánica fue en promedio de 40% en CCM a circuito cerrado. La eficiencia coulombica osciló entre 4 y 6%.

### 4. CONCLUSIONES

El dopado por electrodeposición con Fe y Mn permite incrementar la capacitancia específica, lo cual mejora el desempeño eléctrico de las CCM. La disminución de TRH de 2.5 a 0.5 d mejora la producción de electricidad y la eficiencia coulombica de las celdas alimentadas con lactosuero.

### 5. REFERENCIAS

- [1] B. E. Logan y K. Rabaey, *Science*, **337**, 686 (2012).
- [2] F. Soavi, y C. Santoro, *Current Opinion in Electrochemistry*, **22**, 1 (2020).

## Green and black tea characterization by electrochemical and UV-Vis-Spectroscopy techniques for bioelectronic applications

Presentation Oral

J. Molina Quiroga<sup>1</sup>, A. A. Flores Caballero<sup>2</sup>, A. Manzo Robledo<sup>2\*</sup>, J. M. Gutiérrez Salgado<sup>1\*1</sup> Bioelectronics Section, Department of Electrical Engineering, CINVESTAV, Mexico City 07360, Mexico.

<sup>2</sup>Laboratorio de electroquímica y corrosión. Departamento de Ingeniería Química. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE)-IPN, Distrito Federal, México, 07300.

E-mail: [amanzor@ipn.mx](mailto:amanzor@ipn.mx), [mgutierrez@cinvestav.mx](mailto:mgutierrez@cinvestav.mx)

### 1. INTRODUCTION

Green tea (GT) and black tea (BT) are the most widely consumed beverages worldwide. Consequently, it is common to employ complex techniques for qualitative analysis and quality control practices to verify the purity of tea. Electrochemical and optical techniques have become relevant in such analysis, as they are fast, accurate and less expensive than conventional analytical techniques [1]. In the present work, the evaluation of GT and BT of a high consumption Mexican brand was carried out through of electrochemical techniques and UV-Vis spectroscopy in the presence of a graphite electrode and KCl as supporting electrolyte. The *i*-E profiles obtained make it possible to qualitatively identify these varieties of tea for quality control and perform data processing to analyze the information.

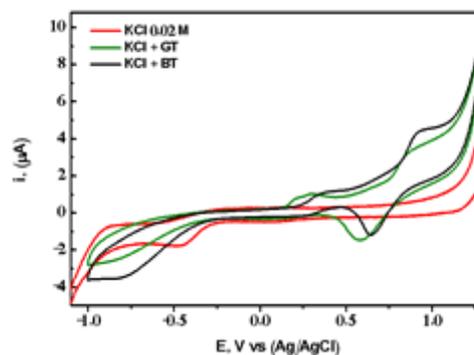
### 2. METHODOLOGY

Electrochemical evaluations were performed in a standard 3-electrode cell, using a graphite electrode as the working electrode, Ag/AgCl as the reference electrode and a platinum mesh as the counter electrode. A solution of GT and BT was prepared using 0.02 M KCl as the supporting electrolyte and dilutions from 0.01 to 0.00125 g/mL. UV-Vis spectra were obtained with 3 mL of each dilution in the range of 350 to 750 nm. Finally, the Principal Component Analysis (PCA) technique was used to evaluate the dispersion of the obtained information.

### 3. RESULTS

Figure 1 shows the *i*-E profiles obtained for one of the evaluated dilutions of each tea. The redox processes observed revealed a catalytic response at the graphite interface for GT and BT, corresponding to oxidation

processes of the component species of each sample [2]. On the other hand, the UV-Vis spectra show absorption contributions as a function of the concentration of each dilution.



**Figure 1.** Current-potential profile for GT and BT at 0.01 g/mL + KCl 0.02 M. Scan rate: 5 mV/s.

### 4. CONCLUSIONS

GT and BT can be characterized using electrochemical techniques and UV-Vis spectroscopy. The current response and UV-Vis spectra provide information that can be processed to obtain specific characteristics of each tea. It is possible to qualitatively identify each tea with the information obtained; creating an application that can be implemented in quality control practices in the industry.

### 5. REFERENCES

- [1] M. Xu, J. Wang, S. Gu, *Food Chemistry*, **289**, 482 (2019).
- [2] I. Novak, M. Šeruga, Š. Komorsky-Lovrić, *Food Chemistry*, **122**, 1283 (2010).

## Diseño de un biosensor electroquímico para la cuantificación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> producido mediante reacciones biológicas

### Presentación Oral

E. Ortiz Santos<sup>1</sup>, L. Galicia Luis<sup>1</sup>, M. L. Lozano Camargo<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Área de Electroquímica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340 México, CDMX.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería, Área de ambiental, Tecnológico de estudios Superiores del Oriente del Estado de México, Paraje San Isidro S/N, 56400 Los Reyes Acaquilpan, México.

E-mail: [elviszitroz@gmail.com](mailto:elviszitroz@gmail.com), [lgj@xanum.uam.mx](mailto:lgj@xanum.uam.mx), [malulozano@gmail.com](mailto:malulozano@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el desarrollo de biosensores es de suma importancia ya que, dentro de éstos, los biosensores electroquímicos representan una alternativa muy interesante debido a su relativo bajo costo, su capacidad de miniaturización y portabilidad y su versatilidad [1]. Las superficies electrónicas modificadas con nanomateriales es el más perfecto y avanzado método de obtener una buena transducción de la información, encontrado hasta el momento para la detección electroquímica de algunas especies de interés biológico. Conociendo esta información emplearemos nanotubos de carbono, así como un polímero conductor con propiedades de mediador para detección catalítica de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, para el diseño de nuestro biosensor diseñado con la siguiente estructura GCE/EPMWCNT-Poli-Fe(III)-5-Aphen [2,3].

### 2. METODOLOGÍA

Para este estudio, se empleó una solución acuosa que contenía 2.5x10<sup>-4</sup>M Fe(III)-5-Aphen, a pH a 6.22, la cual se utilizó para modificar superficialmente a un electrodo de pasta de nanotubos de carbón de pared múltiple (EPMWCNT) el cual está anclado un electrodo de carbón vítreo (GCE). Se utilizó la voltamperometría cíclica para crecer la película polimérica en el electrodo de trabajo y posteriormente se aplicó la amperometría para la determinación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

### 3. RESULTADOS

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos a partir de la curva de calibración empleando la técnica de amperometría. Se reportan los valores de sensibilidad para las diferentes plataformas del biosensor para la cuantificación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Plataforma	SENSIBILIDAD (µA/M)	Valor de R <sup>2</sup>	Desviación Estándar
	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		
GCE/EPMWCNT	(0.794 ± 0.013) × 10 <sup>4</sup>	0.9912	4.8158E-06
GCE/EPMWCNT-Poli-Fe(III)-5-Aphen	(4.925 ± 0.078) × 10 <sup>4</sup>	0.99241	2.9851E-05

### 4. CONCLUSIONES

Se obtuvo un valor de sensibilidad para la plataforma de GCE/EPMWCNT-Poli-Fe(III)-5-Aphen a peróxido de (0.794 ± 0.013) × 10<sup>4</sup> (µA/M) con una buena relación lineal R<sup>2</sup> de 0.9912.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Saha and S. Das, "Fabrication of a nonenzymatic cholesterol biosensor using carbon nanotubes from coconut oil," *J nano chem .*, **4(1)**, 1 (2014).
- [2] P. Kassal, M. D. Steinberg, and I. M. Steinberg, *Sensors Actuators, B Chem.*, **266**, 228 (2018).
- [3] M.L. Lozano, M.C. Rodríguez, P. Herrasti, L. Galicia, G.A. Rivas. *Electroanalysis*, 128 (2010).

# Análisis de la respuesta a la frecuencia del cambio de energía libre de Gibbs de sistemas electroquímicos como función de transferencia termométrica

Presentación Poster

S. G. Hernández Rizo<sup>1</sup>, E. R. Larios Durán<sup>1\*</sup>, M. Bárcena Soto<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Ingeniería Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup> Departamento de Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

E-mail: [erika.lduran@academicos.udg.mx](mailto:erika.lduran@academicos.udg.mx)

| 64

## 1. INTRODUCCIÓN

La termometría es un método calorimétrico en el cual un termistor se inserta en un electrodo de trabajo para medir la diferencia de temperatura interfacial cuando hay transferencia de carga [1]. Utilizando este método, M. Sánchez et. al. [2] presentaron recientemente una nueva función de transferencia denominada  $VIT(\omega)$ .  $VIT(\omega)$  relaciona la respuesta térmica interfacial,  $\Delta T^*(\omega)$ , con una perturbación modulada del potencial  $\Delta E(\omega)$  aplicada al sistema electroquímico en un rango de frecuencias intermedias a bajas. Además el grupo de investigación encontró correlación entre mediciones de EIS y  $VIT(\omega)$ . Así, reportaron funciones para entropía,  $\Delta S(\omega)$ , y calor electroquímico molar de Peltier,  $\Pi(\omega)$ . El objetivo de este trabajo es extender el enfoque planteado en [2] y proponer una estrategia teórico-experimental para calcular el cambio de la energía libre de Gibbs,  $\Delta G(\omega)$ .

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de la termodinámica electroquímica clásica para evaluar los cambios de energía libre de Gibbs en régimen alterno. Una vez establecido el modelo se validó con los datos experimentales reportados por M. Sánchez et. al. [2], para el sistema electroquímico modelo de ferricianuro/ferricianuro.

## 3. RESULTADOS

A partir de la definición de energía libre de Gibbs y asumiendo que las reacciones electroquímicas ocurren a presión constante, es posible demostrar que  $\Delta G$ ,  $\Delta S$  y  $T$  siguen una perturbación sinusoidal y están relacionadas de acuerdo con:

$$\frac{d(\Delta G(\omega))}{dT^*(\omega)} = -\Delta S(\omega) \quad (1)$$

Se propone utilizar la relación para  $\Pi$  [3] y  $\Delta S$  total en régimen alterno [2]:

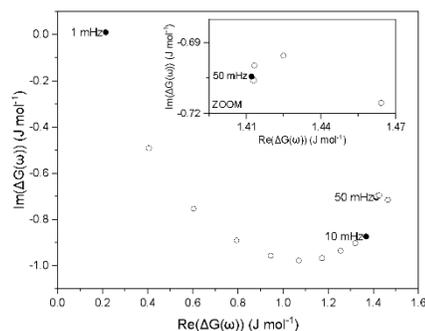
$$\Pi(\omega) = T\Delta S(\omega) \quad (2)$$

donde  $T$  es la temperatura promedio de los alrededores.

Considerando la definición del módulo de  $VIT(\omega)$  [2] y sustituyendo (2) en (1)  $\Delta G(\omega)$  se calcula como:

$$\Delta G(\omega_2) = \Delta G(\omega_1) - \frac{|\Delta E|}{T} j \int_{\omega_1}^{\omega_2} \frac{1}{\omega} \Pi(\omega) VIT(\omega) d\omega \quad (3)$$

A partir de datos experimentales obtenidos recientemente [2] es posible emplear la ecuación (3) para obtener diagramas de Nyquist de los cambios de energía libre de Gibbs en función de la frecuencia como se muestra en la Fig. 1.



**Figura 1.** Espectro en el plano complejo calculado de la función de transferencia de  $\Delta G(\omega)$ .

## 4. CONCLUSIONES

Se presenta por primera vez una estrategia viable para calcular los cambios de energía libre de Gibbs en corriente alterna para sistemas electroquímicos de interés

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. Bárcena Soto et al. *Electroanalytical Chemistry*, **528(1-2)**, 18–26. (2002)
- [2] M. Sanchez Amaya et al. *Journal of The Electrochemical Society*. **168**, 126501. (2021)
- [3] Z. Fang. *Thermochimica Acta*. **516(1-2)** 1-7, (2011)

## Caracterización y determinación de tetraciclina mediante voltamperometría cíclica en medio acuoso

### Presentación Póster

K. Lopez Garcia<sup>1</sup>, D. S. Guzmán Hernández<sup>2</sup>, J. Juárez-Gómez<sup>1</sup>, A. Rojas Hernández<sup>1</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>3</sup>, Ma. T. Ramírez Silva<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, CP 09340, CDMX, México.

<sup>2</sup>CONACYT-Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, CP 09340, CDMX, México.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo #180, Col. Reynosa-Tamaulipas, CP 02200, CDMX, México.

E-mail: [dsguzman@conacyt.mx](mailto:dsguzman@conacyt.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

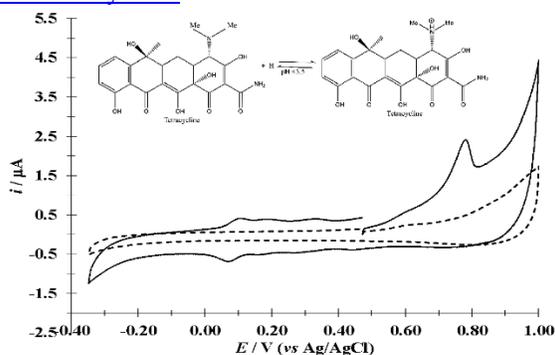
La Tetraciclina (Tc) es de gran interés en la medicina veterinaria por su uso como antibiótico. Su uso indiscriminado en ganado vacuno provoca su acumulación en productos alimenticios como carne, leche y pollo [1]. Para la determinación de niveles de Tc en medio acuoso se han implementado las técnicas de HPLC y enfoques electroquímicos utilizando electrodos de alto costo como lo es a base de nanodiamantes entre otros [2]. En este trabajo se presenta la caracterización y determinación de Tc por voltamperometría cíclica (VC) utilizando un electrodo de trabajo de pasta de carbón (EPC) en medio acuoso.

### 2. METODOLOGÍA

Todos los reactivos utilizados son de grado analítico. Tc (Sigma Aldrich), HClO<sub>4</sub> (J.T. Baker). Durante la experimentación, todas las soluciones se mantuvieron en una atmósfera de N<sub>2</sub> a 25 °C. Se utilizó un potenciostato Bassi-Epsilon, con una celda típica de tres electrodos, como electrodo de trabajo se utilizó un electrodo de pasta de carbón (EPC), electrodo de referencia Ag / AgCl y como electrodo auxiliar un alambre de platino.

### 3. RESULTADOS

La Tc se trabajó a pH 1.1, a este pH predomina la especie protonada. En la figura 1 se presenta el VC de Tc a 221.73 μM a una velocidad de barrido de 0.1 Vs<sup>-1</sup> en dirección anódica, se aprecia un pico anódico definido en 0.78 V (ver fig. 1). Siguiendo el pico anódico se lleva a cabo un estudio de velocidades de barrido de potencial y se obtiene que la transferencia de carga hacia el EPC es por adsorción [3].



**Figura 1.** VC de Tc 221.73 μM (línea continua) en HClO<sub>4</sub> 0.1 M sobre un EPC vs Ag/AgCl a 0.1 V s<sup>-1</sup>.

Se lleva a cabo la cuantificación del antibiótico Tc por VC sobre el EPC en medio acuoso. La curva de calibración presenta la Ec.  $i_{pa} = (0.01087 \pm 0.00020) [Tc] \mu A \mu M^{-1} - (0.053 \pm 0.063) \mu A$  con una  $r^2 = 0.997$ . Se presentan los límites de detección ( $10.17 \pm 4.32$ ) μM, límite de cuantificación ( $33.90 \pm 4.76$ ) μM y sensibilidad ( $0.01092 \pm 0.00027$ ) μA μM<sup>-1</sup>.

### 4. CONCLUSIONES

Se obtuvo la caracterización y los parámetros analíticos de Tc mediante VC en un medio acuoso, sobre un EPC.

### 5. REFERENCIAS

- [1] F. Centinkaya, A. Yibar, *Food Additives and contaminants: Part B*, **5** (2012)
- [2] A. Mehran Mesgari, B.Hosseini, *Advanced Pharmaceutical Bulletin*, **1**, 34 (2011).
- [3] A. Bard L. Faulkner, *Electrochemical Methods*, Wiley, New York, (2000).

## Determinación de ketoprofeno mediante voltamperometría cíclica en medio acuoso

### Presentación Póster

E. A. Cruz González<sup>1</sup>, N. M. González Solís<sup>1</sup>, D. S. Guzmán Hernández<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>3</sup>,  
S. Corona Avendaño<sup>3</sup>, M. Romero Romo<sup>3</sup>, M. T. Ramírez Silva<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, CP 09340, CDMX, México.

<sup>2</sup> CONACYT-Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, CP 09340, CDMX, México.

<sup>3</sup> Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo #180, Col. Reynosa-Tamaulipas, CP 02200, CDMX, México

E-mail: [dsguzman@conacyt.mx](mailto:dsguzman@conacyt.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN.

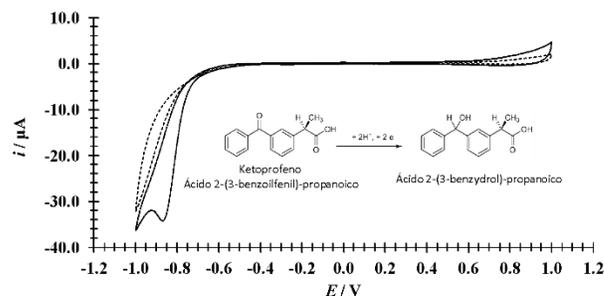
El Ketoprofeno (KTP) es un antiinflamatorio no esteroideo (AINE) utilizado en el tratamiento del dolor e inflamación. En la actualidad, el KTP se considera un contaminante emergente ya que produce alteraciones o efectos negativos al ecosistema, principalmente marino, encontrándose en ríos de todo el mundo [1]. En el presente trabajo se propone un método electroquímico para su determinación y cuantificación sobre un electrodo de pasta de carbón (EPC) mediante voltamperometría cíclica (VC) en medio acuoso.

### 2. METODOLOGÍA

Todos los reactivos utilizados son de grado analítico. El análisis por VC se llevó a cabo en un potenciostato Ivium Bassi en una celda típica de tres electrodos, como electrodo de trabajo se utilizó pasta de carbón (EPC), electrodo de referencia de Ag/AgCl saturado y como electrodo auxiliar un alambre de platino.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se presenta el VC de KTP 196.44  $\mu\text{M}$  en pH 1 a 0.1  $\text{Vs}^{-1}$  en dirección catódica, se aprecia un pico anódico en -0.870 V (en el inserto de la figura 1 se presenta el mecanismo de reducción de la molécula). Siguiendo el pico catódico del KTP se lleva a cabo un estudio de velocidades de potencial barrido y de acuerdo a Grosser [2] se obtiene que la transferencia de carga hacia el EPC se lleva a cabo por difusión. Así mismo se cuantificó el KTP sobre el EPC. De la curva de calibración se obtuvieron los parámetros de desempeño analítico de límite de cuantificación  $\text{LC}=(112.25\pm 12.79) \mu\text{M}$ , límite de detección  $\text{LD}=(33.67\pm 11.99)\mu\text{M}$  y sensibilidad de  $(0.0935\pm 0.0039) \mu\text{A}\mu\text{M}^{-1}$ .



**Figura 1.** VC de KTP 196.44  $\mu\text{M}$  en  $\text{HClO}_4$  0.1 M sobre un EPC vs Ag/AgCl a 0.1  $\text{Vs}^{-1}$ . Línea punteada sistema blanco, línea continua KTP.

### 4. CONCLUSIONES

Se realizó un estudio de KTP en un medio acuoso donde se obtuvieron los parámetros de desempeño analíticos, también, se determinó que la molécula presenta una reacción de transferencia de carga por difusión.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A. Kadam, S. Patil, S. Patil, A. Tumkur, *Indian Journal of Pharmacy Practice*, **9**, 2 (2016).
- [2] D. K. Grosser, *Cyclic Voltammetry: Simulation and Analysis of Reaction Mechanisms*, 42, VCH, New York, (1993).

## Estudio electroanalítico de metronidazol y su interacción con sds en medio acuoso

### Presentación Póster

J. H. Villanueva Reynoso<sup>1</sup>, M. T. Ramírez Silva<sup>1</sup>, S. Corona Avendaño<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>2</sup>,  
A. Zafra Roldan<sup>3</sup>, D. S. Guzmán Hernández<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>UAM- I, Depto de Química, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, 09340, CDMX.

<sup>2</sup>UAM-A, Depto de Materiales, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa-Tamaulipas, 02200, CDMX

<sup>3</sup>Tecnológico Nacial de México, ITSTR, División de Ingeniería Mecánica, 74600, Puebla, México

<sup>4</sup>CONACYT-UAM- I, Depto de Química, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, 09340, CDMX.

E-mail: [dsguzman@conacyt.mx](mailto:dsguzman@conacyt.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El metronidazol (MTZ), es un agente sintético antibacteriano y antiparasitario [1]. Es ampliamente recetado y puede ser excretado sin sufrir transformación lo que provoca acumulación de este fármaco dentro de aguas residuales, causando efectos adversos para los seres humanos y el entorno ecológico [2]. En este trabajo se presenta la caracterización y determinación de MTZ mediante voltamperometría cíclica (VC), utilizando un electrodo de trabajo de pasta de carbón (EPC), además se plantea el uso de dodecil sulfato de sodio (SDS), para mejorar los parámetros analíticos de cuantificación de MTZ.

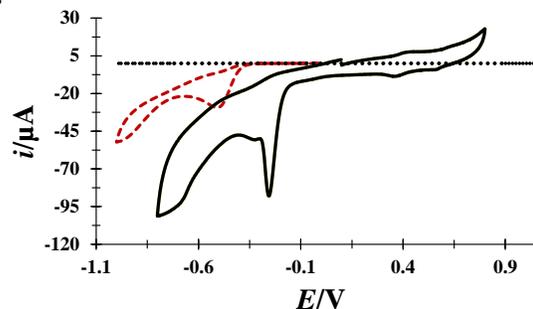
### 2. METODOLOGÍA

Todos los reactivos utilizados son de grado analítico. Metronidazol (Sigma Aldrich). Se utilizó un potenciostato AUTOLAB con una celda convencional de tres electrodos; electrodo de trabajo de pasta de carbón, como contra-electrodo un alambre de platino y electrodo de referencia de Ag/AgCl saturado.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se presenta el VC de MTZ a 209.59  $\mu\text{M}$  en ausencia de SDS a pH 1.1 (línea punteada roja) a 0.1  $\text{Vs}^{-1}$ . Es posible apreciar un pico catódico en -0.44 V. En línea continua negra se presenta el VC de MTZ en presencia de SDS 0.8 mM y se aprecia la formación de un pico catódico en -0.24 V, el pico catódico duplica la intensidad de corriente y recorre el potencial con respecto al pico formado en ausencia de SDS. En el estudio de velocidades de barrido de potencial se obtiene que la transferencia de carga hacia el EPC en ausencia de SDS es difusivo, mientras que en presencia de SDS es adsortivo. Se obtuvo el límite de

cuantificación (LC), de detección (LD) y sensibilidad en ausencia y presencia de SDS. LD sin SDS =  $(15.941 \pm 5.978) \mu\text{M}^{-1}$ , LC sin SDS =  $(53.136 \pm 6.366) \mu\text{M}^{-1}$  LD con SDS =  $(10.25 \pm 3.72) \mu\text{M}$  y un LC =  $(34.17 \pm 3.92) \mu\text{M}$ .



**Figura 1.** VCs de MTZ 12.1  $\mu\text{M}$  pH= 1.1 sobre un EPC vs Ag/AgCl a 0.1V  $\text{s}^{-1}$ . Línea punteada roja MTZ sin SDS, línea continua MTZ con SDS.

### 4. CONCLUSIONES

Se presenta por primera vez la caracterización de MTZ en presencia de SDS sobre un EPC y se mejoran los parámetros analíticos de cuantificación con SDS.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. J. Gómez, M. Petrović, A. R. Fernández-Alba, D. Barceló, *Journal of Chromatography*, **127**, 204 (2006).
- [2] L. Dobiáš, M. Černá, P. Rössner, R. Šrám, *Research/Reviews in Genetic Toxicology*, **317**, 177 (1994).

## Determinación de budesonida, corticoide utilizado en tratamiento de la COVID-19, mediante un sensor electroquímico de pasta de carbono modificado con $\beta$ -ciclodextrina

Presentación Póster

J. A. Hernández Raymundo<sup>1</sup>, P. Balderas Hernández<sup>2</sup>, G. Roa Morales<sup>2</sup>, C. E. Barrera

Díaz<sup>2</sup> Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México

Avenida Paseo Tollocan S/N, C.P. 50120, Toluca, México.

<sup>2</sup>CCIQS UAEM-UNAM; Carretera Toluca-Atlacomulco Km 14.5, Toluca, Estado de México, C.P. 50200, México.

E-mail: [jose\\_alan28@outlook.com](mailto:jose_alan28@outlook.com)

| 68

### 1. INTRODUCCIÓN

Derivado de la pandemia actual de COVID-19, en las propuestas farmacológicas se encuentran los corticoides inhalados que demuestran perjuicio hacia la replicación viral del SARS-CoV-2 y regulan a la baja la expresión de los receptores utilizados para la entrada celular [1].

Al ser la budesonida predictor de una menor susceptibilidad a la infección por SARS-CoV-2 así como disminuir la morbilidad que causa la COVID-19 [2]; se requiere de métodos simples, costables y de alta sensibilidad para su determinación.

### 2. METODOLOGÍA

Para la caracterización electroquímica y determinación de la budesonida, se llevaron a cabo Voltamperometría Cíclica (VC) y Voltamperometría de Onda Cuadrada (SWV) respectivamente. Se utilizó una celda típica de tres electrodos: el electrodo de referencia Ag/AgCl (3 M KCl), una barra de grafito como contraelectrodo y el electrodo de trabajo construido a base de pasta de carbono (CPE) a) modificado con  $\beta$ -CD; mediante adición directa y por modificación electroquímica. b) sin modificar.

### 3. RESULTADOS

Mediante el EPC se identificó el proceso de reducción que sigue la molécula de budesonida, con un pico bien definido en un potencial de -865 mV.

La Figura 1 muestra el pico catódico ( $r_1$ ) que se desplaza a potenciales menos negativos, evidenciando así que la respuesta electroquímica del corticoide se ve afectada por presencia de la  $\beta$ -CD, debido a la posible formación de un complejo de inclusión [3].

Los resultados preliminares de las curvas de calibración por SWV donde se evaluó el área del pico catódico, se describen por:  $Q(C) = 1 \times 10^{-6} c(\mu\text{g mL}^{-1}) -$

$3 \times 10^{-7}$  ( $r = 0.9972$ ;  $n = 5$ ) siendo lineal de 0.62 – 6.09  $\mu\text{g mL}^{-1}$  con LOD 0.77  $\mu\text{g mL}^{-1}$ .

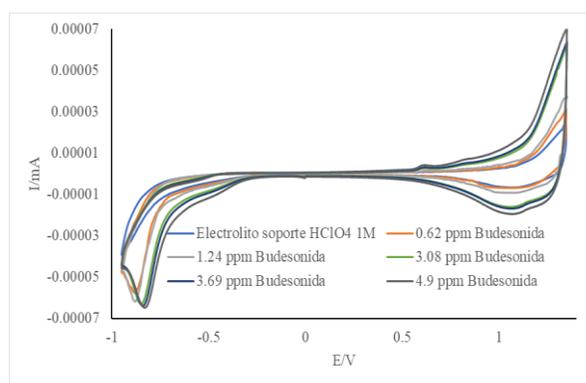


Figura 1. Voltamperogramas Cíclicos con CPE $\beta$ -CD/HClO<sub>4</sub> 1M. Barrido de -900 – 1350 mV,  $\nu = 0.1 \text{ V s}^{-1}$

### 4. CONCLUSIONES

El novedoso sensor electroquímico además de dilucidar el proceso electroquímico de la budesonida, demuestra ser sensible, lineal y potencia la reducción del corticoide.

### 5. REFERENCIAS

[1] National Institutes of Health, Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Treatment Guidelines, (2022).

[2] M. Peters, et al. COVID-19-related Genes in Sputum Cells in Asthma. Relationship to Demographic Features and Corticosteroids. *American journal of respiratory and critical care medicine*, **202(1)**, 83 (2020).

[3] G. Roa. Diseño y caracterización de Electrodo de Pasta de Carbono modificados con ciclodextrinas: Aplicación en la determinación de metales pesados y determinación de sus complejos de inclusión. UAM-I.

## Caracterización electroquímica por voltamperometría del ácido tánico

Presentación **Póster**

R. González Vázquez<sup>1,3</sup>, P. Balderas Hernández<sup>1</sup>, G. Roa Morales<sup>1</sup>, C. E. Barrera Diaz<sup>2</sup>, R. Orozco Cruz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM – UNAM; Carretera Toluca-Atlacomulco Km 14.5, C. P. 50200, Toluca, Estado de México.

<sup>2</sup>Universidad Veracruzana, Instituto de Ingeniería; Av. Juan Pablo II S/N, Costa Verde, C. P. 94292, Boca del Río, Veracruz.

<sup>3</sup>Universidad Politécnica del Valle de Toluca; Carretera Toluca-Almoloya de Juárez Km 5.6, Santiaguillo Tlalcilcali, C. P. 50904, Almoloya de Juárez, Estado de México.

E-mail: [rg33405@gmail.com](mailto:rg33405@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

El uso del ácido tánico para la formación de recubrimientos primarios en metales es una alternativa amigable con el medio ambiente de gran importancia ya que representa una opción para la conservación del patrimonio histórico y arqueológico, formado por objetos metálicos que presentan con el tiempo un estado de corrosión causados por la prolongada exposición a condiciones de lluvia ácida, presencia de oxígeno y ambientes salinos poco favorables para su conservación. La aplicación de ácido tánico como tratamiento primario en metales, transforma a óxidos los elementos presentes en la superficie, a fin de lograr la estabilización del material, eliminando la posibilidad de corrosión después de la aplicación del recubrimiento. El ácido tánico es conocido por sus propiedades ya mencionadas además posee una baja toxicidad.

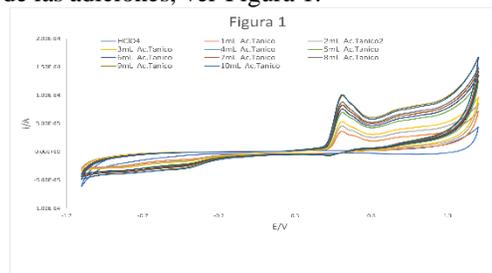
En este trabajo de investigación se pretende conocer por medio de caracterización electroquímica, sus propiedades y métodos de acción en corrosión, realizando la caracterización del ácido tánico y al extracto obtenido de la planta: *Pinus spp*, con el uso de voltamperometría cíclica [1, 2].

### 2. METODOLOGÍA

Se obtuvieron voltamperogramas cíclicos de soluciones de ácido tánico en un rango de concentraciones de  $(4.54 \times 10^{-4} - 2.5 \times 10^{-3} \text{M})$ , utilizando dos electrolitos de soporte:  $\text{Na}_2\text{PO}_4$  y  $\text{HClO}_4$  ambos en una concentración de 0.1M. realizando las mediciones en una celda compuesta por el electrodo de referencia de  $\text{Ag|AgCl}$ , una barra de grafito como contraelectrodo y un electrodo de trabajo de pasta de carbono.

### 3. RESULTADOS

Tras los barridos realizados en cada una de las adiciones de ácido tánico a los electrolitos de soporte. Se generaron los voltamperogramas cíclicos del ácido tánico, mostrando un crecimiento proporcional en cada una de las adiciones, ver Figura 1.



**Figura 1.** Vc de ácido tánico a diferentes concentraciones, de -1100, 1500 mV,  $v = 0.1 \text{V s}^{-1}$

### 4. CONCLUSIONES

En comparación con los voltamperogramas cíclicos obtenidos por cada electrolito de soporte, podemos concluir que el uso de  $\text{HClO}_4$  muestra más sensibilidad y mejores lecturas a diferencia de  $\text{Na}_2\text{PO}_4$ .

### 5. REFERENCIAS

- [1] D. E. Arceo Gómez, et al. *Protección anticorrosiva de un convertidor de óxido natural (Mimosa tenuiflora) aplicado sobre productos de corrosión de un acero AISI 1018*, (2021).
- [2] O. García León, et al. *Una alternativa ecológica en el recubrimiento de materiales mediante el uso de convertidores de óxidos aplicados en probetas de acero 1010*. Pág. 2, Sin Sede física (2020).

## Caracterización electroquímica de quinina con $\beta$ -ciclodextrina por voltamperometría cíclica

### Presentación Póster

H. E. Santibañez Torres<sup>1</sup>, M. T. Ramírez Silva<sup>1</sup>, J. Juárez Gómez<sup>1</sup>, A. Rojas Hernández<sup>1</sup>, S. Corona Avendaño<sup>2</sup>, M. Romero Romo<sup>2</sup>, D. S. Guzmán Hernández<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Depto de Química, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, 09340, CDMX.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Depto de Materiales, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa-Tamaulipas, 02200, CDMX.

<sup>3</sup> CONACYT-Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Depto de Química, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, 09340, CDMX.

E-mail: [dsguzman@conacyt.mx](mailto:dsguzman@conacyt.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN.

La quinina (Quin) es un alcaloide natural con propiedades antiparasitarias, antipalúdicas y antipiréticas [1]. La Quin es considerada un teratógeno por la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos (FDA). Debido a los efectos secundarios por altas dosis de Quin, su concentración se ha limitado por la FDA a 83 ppm [2], sin embargo en México no existe una norma que regule la dosis de Quin. En este trabajo se presenta el estudio de Quin en medio acuoso sobre un electrodo de pasta de carbón (EPC) y se presentan los parámetros analíticos de cuantificación obtenidos mediante voltamperometría cíclica (VC).

### 2. METODOLOGÍA

Todos los reactivos son de grado analítico. Se usa un potenciostato Épsilon (Basi) y una celda electroquímica con tres electrodos. El electrodo de trabajo es de pasta de carbón, el contraelectrodo es un alambre de platino y como electrodo de referencia se usa un electrodo de Ag/AgCl saturado.

### 3. RESULTADOS

Los VC's de Quin 227  $\mu\text{M}$  se obtuvieron en buffer de fosfatos 0.1 M a pH 6.7. Los VC's se iniciaron en un potencial de corriente nula en sentido anódico a 0.1  $\text{Vs}^{-1}$ . Se presenta un pico de oxidación en 1.05 V (ver fig. 1). Siguiendo el pico anódico se llevó a cabo el estudio de velocidades de barrido de potencial y se demostró que la transferencia de carga al electrodo es un proceso difusivo. La curva de calibración de Quin tiene una tendencia lineal con ecuación;  $i_{pa}=(0.0701\pm 0.0032) \mu\text{A} \mu\text{M}^{-1} [\text{Quin}] + (0.19\pm 0.42) \mu\text{A}$ , coeficiente de correlación  $r^2=0.9916$ , límite de cuantificación

$LC=(61.97\pm 67.40) \mu\text{M}$  y límite de detección  $LD=(18.59\pm 14.62) \mu\text{M}$ . Para el estudio de Quin en presencia de  $\beta$ -CD la ecuación lineal es  $i_{pa}=(0.04269\pm 0.00068) \mu\text{A} \mu\text{M}^{-1} [\text{Quin}] + (0.86\pm 0.21) \mu\text{A}$ ,  $r^2=0.9967$ ,  $LC=(91.75\pm 30.97) \mu\text{M}$  y  $LD=(27.53\pm 11.02) \mu\text{M}$ .

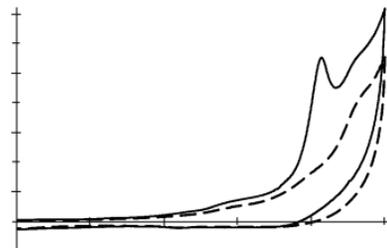


Figura 1. VC de Quin 227  $\mu\text{M}$  en buffer de fosfatos 0.1 M sobre un EPC vs Ag/AgCl saturado a 0.1  $\text{Vs}^{-1}$ . Línea punteada sistema blanco, línea continua Quin.

### 4. CONCLUSIONES

Se observa que la  $\beta$ -CD mejora los parámetros analíticos cuantitativos para la detección de quinina.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. Weatherford, *Indian Givers*, 5, 194 (2015).
- [2] FDA.gov, Food and Drugs Administration. Consultado 28 de junio del 2022.

## Evaluación de metales pesados (Cd(II), Cu(II) y Fe(III)) en cervezas artesanales mediante voltametría de redisolución anódica de pulso diferencial sobre diamante dopado de boro

Presentación Poster

O. López Balladares<sup>1,2</sup>, P. Espinoza Montero<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias Químicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito 170525, Ecuador

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Central del Ecuador, Quito 170129, Ecuador

E-mail: [lopezocar12@hotmail.com](mailto:lopezocar12@hotmail.com); [pespinoza646@puce.edu.ec](mailto:pespinoza646@puce.edu.ec)\*

### 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los factores que interviene en la calidad de la cerveza artesanal es la presencia de metales pesados, ya que pueden generar deterioro en su calidad y problemas a la salud de los consumidores. Un elemento es el hierro que además de generar problemas a la salud, como hemosiderosis y hemocromatosis [1], también acelera el deterioro de la cerveza. Otro contaminante peligroso, es el cadmio (Cd), que puede acumularse en los riñones, donde causa daños en el mecanismo de filtración del ser humano. Por otro lado el cobre, que su consumo a largo plazo puede causar dolores de estómago, vómitos, diarreas, daño al hígado y los riñones [2].

### 2. METODOLOGÍA

Se determinó la concentración de Cd(II), Cu(II) y Fe(III) en 13 marcas de cerveza artesanal de mayor consumo en Quito-Ecuador, mediante voltametría de redisolución anódica de pulso diferencial (DPASV), empleando como electrodo de trabajo diamante dopado con boro (BDD). En este trabajo: i) Se realizó una caracterización del electrodo mediante microscopía electrónica de barrido y electroquímicamente; ii) se buscaron las mejores condiciones experimentales (de corriente, frecuencia pH, etc.) para la cuantificación de los metales mediante DPASV; ii) se determinó la concentración de Cd(II), Cu(II) y Fe(III) en las 13 marcas de cerveza artesanal mediante DPASV y se validó el método por comparación con medidas de absorción atómica.

### 3. RESULTADOS

La evaluación de Cd(II) reportó LD = 6,31 y LC = 21,04  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; para Cu(II) LD = 1,76 y LC = 5,87  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; para Fe(III), LD = 1,72 y LC = 5,72  $\mu\text{g L}^{-1}$ ; en la

Figura 1 se muestra la curva de calibración del Cd(II) por DPASV sobre BDD. Las concentraciones de Cd(II), Cu(II) y Fe(III) en cervezas artesanales estuvieron en los rangos de 0,0083 - 0,0910, 0,1339 - 0,4660 y 0,1250 - 0,3159  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente. La prueba t de Student, demostró que no hay diferencias significativas entre los dos métodos (DPASV y FAAS), tanto para la determinación de Cd y Cu. 5 de 13 marcas presentaron concentración de Fe(III) fuera del límite aceptable de la norma NTE INEN 2263.

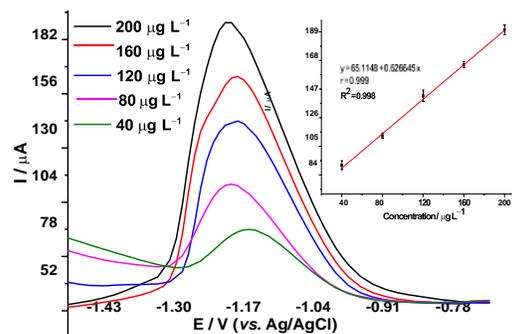


Figura 1. Curva de calibración del Cd(II) por DPASV sobre BDD

### 4. CONCLUSIONES

Se concluye que el método DPASV sobre BDD posee precisión y exactitud aceptable para la cuantificación de Cd(II), Cu(II) y Fe(III) en cerveza artesanal. Además, algunas marcas de cerveza no cumplen con los límites permitidos de metales pesados.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Murillo-Godínez, G. Hemocromatosis. *Med IntMéc.*, **35**, 896 (2019).  
[2] Feoktistova Victorava, L.; Clark Feoktistova, Y. *Medisur*, **6**, 579 (2018)

## DIVISIÓN 2.

# INGENIERÍA ELECTROQUÍMICA Y APLICACIONES TECNOLÓGICAS (IE)

## Modelado de corriente secundaria en un reactor para su aplicación como batería flujo redox de vanadio

Presentación Oral

I.N. Rodríguez Hernández, G. Orozco Gamboa, F. F. Rivera Iturbe\*

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, parque tecnológico Querétaro, s/n, Sanfandila, C.P. 76703, Pedro Escobedo, Qro.

E-mail: [irodriguez@cideteq.mx](mailto:irodriguez@cideteq.mx)

| 73

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante años la industria ha explotado las reservas fósiles para la producción de energía. Sin embargo, estas fuentes pretenden ser reemplazadas por sistemas de energía renovable, con la finalidad de disminuir los gases de efecto invernadero.

Esto es cada vez más difícil de lograr ya que muchas de ellas son intermitentes por naturaleza (solar, eólica) y no pueden ajustarse a la demanda. El almacenamiento mediante baterías electroquímicas, pueden ayudar a resolver este problema. Las baterías flujo redox (RFB, redox Flow battery) en particular pueden ser de gran utilidad en el almacenamiento de energía estacionaria a gran escala (10 kW- 10 MW), gracias a su costo, flexibilidad, profundidad de descarga, respuesta rápida y ventajas de seguridad en comparación con otras tecnologías [1].

La operación principal está basada en un sistema de oxidación/reducción, mediante un par redox soluble. Sin embargo, estos sistemas presentan algunos problemas de distribución de corriente y potencial que se encuentran relacionados con el transporte de masa, el cual puede mejorarse, haciendo cambios en la geometría la celda. En el presente, se estudiaron los cambios de densidad de corriente en la superficie electroactiva de una geometría, la cual fue diseñada vía CAD mediante simulación computacional. Haciendo una variación en el espesor del electrodo; 0.5 mm, 1 mm, 2 mm y 3 mm.

### 2. METODOLOGÍA

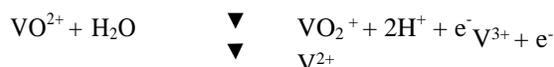
Se construyó una geometría haciendo uso de un programa CAD, de un reactor electroquímico, con un área electroactiva de 100 cm<sup>2</sup>.

Utilizando un software comercial, se resolvió la distribución de corriente secundaria, asumiendo que el sistema obedece la ley de Kirchhoff, donde se sabe que la sumatoria total de las corrientes dentro de un sistema eléctrico será igualado a cero.

La ecuación de Butler-Volmer fue aplicada para la solución de la cinética en el electrodo, durante la carga.

de la batería flujo redox de vanadio.

Carga:



### 3. RESULTADOS

Se logró observar que la densidad de corriente a lo largo del reactor electroquímico propuesto, fue homogénea

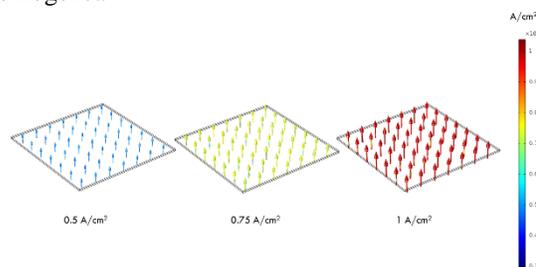


Figura 1. Comportamiento de la densidad de corriente a lo largo del reactor

### 4. CONCLUSIONES

Se tuvo un aumento en la densidad de corriente al variar el espesor del electrodo.

Dentro de la geometría propuesta la corriente fue homogénea a lo largo de la superficie electroactiva.

De las tres variaciones de espesor de electrodo el que mejor resultado mostró fue el electrodo de 3 mm de grosor, con un voltaje de 0.8 V.

### 5. REFERENCIAS

[1] P. Leung, X. Li, et al., *RCS Advances*, 2 (2012).

## Diseño e implementación de un sistema hidrodinámico rotatorio para medición de ruido electroquímico

Presentación Oral

L. M. Cando Peñaherrera\*, R. Galván Martínez, M. A. Hernandez, G. Hermida Saba, G. Delgado Reyes

Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Juan Pablo II S/N, 94294, Boca del Río, Veracruz, México.

E-mail: [zS20022549@estudiantes.uv.mx](mailto:zS20022549@estudiantes.uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno denominado corrosión ha sido a lo largo de los años uno de los inconvenientes más fuertes económicamente hablando alrededor del mundo en diferentes tipos de industrias y la industria hidrocarburífera no es la excepción; puesto que es una de las más expuestas a padecer de dicho fenómeno por las condiciones internas y externas que maneja. [1] Las técnicas electroquímicas tienen un papel crucial para ayudar al análisis y estudio para mitigar este fenómeno y su medición se logra con dispositivos de vanguardia. Un ejemplo de ello es el uso del Electrodo Cilindro Rotatorio (ECR), el cual permite llevar condiciones reales externas de régimen turbulento al laboratorio. [2] Por lo tanto, es sumamente necesario el desarrollo o rediseño de instrumentos que son de utilidad al momento de identificar y mitigar la velocidad de corrosión. En este sentido, el presente trabajo propone el diseño e implementación de un prototipo de laboratorio para medición de ruido electroquímico (EN), bajo condiciones de flujo turbulento. Además, se pretende que el prototipo pueda obtener un porcentaje de eficacia de al menos un 80% en comparación a su equivalente comercial ECR. Asimismo, este prototipo contará con una mejora en cuanto a su eficiencia como adquisición, tamaño, costo, consumo de energía y mantenimiento del mismo. Finalmente, la etapa de la validación se lleva a cabo al realizar mediciones de EN sobre muestras de acero X52 en solución de NaCl a 3,5 % de concentración comparadas entre el prototipo propuesto y el ECR comercial. [3].

### 2. METODOLOGÍA

El prototipo a desarrollar posee un diseño experimental segmentado en dos etapas; parte electrónica y parte electroquímica. La etapa electrónica, consiste en el modelado físico matemático del motor a utilizar y el acondicionamiento de la estrategia de control para la regulación de velocidad teniendo así condiciones de flujo turbulento. Por otro lado, se realiza una evaluación comparativa entre un ECR y el prototipo para validación de la medición de EN.

### 3. RESULTADOS

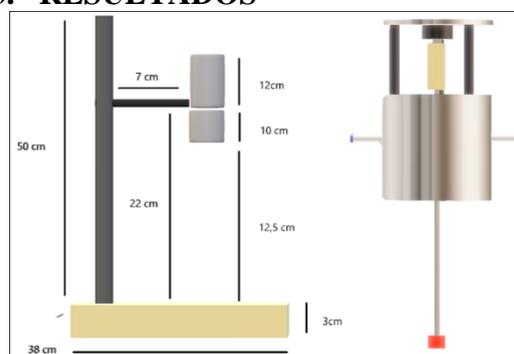


Figura 1. Caracterización de prototipo.

Se realizará la caracterización físico-mecánica del ECR, desarrollando así, la estructura prototipo; para su posterior evaluación y comparación mediante EN en función del tiempo, utilizándolo métodos estadísticos como el IL.

Tabla 1. Medición EN – Métodos Estadísticos – Índice de Localización (IL) – ECR.

Hora	0 H	6 H	12 H	24 H
IL	0,555	0,021	0,013	0,973

### 4. CONCLUSIONES

Se concluye de manera más relevante el nivel de eficacia del prototipo y su mejora en eficiencia como adquisición, tamaño, costo, consumo de energía y mantenimiento a la vez referente al ECR comercial.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. & G. J. Ávila, *Más allá de la herrumbre*, México: Fondo de Cultura económica., (1987).
- [2] E. Wright, *Rotating Cylinder Electrode (Rce) Simulation Of Corrosion In Sweet Production*, (2008).
- [3] Robert A. Cottis, *Woodhead Publishing Series in Metals and Surface Engineering*, 99 (2021).

# Modelado y caracterización de celdas de flujo redox con electrodos tridimensionales para su aplicación en sistemas de almacenamiento de energía

Presentación Oral

J. J. Rivera García\*, F. F. Rivera Iturbe

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque tecnológico Querétaro, s/n, San Fandila, Pedro Escobedo, Qro.

E-mail: [jjrg@cideteq.mx](mailto:jjrg@cideteq.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Una de las áreas de oportunidad de las baterías de flujo redox es la reducción del costo tanto el de inversión como el generación eléctrica. La caracterización de transporte de masa y distribución de potencial en los electrodos de trabajo permiten una mejor comprensión de los fenómenos involucrados en estos sistemas.

La premisa de los electrodos tridimensionales porosos sobre los electrodos de placa consiste en una mayor área superficial logrando un mayor contacto del medio electrolítico [1]. Por otro lado, los electrodos tridimensionales influyen en la canalización del flujo del medio electrolítico dentro de la celda.

Por tanto, es importante entender los efectos hidrodinámicos tanto experimentalmente como computacionalmente en una celda electroquímica de flujo (Eco-cell) mediante la comparación del transporte de masa en estas dos distintas morfologías de carbón utilizando las ecuaciones de momentum y transporte de masa en un simulador de fluidos computacional, así como las caídas de presión dentro de la misma celda.

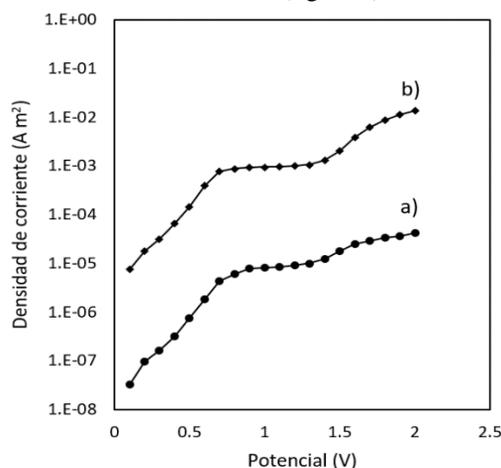
## 2. METODOLOGÍA

Los estudios se dividieron en dos casos: en un electrodo de placa de carbón y en fieltro de carbón en una celda Eco-cell. Ambas fueron sometidas experimentalmente a estudios de distribución de tiempo de residencia y corriente límite de un flujo continuo de una solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0.5 M con  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  0.015 M y  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  0.005 M por medio de galvanometría. Para las simulaciones, la hidrodinámica se resolvió mediante la ecuación de Navier-Stokes en electrodo de plata y Brinkman en electrodo poroso.

## 3. RESULTADOS

Tanto para los casos de simulación como experimentales se compararon las distribuciones de tiempos de residencia normalizada, diagnosticando cierta similitud en algunos caudales. Mediante

galvanometría, se pudo observar la diferencia corriente entre los distintos electrodos (figura 1).



**Figura 1.** Comparación de curvas experimentales de densidad de corriente en un caudal de  $120 \text{ ml min}^{-1}$  de una solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0.5 M con  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  0.015 M y  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  0.005 M en electrodo de placa de carbón (a) y electrodo de fieltro de carbón (b).

## 4. CONCLUSIONES

Las comparación entre ambas configuraciones de electrodo muestran que la estructura repercute en el transporte de masa de las especies electrolíticas con un aumento en la densidad de corriente bajo los mismos caudales (siendo este aumento no lineal, como lo predice la ley de Darcy).

## 5. REFERENCIAS

[1] L.F. Arenas, et al., *Electrochimica Acta*, **221**, 154 (2016).

## Evaluación del depósito de manganeso con 4 arreglos electroquímicos

Presentación Oral

Q. L. Reyes Morales<sup>1</sup>, V. E. Reyes Cruz<sup>1\*</sup>, A. Trujillo Estrada<sup>2</sup>, J. A. Cobos Murcia<sup>1</sup>, M. Pérez Labra<sup>1</sup>, G. Urbano Reyes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Carr. Pachuca-Tulancingo km 4.5 s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Depto. de Cátedras, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito constructor, Deleg. Benito Juárez, Ciudad de México, CP. 03940, México.

E-mail: [reyescruz16@yahoo.com](mailto:reyescruz16@yahoo.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

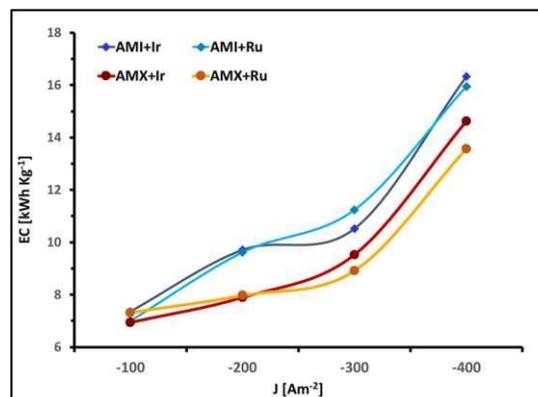
En los últimos años se ha implementado el uso de membranas de intercambio aniónico (AEM) para mejorar la eficiencia del proceso de electrowinning del manganeso al contener los iones  $Mn^{2+}$  en el lado catódico de manera eficaz; sin embargo, no se ha evaluado apropiadamente el efecto de membranas aniónicas con propiedades diferentes apropiadamente [1]. Es por ello que en el presente trabajo se evaluó el efecto que dos membranas aniónicas diferentes (AMI 7001s y Neosepta AMX) y dos ánodos modificados diferentes ( $Ti|RuO_2$  y  $Ti|IrO_2$ ) tienen sobre las figuras de mérito como eficiencia de corriente, rendimiento espacio tiempo y consumo energético del proceso de depósito de manganeso en un reactor de dos compartimentos.

### 2. METODOLOGÍA

Las evaluaciones electroquímicas se realizaron por medio de cronopotenciométricas de 120 minutos imponiendo -100, -200, -300 y -400  $Am^{-2}$ , utilizando un arreglo electroquímico de dos compartimentos separados por las membranas Neosepta AMX y AMI 7001s, así como ánodos modificados con  $RuO_2$  o  $IrO_2$ .

### 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra el consumo energético del manganeso recuperado a los -100, -200, -300 y -400  $Am^{-2}$  con los sistemas AMX+Ru, AMX+Ir, AMI+Ru y AMI+Ir. Se observa que el consumo energético por kg de manganeso recuperado incrementa en función del de la densidad de corriente impuesta.



**Figura 1.-** Consumo energético del reactor a escala de banco al utilizar AMI y AMX con los DSA de  $Ti|IrO_2$  y  $Ti|RuO_2$ .

También es evidente que el tipo de membrana utilizada tiene un efecto más significativo que la naturaleza del DSA utilizado. Esto concuerda con los resultados obtenidos para la eficiencia de corriente y rendimiento espacio-tiempo del sistema.

### 4. CONCLUSIONES

Al analizar el conjunto de figuras de mérito obtenidas se demostró que el depósito de manganeso se realiza de una manera más eficiente al imponer -300  $Am^{-2}$  y utilizando la membrana AMX en conjunto con el DSA de  $Ti|IrO_2$ .

### 5. REFERENCIAS

[1] Q. Wei, et. al., *Minerals Engineering*, **23**, 578 (2010).

## Efecto del pH y concentración del anolito en el depósito de Mn

### Presentación Oral

A. Trujillo Estrada<sup>2</sup>, V. E. Reyes Cruz<sup>1\*</sup>, J. A. Cobos Murcia<sup>1</sup>, G. Urbano Reyes<sup>1</sup>, J. C. Juárez Tapia<sup>1</sup>, Q. L. Reyes Morales<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Carr. Pachuca-Tulancingo km 4.5 s/n, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Depto. de Cátedras, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito constructor, Deleg. Benito Juárez, Ciudad de México, CP. 03940, México.

\*E-mail Responsable de la investigación: [reyescruz16@yahoo.com](mailto:reyescruz16@yahoo.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

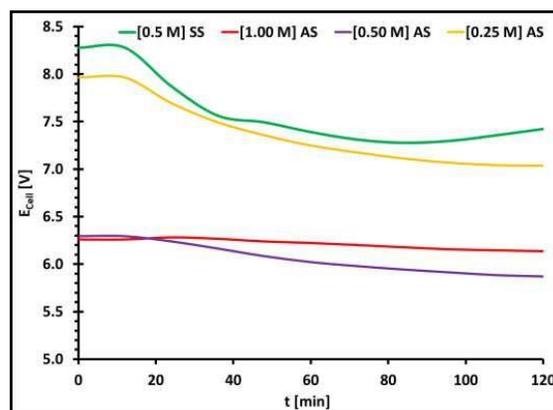
Para asegurar la pureza del Manganese Metálico Electrolítico se requiere de sistemas electroquímicos de compartimentos separados. La mayoría de investigaciones relacionadas con este tema se han centrado en determinar las condiciones óptimas de la solución catolítica para la recuperación de Mn, mientras que los componentes del lado anódico han sido poco estudiados. Si bien lo común es utilizar como anolito una solución 0.5 M de un ácido que comparta aniones con la sal de Mn del catolito, no se han realizado investigaciones que indaguen en el efecto de anolitos sobre el proceso de depósito de Mn. Es por ello que en el presente trabajo se analizó el efecto de soluciones anolíticas de ácido sulfúrico de diferentes concentraciones, así como sulfato de sodio sobre el proceso de depósito de manganese.

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizó un reactor electroquímico de compartimentos separados con un cátodo de titanio, una membrana aniónica AMI 7001s, así como un ánodo modificado con RuO<sub>2</sub>. Como anolitos se utilizaron soluciones de ácido sulfúrico (AS) 0.25, 0.5 y 1 M (pH 0), así como sulfato de sodio (SS) 0.5 M (pH 7), sobre el proceso de depósito de manganese.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el potencial de celda alcanzado por el sistema con cada uno de los anolitos utilizados. Se observa que los potenciales alcanzados al utilizar las soluciones de 0.25 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y de sulfato de sodio son bastante cercanos entre sí y son superiores a los alcanzados con las soluciones de 1 y 0.5 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



**Figura 1.-** Transitorios galvanostáticos obtenidos con las soluciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (AS) y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (SS).

La eficiencia de corriente y rendimiento espacio tiempo obtenidas con cada solución señalan que el mejor desempeño se obtiene con el anolito SS y 0.25 AS; sin embargo, con la solución de sulfato de sodio se observa una contaminación importante demanganese del lado anódico (evidenciada por la formación de permanganato de sodio).

### 4. CONCLUSIONES

Se evidenció que las características del anolito utilizado son capaces de modificar el desempeño del proceso de recuperación de manganese. Soluciones con un pH neutro mostraron la capacidad de optimizar el proceso de depósito de manganese, sin embargo, se observó una menor selectividad por parte de la membrana.

### 5. REFERENCIAS

[1] J. Lu, et al., *Hydrometallurgy*, **141**, 105 (2013).

## Evaluación electroquímica y mecánica a mezclas de concreto modificado

### Presentación Oral

M.A. Luna Jiménez\*, A. C. Espíndola Flores, E. Onofre Bustamante

Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Altamira.

E-mail: [michelle\\_k\\_eka@hotmail.com](mailto:michelle_k_eka@hotmail.com)

| 78

### 1. INTRODUCCIÓN

El Polietileno tereftalato (PET) representa una tercera parte de los residuos sólidos urbanos (RSU) en México, alrededor de 722 mil toneladas en 2017, de las cuales solo se reciclan el 20%.

La sobre explotación de materiales tales como la arena y la grava manifiestan, un problema de dimensiones incalculables, estos materiales representan entre el 70% y el 80% de los materiales de extracción, el único recurso más explotado que la arena y la grava es el agua.

Derivado de las características que el PET posee, como su alta resistencia y su larga vida (cientos de años para que su degradación ocurra) este tipo de material puede ser utilizado en la industria de la construcción. En este sentido se propone en el presente proyecto, el uso de PET reciclado para ser incorporado a una mezcla de concreto en diferentes proporciones para sustituir al agregado fino (arena).

### 2. METODOLOGÍA

Se inicia con la recolección de PET y limpieza. Se procede con la molienda del material, hasta obtener partículas de tamaño similar al del agregado fino, de entre 0.15 y 4.7 mm.

Se realiza el diseño de mezcla de acuerdo a la cantidad de arena a sustituir.

En un primer proceso se elaboran probetas cilíndricas y se evalúan a distintos tiempos de curado de 7, 14 y 28 días, y se realiza la caracterización mecánica mediante pruebas de resistencia a la compresión.

En el segundo proceso se elaboran probetas rectangulares para simular un pilote de puente incorporando varillas de acero de refuerzo como electrodo de trabajo y varillas de acero inoxidable como contraelectrodos, serán expuestas a medios agresivos, arena de playa, agua de mar y atmósfera en tiempos de 3, 5, 7 y 9 meses.

Estas probetas rectangulares serán caracterizadas electroquímicamente mediante mediciones de potencial a circuito abierto, resistencia a la polarización, espectroscopía de impedancia electroquímica y curva de polarización.

### 3. RESULTADOS

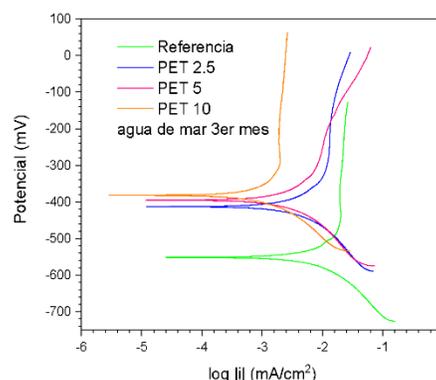


Figura 1. Curvas de extrapolación de Tafel, probetas evaluadas a 3 meses de elaboración expuestas a agua de mar

### 4. CONCLUSIONES

Mediante las diferentes técnicas electroquímicas se observó que en función del tiempo el potencial se desplaza hacia valores más positivos, lo que favorece la presencia de la capa pasiva de óxidos que protegen al acero de refuerzo. Por medio de las curvas de extrapolación de Tafel fue posible observar el comportamiento general de las mezclas expuestas a los distintos ambientes, determinando que, todas ellas presentan un control óhmico y por tanto menor velocidad de corrosión.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Norma ACI 211.1 “Práctica estándar para seleccionar proporciones para hormigón pesado normal y en masa”
- [2] J. Ren, et al., *Cement and Concrete Composites*, 114, 103776 (2020).

# Estudio electroquímico de los pares redox de cobre en medio aprótico para su aplicación en una batería de flujo redox

## Presentación Oral

A. Cruz Zabalegui\*, F. F. Rivera Iturbe, R. Antaño López

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica Parque Tecnológico Querétaro, s/n, Sanfandila, C.P. 76703, Pedro Escobedo, Qro.

E-mail: [azabalegui@cideteq.mx](mailto:azabalegui@cideteq.mx).

| 79

## 1. INTRODUCCIÓN

El impacto ambiental ocasionado por la explotación de recursos no renovables y la creciente demanda de energía ha desarrollado un fuerte interés por los sistemas de generación de energía a partir de recursos renovables [1] mismos que requieren de sistemas capaces de almacenarla antes de ser suministradas a la red eléctrica o para un fin específico [2]. Estudios recientes han demostrado que las baterías de flujo redox (RFB's) han alcanzado eficiencias de operación muy competitivas respecto a las baterías de litio [3]. En este trabajo, se propone una RFB de cobre utilizando un medio aprótico y complejos de formación, además se simulan las condiciones de operación de la batería para conocer la distribución de corriente y masa en el sistema.

## 2. METODOLOGÍA

El estudio experimental se divide en 3 etapas, en primera instancia I) se realizó el estudio de reversibilidad de los pares redox de cobre en medio acuoso y aprótico mediante técnicas de voltamperometría cíclica, utilizando una celda de 3 electrodos, con grafito como electrodo de trabajo y auxiliar, y como referencia un alambre de plata, además, se realizó el seguimiento del espectro UV-Visible durante las reducciones, posteriormente, II) se simuló la dinámica de fluidos y transporte de masa de los canales de flujo de la celda con ayuda del Software Comsol Multiphysics para dar lugar a III) las pruebas de carga y descarga de la batería.

## 3. RESULTADOS

La figura 1 muestra los estudios de reversibilidad del  $\text{CuNO}_3$  en medio aprótico. Los picos identificados como  $I_a$ ,  $I_c$  describen el par redox de la especie  $\text{Cu}^{(II)}/\text{Cu}^{(I)}$ , mientras que  $II_a$ ,  $II_c$  identifican el par  $\text{Cu}^{(I)}/\text{Cu}^{(0)}$ . Se observan los potenciales de sobrecruzamiento, característicos del proceso de nucleación del cobre sobre la superficie de carbón. Es

importante que este tipo de respuesta se obtenga en estos sistemas, ya que las RFB almacenan energía mediante un cambio en el estado de oxidación de las especies. La ventana de potencial (referenciada al par Ferricinio/Ferroceno) es mayor respecto a las especies en medio acuoso lo que en principio indica mayores potenciales de celda debido a que los potenciales de pico de los pares se encuentran más alejados respecto a medio acuoso.

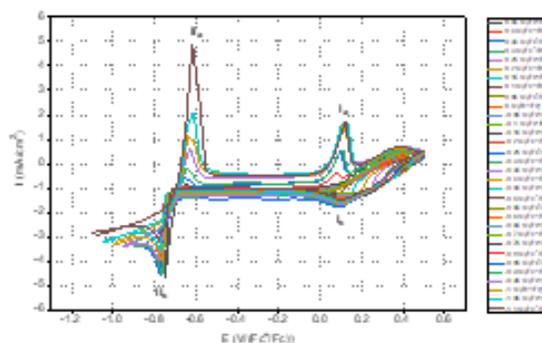


Figura 1. a) Voltamperogramas de  $\text{CuNO}_3$  en MeCN y TBAPF<sub>6</sub>.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados de la respuesta electroquímica del cobre en medio aprótico, el estudio de simulación y las pruebas de carga y descarga de la batería de flujo redox utilizando una membrana de intercambio, demostraron valores de potencial y densidades de corriente bastante competitivos respecto a otros sistemas y tecnologías.

## 5. REFERENCIAS

- [1] U. C. Castillo, boletín IIE (1999).
- [2] Committee for the National Academies, *America's Energy Future*, (2008).
- [3] G.L. Soloveichik, *Chem. Rev.* **115**, 11533 (2015).

## Recuperación de litio mediante un sistema de electrodiálisis

### Presentación Oral

E. T. Jasso Olmedo, G. Vázquez Rodríguez, J. C. Baltazar Vera, M. Caudillo González, L. G. Alvarado Montalvo\*

División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato

E-mail: [lucia.alvarado@ugto.mx](mailto:lucia.alvarado@ugto.mx)

| 80

### 1. INTRODUCCIÓN

El litio es un elemento sumamente importante debido a su amplio uso en baterías, sin embargo, se ha estimado que su producción podría no ser satisfecha dada su creciente demanda. La fuente principal de litio, hasta la fecha, es el agua: ya sea el propio océano o bien algunos lagos, estimándose que la presencia de este en el océano, es de alrededor 20MTon [1,2]. Comúnmente, la vía principal para la recuperación de este elemento es el método de evaporación (sales), siendo un proceso que demora meses para llevarse a cabo. En el presente trabajo se estudia la posibilidad de concentrar al Litio de una solución sintética mediante el uso de la Electrodiálisis, ED, y evaluar hasta qué concentración es posible obtenerlo en relación al consumo de energía que ha de utilizarse, considerando asimismo la presencia de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  [3].

### 2. METODOLOGÍA

Se prepararon soluciones sintéticas de 10 ppm de litio, a distintos volúmenes de diluido y concentrado, tanto solo de litio como con presencia de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , se determinó su intensidad de corriente límite y se realizó la Electrodiálisis hasta recuperar completamente el litio de la solución original. Se realizaron monitoreos del pH,  $\kappa$  y  $[\text{Li}^+]$  durante todo el proceso, finalmente se realizaron cálculos del consumo de energía.

### 3. RESULTADOS

En un lapso de 26 horas de trabajo en el sistema de ED, se alcanzó una concentración final de 47.49 ppm, esta concentración fue casi 5 veces mayor a la inicial debido a que el volumen en el diluido es mucho mayor que el concentrado para los experimentos realizados, Figura 1.

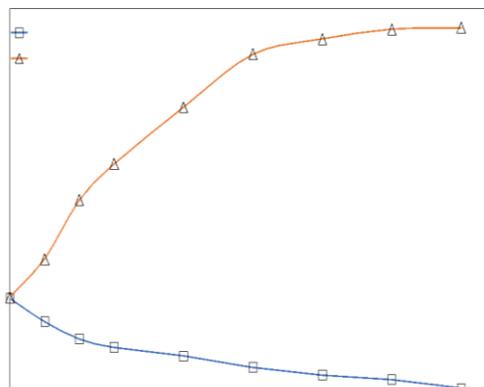


Figura 1. Cinética de separación de litio mediante ED

### 4. CONCLUSIONES

En conclusión la recuperación de litio es posible mediante electrodiálisis, sin embargo, se debe de cuidar el pH de la solución para evitar precipitaciones de calcio y magnesio, por otro lado hay que trabajar en buscar mecanismos para eficientar el consumo de energía, principalmente cuando el proceso llega a concentraciones debajo de 3 ppm.

### 5. REFERENCIAS

- [1] H. Vikström, et al., *Applied Energy*, **110**, 252 (2013).
- [2] J. Sterba, et al., *Resource Policy*, **62**, 416 (2019).
- [3] Y. Mei, C. Tang, *Desalination*, **425**, 156, (2018).

## Desarrollo de un modelo matemático para simular la degradación de un contaminante mediante un proceso tipo UV/Electro-Fenton basado en la generación de cloro activo

Presentación **Póster**

T. Pérez<sup>1\*</sup>, A. D. Villalobos Lara<sup>2</sup>, M. Pacheco Álvarez<sup>3</sup>, S. García Segura<sup>4</sup>, J. M. Peralta Hernández<sup>3</sup>, A. R. Uribe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Depto. de Ing. Química, Universidad de Guanajuato, C.P 36050, Guanajuato, Gto., México.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de León, C.P. 37670, León, Guanajuato, México.

<sup>3</sup>Depto. de Química, Universidad de Guanajuato, C.P 36040, Guanajuato, Gto, México.

<sup>4</sup>School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University, AZ 85287-3005, United States.

E-mail: [t.perezsegura@ugto.mx](mailto:t.perezsegura@ugto.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

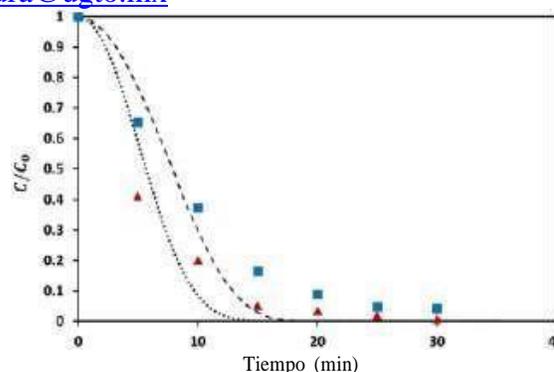
Los procesos impulsados por la electroquímica son una solución competitiva y emergente para los problemas actuales de contaminación [1]. Cuando se considera escalar este tipo de procesos de manera precisa, es necesario desarrollar modelos que predicen el comportamiento para aplicaciones reales. Este trabajo define los pasos fundamentales de la ingeniería de reactores electroquímicos y establece una guía para el modelado de procesos tipo UV/Electro-Fenton.

### 2. METODOLOGÍA

Se empleó una celda tipo filtro prensa de placas paralelas para desarrollar el proceso tipo UV/Electro-Fenton en donde se genera in situ especies de cloro activo. La ecuación de difusión-convección turbulenta fue resuelta para la transferencia de masa, considerando por primera vez un modelo cinético simplificado en modo por lotes con recirculación para remover un contaminante modelo. La distribución de corriente terciaria fue resuelta simultáneamente para simular la electrogeneración de HClO.

### 3. RESULTADOS

El análisis teórico evidencia una distribución de corriente quasi-uniforme en el electrodo de trabajo, un consumo continuo de cloruro, y una producción sostenida de HClO para un tratamiento efectivo a escalas más grandes. Comparaciones entre los datos numéricos y los resultados experimentales evidencian una buena predicción.



**Figura 1.** Comparaciones entre los resultados teóricos y los resultados experimentales para  $50 \text{ mA cm}^{-2}$  (numérico----,experimental■) y  $100 \text{ mA cm}^{-2}$  (numérico....., experimental▲) [2].

### 4. CONCLUSIONES

Se simuló por primera vez el decaimiento de un contaminante modelo mediante un proceso tipo UV/Electro-Fenton que contempla de manera simultánea la hidrodinámica, la transferencia de masa, la distribución de corriente y las cinéticas de oxidación, por lo que establece los primeros pasos para modelar y escalar procesos indirectos de electrooxidación avanzada y para el diseño de reactores electroquímicos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] B.P., Chaplin, *Accounts of Chemical Research*, **52**, 596 (2019).  
[2] A. D. Villalobos-Lara, et al., *Chemical Engineering Research and Design*, **183**, 263 (2022).

# Modelamiento y optimización del grado de mezclado en reactores electroquímicos para el tratamiento de aguas residuales mediante oxidación electroquímica mediada

Presentación Póster

B. Miranda-Alcántara<sup>1\*</sup>, J. Vázquez Arenas<sup>2</sup>, F. Rivera-Iturbe.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

<sup>2</sup>Centro Mexicano para la Producción más Limpia, Instituto Politécnico Nacional.

E-mail: [bmiranda@cideteq.mx](mailto:bmiranda@cideteq.mx)

| 82

## 1. INTRODUCCIÓN

La degradación de compuestos orgánicos recalcitrantes mediante especies cloradas es una tecnología factible [1, 2, 3]. Sin embargo, lograr un sistema de tratamiento altamente eficiente requiere el desarrollo de un diseño de reactor bien fundamentado, que incremente las eficiencias de corriente mientras disminuyan los consumos energéticos. El modelado y la simulación pueden proporcionar una descripción de las complejas interrelaciones de los fenómenos dentro del reactor. En este sentido, es importante comprender el efecto del flujo y el patrón de flujo en el transporte de masa de las especies actuales y su relación con la corriente y el potencial. Por lo tanto, en el presente trabajo se plantea el estudio, modelamiento y optimización mediante un diseño de Box-Behnken de reactores electroquímicos partiendo de la geometría del reactor FM01-LC para la generación de especies cloradas.

## 2. METODOLOGÍA

El reactor FM01-LC se utilizó como base para la geometría computacional, partiendo de la geometría que considera B=4 cm, L=16 cm y S=1 cm, aumentando y disminuyendo un 25% en cada uno de los ejes. Se utilizó un entorno de software del método de elementos finitos (FEM) para realizar simulaciones en 3D del campo de velocidad, difusión del trazador, transporte de masa y distribución de corriente.

## 3. RESULTADOS

En este estudio, tres variables independientes fueron optimizadas, el ancho, largo y espesor de celda. El análisis del modelo BB se aplicó para determinar la configuración óptima de celda para obtener valores altos con respecto al tiempo de contacto y el coeficiente de transferencia de masa. Los valores óptimos de celda para trabajar a un flujo de 1 L/min y 5 L/min (configuración 1 y 2 respectivamente) se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Geometrías optimizadas por el método de BB.

Ancho (cm)	Largo (cm)	Espesor (cm)	Configuración
3	18.6263	0.75	1
3	15.7172	0.947	2

## 4. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo el modelamiento y optimización de reactores electroquímicos mediante un diseño de experimentos de Box-Behnken lo cual permitió obtener una configuración de celda óptima (con dimensiones x, y, z) para la producción de cloro activo, partiendo de las dimensiones del conocido reactor FM01-LC para llevar a cabo la generación de especies cloradas de forma eficiente.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. García-Segura, J. D. Ocon, and M. N. Chong, *Process Saf. Environ. Prot.*, **113**, 48 (2018).
- [2] C. A. Martínez-Huitle and S. Ferro, *Chem. Soc. Rev.*, **35**, 1324 (2006).
- [3] F. A. Rodríguez, M. N. Mateo, J. M. Aceves, E. P. Rivero, and I. González, *Environ. Technol. (United Kingdom)*, **34**, 573 (2013).

# Caracterización de un desincrustante a base de ácidos orgánicos y su efecto en la corrosión de tuberías de acero

## Presentación Póster

I. L. Calderón Anaya<sup>2</sup>, Abdul Malik, A. G. González Gutiérrez<sup>1</sup>, N. Casillas Santana<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal., México

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jal., México

E-mail: [calderonianleo@gmail.com](mailto:calderonianleo@gmail.com)

| 83

## 1. INTRODUCCIÓN

Las incrustaciones calcáreas en tuberías de intercambiadores de calor y torres de enfriamiento son problemas recurrentes en la industria, que provoca caídas de presión elevadas, reducción del caudal y coeficientes de transferencia de calor bajos. Los compuestos presentes en las incrustaciones pueden ser carbonatos de calcio y magnesio, aluminio silicatos, sales de calcio y magnesio, hidroxiapatita, sulfatos y fosfatos, e incrustaciones de óxidos de hierro [1]. Por otra parte, la base de los desincrustantes tradicionales son ácidos minerales fuertes, tales como HCl, HF y ácidos orgánicos como el sulfámico que resultan ser agresivos en contra de las tuberías y demandan del uso de inhibidores de corrosión.

En este trabajo se presenta un estudio electroquímico de tuberías con incrustaciones calcáreas expuestas a un desincrustante a base de ácidos orgánicos a diferentes concentraciones.

## 2. METODOLOGÍA

La solución desincrustante se preparó con una mezcla de ácido cítrico, ácido fosfórico, ácido acético y 1 mM de EDTA. Como inhibidor se usó un líquido iónico. Las pruebas electroquímicas se realizaron en una celda de tres electrodos usando una tubería incrustada como electrodo de trabajo, un contraelectrodo de platino, y un electrodo de calomel saturado (SCE) como referencia. Los datos obtenidos del OCP y pH se emplearon para simular los equilibrios químicos de las especies involucradas empleando el software MEDUSA. Los estudios de corrosión del desincrustante se llevaron a cabo con mediciones de impedancia electroquímica y curvas de polarización.

## 3. RESULTADOS

Los valores de OCPs de la Tabla 1 y la evolución del pH en la solución durante el proceso de desincrustación, permitieron el desarrollo de los diagramas de especiación presentados en la Figura 1.

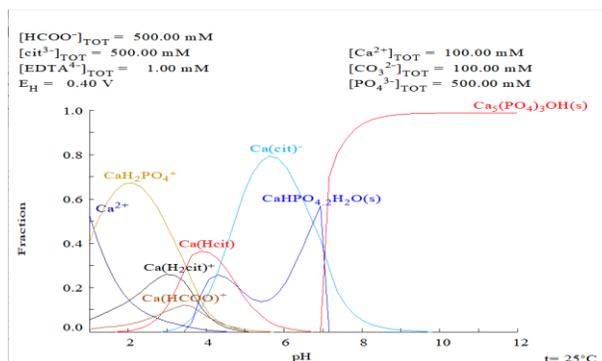


Figura 1. Diagrama de especiación del  $\text{CaCO}_3$ .

Tabla 1. Valores del potencial y pH en distintas concentraciones de la solución desincrustante.

[C]	$E_{\text{inicial}}$	$\text{pH}_{\text{inicial}}$	Adición de $\text{CaCO}_3$ →	$E_{\text{final}}$	$\text{pH}_{\text{final}}$
0.1 M	0.38	1.47		0.32	2.74
0.2 M	0.38	2.12		0.3	3.002
0.5M	0.47	1.88		0.4	2.436

## 4. CONCLUSIONES

La solución desincrustante mostró ser efectiva para la disolución del  $\text{CaCO}_3$ , además de ser menos corrosiva que los desincrustantes tradicionales.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. Mac Adam, P. Jarvis, *Mineral Scales and Deposits Scientific and Technological Approaches*, Elsevier, Amsterdam (2015).
- [2] H. Zahlan, et al., *Materials*, **12**, 3800 (2019).

## Comportamiento electroquímico del par $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ empleando una celda electroquímica de bajo volumen impresa en 3D

Presentación **Póster**

G. M. Ramos Reyes<sup>1</sup>, S. Corona Avendaño<sup>1\*</sup>, M.T. Ramírez Silva<sup>2</sup>,  
M. E. Palomar Pardavé<sup>1</sup>, M. A. Romero Romo<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana–Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Área de Ingeniería Materiales. C.P. 02200, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, México, D.F., C.P. 09340.

E-mail: [scav@azc.uam.mx](mailto:scav@azc.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El uso de sensores que emplean arreglos de electrodos de tipo *screen printed* se ha vuelto una práctica popular para el sensado de moléculas de interés biológico, ya que su obtención, en la mayoría de los casos, se encuentra acompañada de un volumen de muestra pequeño [1]. Estos electrodos, cuentan con la desventaja de que son dispositivos de un solo uso, lo cual encarece el costo de investigación y limitando en ocasiones el avance de proyectos de investigación, debido a la cantidad limitada de electrodos que es posible adquirir dado el costo asociado que depende de los materiales que requiera el arreglo de electrodos. Esta problemática, ha favorecido la creación de alternativas que posean la misma función, pero construidos con materiales que impliquen una reducción sustancial del costo asociado e incluso con la capacidad para utilizarse más de una vez. En este trabajo, se aborda el comportamiento del par redox  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ , empleando una celda electroquímica de bajo volumen impresa en 3D.

### 2. METODOLOGÍA

El modelado de la celda electroquímica se realizó mediante el software Adobe Fusion 360, mientras que su impresión se realizó en una impresora Artillery X1, empleando ácido poliláctico como material de formado. El arreglo de electrodos, se construyó a partir de tintas conductoras comerciales y pasta de carbono preparada en el laboratorio [2]. Las mediciones electroquímicas con la reacción modelo fueron realizadas empleando una solución de ferricianuro de potasio, con un electrolito soporte de cloruro de potasio 3 M.

### 3. RESULTADOS

El modelado de la celda electroquímica se llevó a cabo elaborando piezas con medidas milimétricas para una mayor precisión entre las piezas que la conforman, tomando en consideración la compresión del polímero durante el proceso de termoformado. Una vez impreso el modelo, se llevó a cabo un proceso de refinado de las piezas por medio de limado y pulido. Las tintas conductoras de plata y carbono fueron dispuestas para formar el electrodo de cuasirreferencia y el contraelectrodo, mientras que el electrodo de trabajo fue construido mediante la metodología descrita por Martínez y col. Las mediciones electroquímicas realizadas con la reacción modelo indican concordancia con el mecanismo de transporte de masa de tipo difusivo reportado en la literatura.

### 4. CONCLUSIONES

La celda electroquímica impresa en 3D, resultó ser una alternativa conveniente para realizar mediciones electroquímicas dentro del intervalo de potencial de la reacción modelo  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ , mostrando consistencia con lo presentado en otros trabajos reportados con electrodos de pasta de carbono.

### 5. REFERENCIAS

- [1] O.D. Renedo, M.A. Alonso-Lomillo, M.J.A. Martínez, *Talanta*, **73**, 202 (2007).
- [2] R. Martínez, M.T. Ramírez, I. González, *Electroanalysis*, **10**, 336 (1998)

## Seguimiento del proceso de carbonatación en concreto real alcalinizado

### Presentación Póster

J. de los A. Paat Estrella\*<sup>1,2</sup>, Tania del C. Torrez Pérez<sup>2</sup>, Tatiana del C. Torrez Pérez<sup>2</sup>, E. E. Maldonado Bandala<sup>3</sup>, T. Pérez López<sup>2</sup>, D. Nieves Mendoza<sup>3</sup>

1 Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana, Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México.

2 Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar S/N entre Calle 20 y Juan de la Barrera. Col. Buenavista. CP 24039.

3 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México.

E-mail: [S17000377@uv.mx](mailto:S17000377@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La carbonatación del concreto es un proceso natural en el cual el CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, principalmente en áreas urbanas, reacciona con los compuestos alcalinos presentes en el concreto [1]. La realcalinización electroquímica (RAE) es considerada como un método alternativo no destructivo cuya aplicación va de unos días o algunas semanas, basándose en la aplicación de un campo eléctrico, devolviéndole la alcalinidad al concreto [2,3]. Sin embargo, la efectividad de esta técnica como técnica de rehabilitación es cuestionada, debido a que la estructura no regresa a su estado inicial, por lo que el objetivo del presente estudio está basado en aplicar esta técnica a tres intensidades de corriente diferentes de forma preventiva demostrando que sus efectos son temporales.

### 2. METODOLOGÍA

Se elaboraron muestras de concreto reforzado, sometándose a una carbonatación acelerada. Posteriormente se seleccionaron 9 vigas que se sometieron a RAE, las cuales se cubrieron con una malla de acero galvanizado y se sumergieron en una solución de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, aplicándose una corriente eléctrica de 1 A/m<sup>2</sup>, 2 A/m<sup>2</sup> y 4 A/m<sup>2</sup>, correspondientes a los criterios establecidos en las normas NMX-C.553-ONNCC-2018, UNE-EN-1504 y NACE SP0107-2007, respectivamente.

Se le dió seguimiento al concreto realcalinizado con mediciones de pH y E<sub>corr</sub> hasta completar un periodo de 30 meses.

### 3. RESULTADOS

En los resultados de pH obtenidos en las tres intensidades de corriente utilizadas (Figura 1) los

valores más altos se presentaron a mayor profundidad del concreto (zona cercana al acero de refuerzo), mientras que zona superficial presentó valores más bajos, lo que confirma una mayor carbonatación en la región más expuesta.

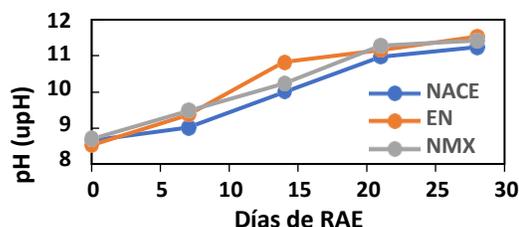


Figura 1. Valores de pH durante los 28 días del tratamiento de realcalinización electroquímica.

### 4. CONCLUSIONES

El incremento de pH junto con el incremento en el contenido de álcali en la interfaz acero-hormigón apoyarían las condiciones que promueven la estabilidad de la capa pasiva de acero. Sin embargo, la recarbonatación en el concreto después de 28 días de RAE ocurre en menor tiempo, presentando valores de pH inferiores a 9, independientemente de la intensidad de corriente utilizada en la realcalinización electroquímica.

### 5. REFERENCIAS

- [1] W. Yeih, J.J. Chang, *Constr Build Mater.* **19**, 516 (2015).
- [2] A.M. Aguirre-Guerrero, R.M de Gutiérrez, on *Construction and Building Materials*, **193**, 518 (2018).
- [3] P.H.L.C. Ribeiro, et al., Perazzo, *Elsevier. Construction and Building Materials*, **40**, 280 (2013).

## Comportamiento electroquímico de la hidrocortisona empleando un arreglo de electrodos serigrafiados dispuestos en un soporte impreso en 3D

### Presentación Póster

P. C. Sánchez Becerra<sup>1</sup>, G. M. Ramos Reyes<sup>1</sup>, M.T. Ramírez Silva<sup>2</sup>,  
M. E. Palomar Pardavé<sup>1</sup>, M. A. Romero Romo<sup>1</sup>, S. Corona Avendaño<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana–Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Área de Ingeniería Materiales. C.P. 02200, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, México, D.F., C.P. 09340.

E-mail: [scav@azc.uam.mx](mailto:scav@azc.uam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La hidrocortisona, HC, es una hormona glucocorticoide que cuenta con una alta relevancia biológica debido a que ayuda al cuerpo humano otorgándole la capacidad para funcionar de manera asertiva ante situaciones estresantes, razón por la cual es un potencial marcador biológico del estrés [1]. Para realizar el sensado de este tipo de moléculas, se ha vuelto una práctica común el empleo de electrodos serigrafiados de tipo comercial, debido al reducido espacio que puede ocupar esta disposición, sin embargo, estos cuentan con desventajas, pues son de uso único y tienen además un costo de construcción variable que depende de la personalización de los materiales empleados como electrodos. Una alternativa al uso de estos dispositivos se encuentra en el desarrollo intralaboratorio de electrodos serigrafiados, a partir de materiales de fácil adquisición, así como con menor costo asociado [2]. En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos a partir del modelado e impresión 3D de un soporte para el arreglo de tres electrodos de una celda electroquímica, así como la comparación entre las señales obtenidas por ésta y las de una celda convencional.

## 2. METODOLOGÍA

Para las soluciones de trabajo se emplearon como componentes clorhidrato de HC, cloruro de sodio 0.1 M, SDS 2 mM, así como agua obtenida mediante un desionizador Milli-Q (18.2 MΩ·cm). Las mediciones electroquímicas son efectuadas a través de voltamperometría cíclica, empleando un arreglo de tres electrodos, con un electrodo de cuasireferencia de Ag, un contraelectrodo de grafito y un electrodo de trabajo de pasta de carbono [3] conectados a un potenciostato Epsilon BASi.

## 3. RESULTADOS

La señal electroquímica de la hidrocortisona obtenida mediante el soporte con tintas conductoras presenta potenciales de reducción y oxidación similares a los obtenidos mediante la celda convencional de tres electrodos, sin embargo, los procesos redox obtenidos mediante este dispositivo propuesto cuentan con mejor resolución, así como una corriente de respuesta significativamente mayor, sin que el mecanismo de transporte de masa se vea afectado, por lo que la determinación de HC en este tipo de dispositivos podría verse favorecida.

## 4. CONCLUSIONES

El soporte impreso en 3D, así como las tintas conductoras utilizadas como elemento conductor tienen un comportamiento idóneo para la medición de la señal electroquímica de la hidrocortisona. Los resultados obtenidos, concuerdan además con lo observado previamente a través de celdas electroquímicas convencionales.

## 5. REFERENCIAS

- [1] I.E. Widmer, et al., *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, **90**, 4579 (2005).
- [2] G. Ibáñez-Redín, et al., *Journal of Colloid and Interface Science*, **515**, 101 (2018).
- [3] R. Martínez, et al., *Electroanalysis*, **10**, 336 (1998).

## Evaluación de la degradación de membranas de intercambio iónico en un sistema de electrodiálisis

Presentación Póster

R. Rojas Barragán<sup>1</sup>, O. Castillo Araiza<sup>1</sup>, I. González Martínez<sup>2</sup>, G. Ramos Sánchez<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana. Av. San Rafael Atlixco No. 186, C.P. 09310, Ciudad de México. Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica.,

<sup>2</sup>Departamento de Química.

E-mail: [roro0929@xanum.uam.mx](mailto:roro0929@xanum.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El proceso de electrodiálisis ha sido ampliamente utilizado para la desalinización de agua de mar y más recientemente para la limpieza de aguas salobres [1]. El efecto de la operación en regímenes de corriente sobre limitada en electrodiálisis en la pérdida en vida útil de membranas de intercambio iónico debido a fenómenos que ocurren en las interfases electrodo/electrolito y electrolito/membrana es un tema importante para mejorar la durabilidad de los sistemas de electrodiálisis. Estos fenómenos interfaciales provocan severos cambios tanto en el pH como en la temperatura local que aun no han sido explicados en su totalidad. Para poder conocer los efectos del pH [2] y la temperatura [3] se estudiaron dos tipos de membranas comerciales *Nafion 117* y *Neosepta*, fuera de un sistema de electrodiálisis (exsitu) donde se evaluaron las propiedades de conductividad (k), capacidad de intercambio iónico (C.I.I.) y absorción de agua (% W).

### 2. METODOLOGÍA

La propiedad de (k) fue medida a partir de una celda de 4 electrodos utilizando la técnica de impedancia electroquímica. La C.I.I. se midió por métodos potenciométricos. El %W se calculó siguiendo una metodología de secado de membranas.

### 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra los espectros de Nyquist que a su vez representan los cambios en la resistencia de la membrana catiónica y otros procesos interfaciales en función del tiempo cuando ha sido atacada con pH ácido.

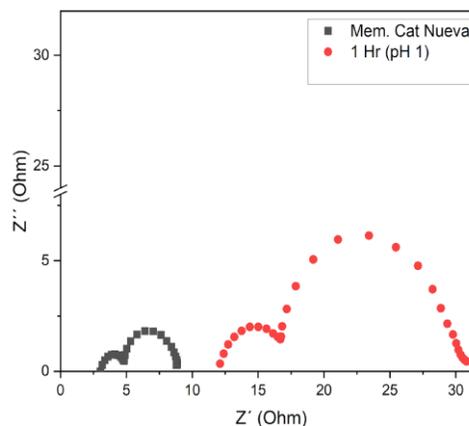


Figura 1. Espectros de Nyquist de membrana Nafion 177 atacada con pH ácido durante 1 h.

### 4. CONCLUSIONES

El aumento en la resistencia iónica de las membranas de tipo selectivo debido a ataques químicos y térmicos pudo medirse gracias al arreglo de la celda de 4 electrodos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] V.A. Shaposhnik, K. Kesore, *J. Membrane Sci.*, **136**, 35 (1997).
- [2] J. Hwan, S. Hyeon, *Journal of Colloid and interface science*, **265**, 93 (2003)
- [3] Z. Wang, et al., *Micromachines*, **11**, 1041 (2020).

## DIVISIÓN 3.

# ELECTROQUÍMICA MOLECULAR Y BIOELECTROQUÍMICA (EMB)

# Descarboxilación de ferrocenocarboxilato usando 1,4-benzoquinona como oxidante y su aplicación en el grafting químico de superficies de carbón vítreo

Presentación Oral

J. I. Palacios Ramírez, D. E. Ramírez Chan, F. J. González Bravo\*

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

E-mail: [jesusi.palacios@cinvestav.mx](mailto:jesusi.palacios@cinvestav.mx)

89

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas se ha logrado con éxito la modificación covalente de superficies de carbono por medio de reacciones electroquímicas en diferentes condiciones [1-3]. La formación de radicales libres durante la oxidación o reducción del analito permite su anclaje a la superficie de diversos materiales de carbono.

En este contexto, la modificación de superficies de carbono sin una inducción electroquímica es de gran interés debido a su practicidad para modificar una amplia gama de materiales de carbono. Por lo tanto, en este trabajo se utilizará a la 1,4-benzoquinona (Q) como oxidante y al ferrocenocarboxilato ( $\text{FcCOO}^-$ ) como reductor en acetonitrilo para la modificación química de superficies de carbón vítreo.

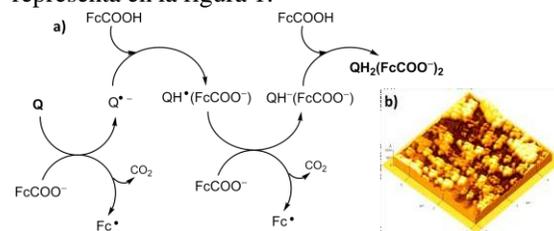
## 2. METODOLOGÍA

Todos los experimentos se llevaron a cabo en un potenciostato Autolab 302N (Metrohm). Un electrodo de carbón vítreo de 3 mm de diámetro fue utilizado como electrodo de trabajo. El electrodo auxiliar fue una malla de platino y como electrodo de referencia, un Electrodo de Calomel Saturado.

## 3. RESULTADOS

Un exceso de ácido ferrocenocarboxílico ( $\text{FcCOOH}$ ) se adicionó a una solución de 1,4-benzoquinona, cuyo pico reversible ( $E^{0'} = -0.51$  V/SCE), se convirtió en uno químicamente irreversible. En este pico, el proceso global involucra la formación de hidroquinona ( $\text{H}_2\text{Q}$ ), mediante una transferencia de dos electrones y dos protones. Al adicionar ferrocenocarboxilato ( $\text{FcCOO}^-$ ), se observó que esta mezcla ternaria es inestable, en donde Q se consume debido al carácter reductor del  $\text{FcCOO}^-$ , que es la base conjugada del  $\text{FcOOH}$ , lo que provoca un decaimiento en la intensidad del pico correspondiente. Este proceso tiene una cinética de transferencia electrónica homogénea lenta entre Q y  $\text{FcCOO}^-$ , con una constante de velocidad de segundo orden de  $2.26 \times 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ . El mecanismo propuesto se

representa en la figura 1:



**Figura 1.** a) Mecanismo de reacción entre Q y  $\text{FcCOO}^-$ . b) Superficie modificada en la solución Q (2mM),  $\text{FcCOO}^-$  (4 mM) y  $\text{FcCOOH}$  (10 mM) durante 6 hrs en acetonitrilo.

Para poder atrapar los radicales  $\text{Fc}^*$  generados durante la reacción redox, se sumergió en la mezcla ternaria, durante 6 h, un electrodo sin ninguna conexión eléctrica. Este electrodo modificado presentó una señal de adsorción reversible, con un potencial formal de 0.64 V/SCE, cercano a especies como el biferroceno ( $E_{av}^0 = 0.66$ ) y terferroceno ( $E_{av}^0 = 0.68$ ). Con la integración del pico de oxidación, se calculó una concentración superficial de ferroceno de  $\phi_{exp} = 3.02 \times 10^{-9} \text{ mol} \oplus \text{cm}^{-2}$ .

## 4. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo la modificación sobre superficies de carbono con películas delgadas de ferroceno a través de una reacción redox homogénea entre la 1,4-benzoquinona y el ión ferrocenocarboxilato.

## 5. REFERENCIAS

- [1] A. Downard, *Electroanalysis*, 12, 1085 (2000).
- [2] D. Bélanger, J. Pinson, *Chem. Soc. Rev.*, 40, 3995 (2011).

## Estabilidad inusual de los radicales aniones de (*N*-bencilamino) y (*N*-bencilimino) ftalimidias electrogenerados en MeCN

Presentación Oral

E. S. Patiño Alonzo, L. García Torres, B. A Frontana Uribe\*

CCIQS UAEM-UNAM, Carretera Toluca-Ixtlahuaca Km 14.5, C.P. 50200,  
Toluca, Estado de México, México.

E-mail: [bafrontu@unam.mx](mailto:bafrontu@unam.mx)

90

### 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el interés en la electrosíntesis orgánica ha experimentado un crecimiento exponencial dentro de la comunidad sintética debido al carácter verde y selectivo con el que se pueden activar moléculas orgánicas para su uso en reacciones de utilidad [1].

Mediante voltametría cíclica se ha mostrado previamente que las *N*-alcoxilftalimidias (NAFIs) tienen un comportamiento irreversible en reducción debido a la fragmentación del enlace N-O, que da lugar a radicales alcoxilos [2], metodología que hoy en día estudiamos en nuestro grupo de investigación. Este precedente nos ha persuadido a investigar la formación de radicales centrados en nitrógeno, aminilo e iminilo, usando (*N*-bencilamino) y (*N*-bencilimino)ftalimidias respectivamente, para encontrar utilidades sintéticas a esos radicales.

Para nuestra sorpresa el comportamiento electroquímico de estas especies es totalmente opuesto al de las NAFIs, pues sus radicales aniones son remarcablemente estables en voltametría cíclica, incluso a una temperatura de 50°C y disolventes poco polares. En este estudio se reporta su estabilidad usando electrólisis-voltametría cíclica y el radical anión se caracterizó por resonancia paramagnética electrónica (RPE) [1, 2].

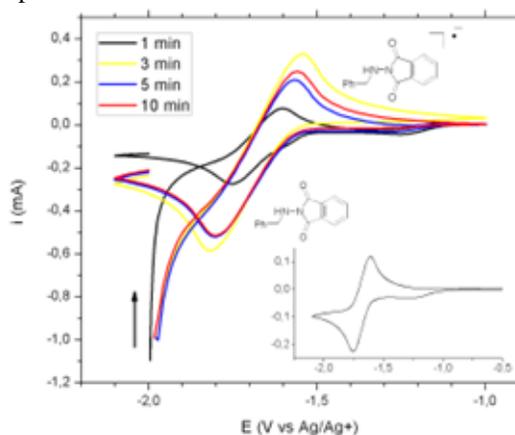
### 2. METODOLOGÍA

Se tomaron alícuotas de un experimento de electrólisis en atmósfera inerte. Las alícuotas son testeadas mediante voltametría cíclica para confirmar la persistencia del radical anión en el tiempo. Además se ha seguido la electrólisis en una celda acoplada a RPE para caracterizar el radical anión.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se puede observar que en el barrido anódico (1 V/s) se confirma la presencia del radical anión tras 1, 3, 5 y 10 minutos de haber detenido una electrólisis preparativa. La inesperada persistencia de

este intermediario reactivo, y los interesantes cambios de color durante la electrólisis, despertaron nuestro interés para llevar a cabo la caracterización del radical anión por RPE.



**Figura 1.** Voltametría cíclica (1 V/s) de alícuotas tomadas de una electrólisis de (*N*-bencilamino)ftalimida (20mM) que ha sido detenida durante 1, 3, 5 y 10 min. **Inserto:** Voltametría cíclica de la (*N*-bencilamino)ftalimida (10mM), 25°C y 100 mV/s. Ambos experimentos medidos en MeCN, 0.1M TBAP, carbon vítreo (W) y grafito (C).

### 4. CONCLUSIONES

El radical anión de la (*N*-bencilamino)ftalimida mostró ser estable a temperatura ambiente tras al menos 10 minutos desde su formación por reducción electroquímica en MeCN.

### 5. REFERENCIAS

- [1] B. A. Frontana-Uribe, R. D. Little, J. G. Ibanez, A. Palma y R. Vasquez-Medrano. *Green Chemistry*, **12**, 2099 (2010).
- [2] M. A. Syroeshkin, et al., *Journal of Physical Organic Chemistry*. **30**, e3744 (2017).

## Estudio de la biodegradabilidad y biocompatibilidad de andamios base PVA/SA con células HaCat mediante EIS

### Presentación Oral

A. Soto Quintero<sup>1\*</sup>, P. González Alva<sup>2</sup>, A. Covelo Villar<sup>1</sup>, M. A. Hernández Gallegos<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ingeniería de Superficies y Acabados (CENISA-DIMEI), Facultad de Ingeniería, UNAM, 04510, CDMX, México

<sup>2</sup>Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos, Facultad de Odontología, UNAM, 04510, CDMX, México

E-mail: [albanelly.sotoq@gmail.com](mailto:albanelly.sotoq@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las nanofibras poliméricas biodegradables se han convertido en un candidato atractivo como material de andamiaje para la ingeniería de tejidos debido a su estructura biomimética, que se asemeja físicamente a la matriz extracelular nativa.[1] Las propiedades fisicoquímicas como la topografía de la superficie, la hidrofilia y la funcionalidad del material estructurado influyen en la cinética de degradación optimizando su capacidad de andamiaje.[2] El presente trabajo se centra en el análisis y la correlación entre las propiedades de biodegradación y biocompatibilidad de andamios a base de poli (alcohol vinílico) (PVA)/Alginato de sodio (SA) reticuladas (CaCl<sub>2</sub>) y cargadas con una línea celular de queratinocitos humanos (HaCaT). Este estudio busca establecer que las propiedades fisicoquímicas de los andamios fabricados proporcionen un soporte de crecimiento apropiado a la vez que se degraden a un ritmo controlado a medida que son reemplazadas por tejido nuevo.

### 2. METODOLOGÍA

Desarrollo de andamios base PVA/SA, variando la concentración de SA (3.5 wt%, 4 wt%, 5 wt%) mediante la técnica de electrohilado. Se evaluó el crecimiento celular y biocompatibilidad mediante EIS y un análisis citotóxico. Adicionalmente, se realizó un estudio de degradación *in vitro* y un análisis morfológico por AFM y SEM.

### 3. RESULTADOS

El análisis de EIS demostró una tendencia en el comportamiento capacitivo-resistivo durante el tiempo de exposición, dicha característica influye positivamente en la interacción celular. Durante los ensayos de biocompatibilidad, las células HaCaT mostraron una alta proliferación en los andamios

PVA/SA. Un ligero cambio en la concentración de SA cambia el patrón de adhesión celular.

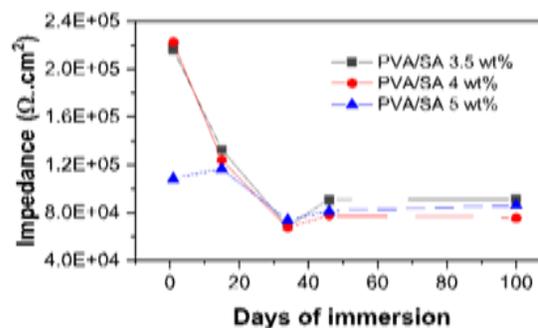


Figura. 1. Valores de resistencia (0,1 Hz).

### 4. CONCLUSIONES

Los andamios biodegradables y biocompatibles fabricados, mostraron un gran potencial como andamios de ingeniería de tejidos, específicamente, para su aplicación como injertos de piel, debido a sus convenientes propiedades fisicoquímicas para apoyar y dirigir la adhesión y proliferación de queratinocitos humanos (células HaCaT).

### 5. REFERENCIAS

- [1] D. F. Williams, *Front. bioeng. biotechnol*, **7**, 127 (2019).
- [2] L. A. Dobrzański, *Biomaterials in Regenerative Medicine*, BoD-Books on Demand, London, (Ed. 2018).

## Estudio electroquímico de compuestos quinónicos y su interacción de especies intermediarias con O<sub>2</sub>

### Presentación Oral

E. J. Soriano Castillo<sup>1</sup>, G. Rocha Ortiz<sup>1</sup>, M. Salas Reyes<sup>2</sup>, P. D. Astudillo Sánchez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de Tonalá. Universidad de Guadalajara. Av. Nvo. Periférico. No. 555. Ejido Sn. José Tateposco. CP. 45425, Tonalá, Jalisco México.

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

E-mail: [pablo.astudillo@cutonala.udg.mx](mailto:pablo.astudillo@cutonala.udg.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las quinonas son compuestos empleados en una gran variedad de procesos bioquímicos y fisiológicos debido a que actúan como transportadores de electrones y protones [1]. Recientemente se ha estudiado la reacción de transferencia homogénea de electrón entre intermediarios electrogenerados de compuestos antraquinónicos en presencia de O<sub>2</sub> [2]. No obstante no se ha analizado si esta reacción se presenta en otro tipo de compuestos quinónicos. Por ello, este trabajo pretende demostrar que la reacción de transferencia homogénea de electrón se expande a compuestos benzoquinónicos y naftaquinónicos.

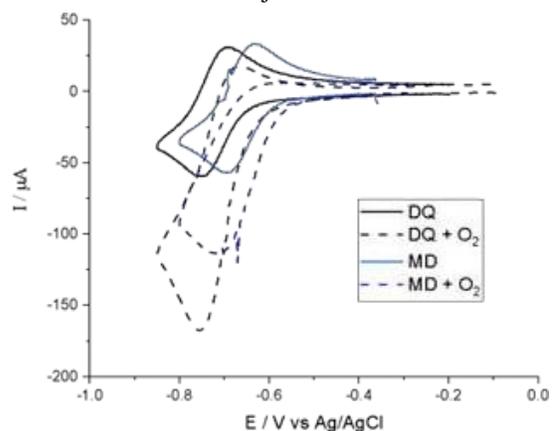
### 2. METODOLOGÍA

Los reactivos de estudio fueron 2,3,5,6-tetrametil-1,4-benzoquinona (Duroquinona, DQ) 97 % y 2-metil-1,4-naftoquinona (Menadiona, MD) 98%. Como electrolito soporte se utilizó hexafluorofosfato de tetrabutilamonio (Bu<sub>4</sub>NPF<sub>6</sub>). Se empleó una celda de 3 electrodos; como electrodo de trabajo se utilizó carbón vítreo de 3 mm de diámetro; un alambre de platino como electrodo auxiliar y un electrodo de Ag/AgCl como electrodo de referencia. Como fuente de oxígeno se empleó aire comprimido. La electrólisis a potencial controlado fue realizada a una concentración equimolar de 1.7 mM [3].

### 3. RESULTADOS

Se obtuvo la respuesta voltamperométrica de DQ y MD, respectivamente, correspondiente a la simple transferencia de electrón. Al inyectar oxígeno molecular en las soluciones de trabajo se logró observar una reacción de transferencia homogénea de electrón entre los compuestos quinónicos y el oxígeno molecular caracterizado por un incremento en la corriente de reducción y una pérdida en la

reversibilidad, presente en ambas respuestas (DQ + O<sub>2</sub> y MD + O<sub>2</sub>) (Figura 1). La electrólisis confirmó la presencia de la reacción a través de un cambio de color en las soluciones de trabajo.



**Figura 1.** Respuesta voltamperométrica de duroquinona (DQ) y menadiona (MD); y duroquinona en presencia de oxígeno (DQ + O<sub>2</sub>) y menadiona en presencia de oxígeno (MD + O<sub>2</sub>) a 0.1 V/s en acetonitrilo.

### 4. CONCLUSIONES

La presencia de O<sub>2</sub> modifica el primer proceso voltamperométrico de la Duroquinona (DQ) y de la Menadiona (MD), demostrando la presencia de una reacción de transferencia de electrones homogénea entre las especies intermediarias y O<sub>2</sub>, confirmado también por electrólisis.

### 5. REFERENCIAS

- [1] F.J. González, *Electroanalysis*, **10**, 638 (1998).
- [2] O.G. Rocha et al., *Electrochimica Acta*, **354**, 136601 (2020).
- [3] P.S. Singh, D.H. Evans, *Journal of Physical Chemistry. B*, **110**, 637 (2006).

## Optimización mediante el MSR de la mineralización del herbicida metamitrona en un reactor de flujo tipo filtro prensa

### Presentación Oral

D. Vásquez Hernández<sup>1</sup>, L. Ortíz<sup>1</sup>, A. Regalado Méndez<sup>1</sup>, G. Martínez Villa<sup>1</sup>, E. Robles Gómez<sup>1</sup>,  
L. G. Zarate<sup>2</sup>, M. E. Cordero<sup>2</sup>, E. Peralta Reyes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Puerto Ángel, 70902 Oaxaca, México.

<sup>2</sup>Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 Sur, Barrio de Santiago, 72410 Puebla

E-mail: [e\\_pere70@hotmail.com](mailto:e_pere70@hotmail.com)

93

### 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento productivo agrícola y avance tecnológico genera nuevos compuestos orgánicos. En los últimos años los efectos que estos contaminantes causan a la salud humana y el medio ambiente son causa de preocupación [1]. Estos se conocen como contaminantes emergentes (CE). Entre los CE que han generado más preocupación se encuentran los herbicidas, debido a su uso extensivo en la agricultura. Entre los más utilizados se encuentra la metamitrona (MET)[2]. Debido a los riesgos que conlleva la presencia de MET en el ambiente, existen métodos para su degradación. Dentro de estos, los procesos de oxidación electroquímica han demostrado ser una opción viable por su capacidad de degradación de contaminantes sin la formación de compuestos tóxicos secundarios [3]. En este trabajo, se investigaron las condiciones óptimas de operación para la mineralización de MET en un reactor electroquímico de flujo continuo tipo filtro prensa sin división equipado con electrodos de DDB, mediante un diseño central compuesto centrado en sus caras (CCCC), utilizando como factores el pH inicial (pH<sub>0</sub>) factor 1 y la densidad de corriente aplicada (*j*) como factor 2, mientras que las variables de respuesta fueron la eficiencia de mineralización (EM (%)) y el consumo específico de energía (CEE (kWh/kg COT)).

### 2. METODOLOGÍA

Se siguió un diseño CCC (10 experimentos), teniendo dos variables de estudio en tres niveles. Los intervalos de los factores son: pH<sub>0</sub> de la solución 3-9 (Factor 1), *j* = 94-125 mA/cm<sup>2</sup> (Factor 2). Para cada experimento se prepararon 2.5 L de solución sintética de 10 mg/L de MET y como electrolito soporte 0.15 M de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El reactor operó a un flujo de 1 L/min y el tiempo de reacción fue de 5 h. La mineralización fue determinada mediante análisis de Carbono Orgánico Total (COT) de la muestra inicial y final.

### 3. RESULTADOS

Los polinomios que se ajustan a este proceso son cuadráticos en términos de variables codificadas se obtuvieron a partir de un ANOVA.

$$EM (\%) = 94.80 - 0.82x_1 - 6.93 \times 10^{-3} x_2 - 1.57x_1x_2 - 1.34x_1^2 + 2.50x_2^2$$

$$CEE = 11.37 + 0.30x_1 + 4.17x_2 - 0.33x_1x_2 + 1.46x_1^2 + 2.31x_2^2$$

con R<sup>2</sup> = 0.9599 y R<sup>2</sup> = 0.9658, dichos modelos se ajustan un 95.99% y 96.58%, respectivamente a los datos experimentales.

Una vez realizada la optimización por medio de al método de superficie de respuesta, se encontró que las condiciones óptimas de operación fueron: pH<sub>0</sub> = 7.05, *j* = 94 mA/cm<sup>2</sup>, con estas condiciones se alcanzó la máxima EM con un valor de 97.41% y un mínimo CEE = 9.91 kWh/ kg COT.

### 4. CONCLUSIONES

Se encontró que las condiciones óptimas de degradación son: pH<sub>0</sub> de 7.05, *j* de 94 mA/cm<sup>2</sup>, a estas condiciones se obtuvo una máxima mineralización de 97.41% con un mínimo de CEE = 9.91 kWh/kg COT.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. Sauvé, M. Desrosiers, *Chemistry Central Journal*, **8**, 1 (2014).
- [2] S. Kumar, S.Tandon, N. K. Sand, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **92**, 165 (2014).
- [3] Y. Samet, L. Agengui, R. Abdelhédi, *Chemical Engineering Journal*, **161**, 167 (2010).

## Ciclización intramolecular de xantatos inducida electroquímicamente para la síntesis de benzo[d]-1,3-ditio-2-onas y tetratíafulvalenos

Presentación Oral

A.V. Terá Alcocer, F. Cifuentes, B. A. Frontana Uribe\*

Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México,

Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510

México, D.F. México.

E-mail: [bafrontu@unam.mx](mailto:bafrontu@unam.mx)

94

### 1. INTRODUCCIÓN.

Después de 1954, con el descubrimiento de los “metales orgánicos”, varios estudios han reportado la síntesis de tetratíafulvaleno (TTF) y sus derivados [1] debido a sus interesantes propiedades como material conductor [2]. De particular interés se presenta el dibenzotetratíafulvaleno (DB-TTF) por su capacidad de modular su potencial redox mediante la introducción de grupos funcionales [3]. Esta versátil molécula no solo actúa como donador electrónico, sino como bloque de construcción en arquitecturas supramoleculares [4]; sin embargo, la síntesis se da a través de química tradicional. Este trabajo se centra en la obtención de derivados de dibenzotetratíafulvaleno a partir de compuestos clave benzo[d]-1,3-ditio-2-onas obtenidos vía ciclación electroquímica de fenilxantatos.

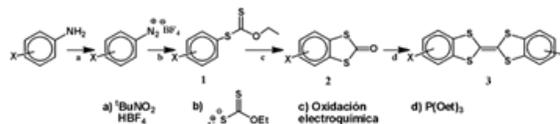
### 2. METODOLOGÍA

Derivados de anilina se transforman a sus correspondientes sales de diazonio. Se produce posteriormente un ataque nucleofílico por parte de etilxantato de sodio. Los derivados de S-benzoetilxantato ciclan intramolecularmente vía oxidación electroquímica y se obtienen derivados de benzo-1,3-ditio-2-ona, los cuales se acoplan para dar la molécula de dibenzotetratíafulvaleno y sus derivados.

### 3. RESULTADOS

Se sintetizaron O-etil-S-arilditiocarbonatos de anilina y derivados como p-metoxianilina, m-metoxianilina, p-nitroanilina y m-cloroanilina. Para ello, se cristalizaron las sales de diazonio, logrando altos rendimientos y menor cantidad de subproductos. La ciclación a través de oxidación electroquímica no solo fue exitosa sino que fue clave para la formación de benzo[d]-1,3-ditio-2-onas y sus correspondientes

derivados, los cuales fueron intermediarios fundamentales en la generación de diariltetratíafulvalenos, desarrollando así una ruta sintética en cuatro pasos (Figura 1).



**Figura 1.** Ruta sintética para la formación de TTF's y sus derivados.

### 4. CONCLUSIONES

El intermediario benzo[d]-1,3-ditio-2-ona y sus derivados se sintetizaron con éxito, por primera vez, a través de oxidación electroquímica de S-arilxantatos, observándose una ciclación intramolecular lo que conlleva a una ruta sintética más simple y directa para la obtención de diariltetratíafulvalenos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. Nakayama, H. Sugiura, & M. Hoshino, *Tetrahedron Letters*, **24**, 2585 (1983).
- [2] N. Martin, *Chemical Communications*, **49**, 7025 (2013).
- [3] X. K. Gao, Y. Wang, X. D. Yang, Y. Q. Liu, W. F. Qiu, W. P. Wu, H. J. Zhang, T. Qi, Y. Liu, K. Lu, C. Y. Du, Z. G. Shuai, G. Yu, D. B. Zhu, *Advanced Materials*, **19**, 3037 (2007).
- [4] A. Jana, M. Ishida, J. S. Park, S. Bähring, J. O. Jeppesen, & J.L. Sessler, *Chemical Reviews*, **117**, 2641 (2017).

# Electroadsorción de piocianina sobre electrodos de carbono: Cinética electroquímica e interacciones intermoleculares

Presentación Oral

J. A. Pérez García<sup>1</sup>, F. J. Bacame Valenzuela<sup>1,2</sup>, P. García Sanchez<sup>1</sup>, F. Castañeda Zaldívar<sup>1</sup>, Y. Reyes Vidal<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CIDETEQ

E-mail: [mreyes@cideteq.mx](mailto:mreyes@cideteq.mx)

95

## 1. INTRODUCCIÓN.

Piocianina (PIO) es una molécula electroactiva, producida por *Pseudomonas aeruginosa*, reconocida por su función como mediador redox (MR) en sistemas electroquímicos microbianos (SEM). Sin embargo, pese a ser ampliamente utilizada, los fenómenos de transferencia de carga a la superficie han sido poco explorados. Uno de los fenómenos que ocurren en los SEM es la adsorción de PIO, lo que podría afectar negativamente la transferencia electrónica en la interfaz del electrodo. Estudios recientes han demostrado la dinámica de adsorción de PIO sobre electrodos, mediante análisis de los procesos electroquímicos de PIO. Así, es necesario analizar el efecto que tiene la adsorción de PIO sobre las superficies a nivel de interacciones intermoleculares [1]. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de la adsorción de PIO en la cinética de transferencia electrónica (TE).

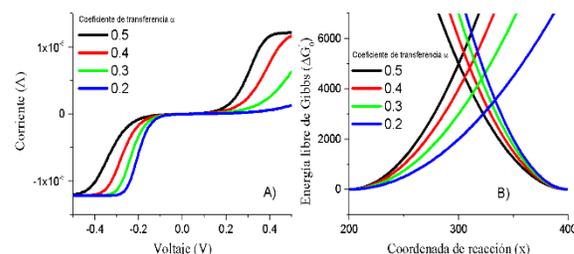
## 2. METODOLOGÍA

Se empleó una celda electroquímica (CE) de tres electrodos, usando como electrodo de trabajo ( $E_w$ ) una malla de carbono (MC). Para el cálculo de la resistencia a la transferencia de carga ( $R_{ct}$ ) y la constante de velocidad de transferencia electrónica heterogénea ( $k_0$ ) se emplearon las técnicas de voltamperometría cíclica (CV) y espectroscopía de impedancia electroquímica a voltaje controlado (PEIS). Los datos experimentales se ajustaron con curvas teóricas considerando una cinética de *Butler – Volmer* mediante el software GNU Octave versión 7.1.0.

## 3. RESULTADOS

Los resultados indican que la adsorción de PIO al electrodo tiene efectos desfavorables en la velocidad de transferencia electrónica. Por lo tanto, cuando los valores de  $\Gamma \rightarrow \Gamma_s$ , los valores de  $k_0$  disminuyen, de modo que  $R_{ct}$  aumenta. Asimismo, los valores para el

coeficiente de transferencia  $\alpha$  también dependen de  $\Gamma$ , por lo cual, la barrera de energía varía (Figura 1B). Esto provoca que la corriente  $i$  sea desproporcional para las reacciones redox, teniendo una mayor aportación energética para la reacción catódica que para la anódica (Figura 1A). Esto se debe a que el electrodo se bloquea en la reacción de oxidación de PIO, disminuyendo los valores de  $\alpha$  a medida que  $\Gamma$  aumenta. Estos efectos pueden ser asignados a interacciones de tipo  $\pi$ - $\pi$  *stacking* de PIO con la matriz del  $E_w$  [2].



**Figura 1.** A) Cinética de *Butler-Volmer* de PIO ajustada a diferentes valores de  $k_0$  y  $\alpha$ . B) Simulación de las barreras de energía (diferentes valores de  $\alpha$ , ciclo redox reversible).

## 4. CONCLUSIONES

Se demostró que la adsorción de PIO en el electrodo desfavorece la TE. Los valores de  $\alpha$  muestran variaciones en la barrera de energía, indicando que la mayoría de la energía se destina a la reacción catódica. Se determinó el tipo de interacción PIO- $E_w$ , como resultado de la adsorción de PIO.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J.A. Pérez-García, et al., *Microbial electrochemical technologies for wastewater treatment*, Elsevier, 287 (2021).
- [2] N. Kurapati, et al., *Analytical Chemistry*, **90**, 13632 (2018).

## Efecto de la intensidad del estímulo eléctrico en el desarrollo de *Arabidopsis thaliana* en un sistema semi-hidropónico

Presentación: **Oral**

F. I. Martínez Hernández<sup>1</sup>, E. González Pérez<sup>2</sup>, J. F. Jiménez Bremont<sup>2</sup>, L. Yañez Espinosa<sup>3</sup>, I. González Martínez<sup>4</sup>, M. C. Medina Rocha<sup>1</sup>, L. F. Cházaro Ruiz<sup>1</sup>, J. D. Flores Rivas<sup>1</sup>  
Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) A.C. <sup>1</sup>División de Ciencias Ambientales, <sup>2</sup>División de Biología Molecular, <sup>3</sup>Instituto de Investigación en Zonas Áridas de la UASLP, <sup>4</sup>Depto. de Química de la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa  
E-mail: [francisco.martinez@ipicyt.edu.mx](mailto:francisco.martinez@ipicyt.edu.mx)

96

### 1. INTRODUCCIÓN

El electrocultivo es un proceso que tiene como finalidad mejorar la germinación, crecimiento, la producción de flores, frutos y semillas debido a la exposición de las plantas a campos eléctricos en su medio de crecimiento. A partir de ello, se han observado cambios notables en la fisiología de plantas de tomate [1], kale [2] y pepino [3], las cuales han sido sometidas a este tipo de estímulo. Sin embargo, el mecanismo por el cual el campo eléctrico influye en el metabolismo y por lo tanto en el crecimiento vegetal aún no ha sido bien definido. Por lo que este trabajo se enfoca en el estudio de *A. thaliana*, una planta modelo que permite monitorear todas sus etapas de desarrollo en laboratorio, y un medio semihidropónico el movimiento de los nutrientes a través del sustrato debido al estímulo eléctrico.

### 2. METODOLOGÍA

Se determinaron las condiciones de trabajo en base a la aplicación de un estímulo eléctrico de tipo galvanostático. Se germinaron semillas de esta planta de manera *in vitro* y las plántulas se aclimataron en una celda electroquímica con arena y una solución hidropónica en una cámara de crecimiento. Se aplicaron dos valores de estímulo:  $3 \times 10^{-3}$  (T1) y  $9 \times 10^{-3}$  (T2) mA/cm<sup>2</sup> con una duración de 4 horas, por 3 días. Se tomaron muestras de arena en tres zonas de cada celda para analizar la movilidad de los nutrientes y el pH se monitoreo antes y al final de cada estímulo. Finalmente, a los 33 días se midieron parámetros de crecimiento en las plantas.

### 3. RESULTADOS

Los resultados indican un mejor crecimiento en las plantas sometidas a estímulos eléctricos en comparación con aquellas sin estímulo, debido a que

presentaron una mayor absorción de nutrientes como se muestra en la tabla 1, así como una mayor cantidad de agua; lo cual se reflejó en plantas con mayor altura, diámetro y producción de frutos. Los resultados se discutirán en función de los diferentes parámetros que caracterizan el tipo de metabolismo que se favoreció en las plantas bajo estimulación eléctrica.

**Tabla 1.** Absorción de macronutrientes al final de los experimentos de electroestimulación.

Elemento	Control	T1	T2
N [%]	6.50	15.60	17.10
Ca [ppm]	3650.61	3716.84	3835.42
Mg [ppm]	877.97	1085.16	1465.41

### 4. CONCLUSIONES

La aplicación de un estímulo eléctrico favoreció el crecimiento y una mayor eficiencia en la síntesis de clorofila de las plantas, debido a que su metabolismo respondió en forma de tipo primario; enfocado en el desarrollo y supervivencia de la misma.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. S. Patwardhan & W.Z. Gandhare, *In acta Agrophysica*, **20**, 2, (2013).
- [2] S. Lee & M. Oh, *Bioelectrochemistry*, **138**, 1, (2021).
- [3] C. Morales et al., *Applied Soil Echology*, **Vol. 161**,1, (2021).

## Elucidación del mecanismo de electroreducción de porfirinas diprotonadas en medio no acuoso y HClO<sub>4</sub> como donador de protones.

Presentación Oral

H. M. Castro Cruz, N. A. Macías Ruvalcaba

Facultad de Química, Departamento de Fisicoquímica, UNAM.

E-mail: [nmaciasr@gmail.com.mx](mailto:nmaciasr@gmail.com.mx)

97

### 1. INTRODUCCIÓN

Las porfirinas son compuestos tetrapirrólicos muy coloridos que poseen una vía de conjugación de 18 electrones  $\pi$ , así como dos nitrógenos con pares libres de electrones susceptibles de protonarse. Estas características le confieren propiedades fisicoquímicas que permiten aprovecharlos en múltiples aplicaciones [1]. Tanto la protonación, como la reducción del macrociclo, causa importantes modificaciones en las propiedades fotofísicas y redox que pueden aprovecharse para diversas aplicaciones.

En este trabajo se investigó el mecanismo de electroreducción de *meso*-tetrafenilporfirina diprotonada H<sub>4</sub>TPP<sup>2+</sup> en benzonitrilo y cantidades crecientes de HClO<sub>4</sub>. Combinando técnicas de voltamperometría, coulombimetría y espectroscopia UV-vis se identificó los diferentes pasos de protonación y reducción que experimenta el macrociclo, lo que permitió reportar por primera vez un esquema de reacción completo.

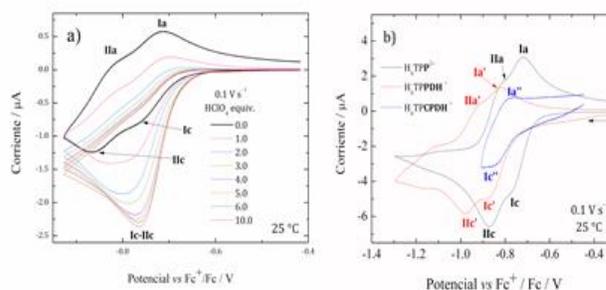
### 2. METODOLOGÍA

Los experimentos de voltamperometría cíclica (VC) y coulombimetría a potencial controlado se realizaron en celdas con arreglo de tres electrodos. Para VC, el electrodo de trabajo (E<sub>T</sub>) fue un disco de carbón vítreo; como electrodo auxiliar (E<sub>aux</sub>) se utilizó un alambre de platino (Pt) y el electrodo de referencia (E<sub>ref</sub>) fue un sistema de Ag/AgNO<sub>3</sub> 0.01 M. En la coulombimetría, el E<sub>T</sub> fue una tela de carbón poroso de amplia superficie; el E<sub>aux</sub> fue un alambre de Pt separado por un compartimiento y el E<sub>ref</sub> fue el mismo sistema utilizado que en VC.

### 3. RESULTADOS

La adición de cantidades crecientes de HClO<sub>4</sub> a disoluciones de H<sub>4</sub>TPP<sup>2+</sup> en benzonitrilo provoca el traslape e incremento en corriente de los procesos de reducción Ic/Ia y IIc/IIa (Figura 1a). Para explicar este comportamiento, se realizó un estudio mecanístico sistemático del proceso de electroreducción de H<sub>4</sub>TPP<sup>2+</sup>. Los resultados indican que la reducción

ocurre vía una secuencia de pasos de reducción y protonación para formar especies 2, 4 y 6 e<sup>-</sup> reducidas, denominadas: florina, clorina-florina y bacterioclorina-florina. Estas especies se protonan en una segunda posición *meso*-, para formar los correspondientes porfodimeteno y clorina-porfodimeteno, que tienen potenciales de reducción en la misma región de potencial que la correspondiente H<sub>4</sub>TPP<sup>2+</sup> de partida (Figura 1b).



**Figura 1.** a) VC de H<sub>4</sub>TPP<sup>2+</sup> 0.75 mM en Bu<sub>4</sub>NClO<sub>4</sub> 0.1 M / PhCN (línea negra), con la adición de 1.0 a 10.0 equiv. de HClO<sub>4</sub> (E<sub>λ</sub> = -0.93 V). b) Superposición de VC de disoluciones de H<sub>4</sub>TPP<sup>2+</sup>, H<sub>4</sub>TPPDH<sub>2</sub><sup>2+</sup> + 1.0 equivalente de HClO<sub>4</sub> y H<sub>4</sub>TPCPDH<sub>2</sub><sup>2+</sup> + 1.0 equivalente de HClO<sub>4</sub>, en Bu<sub>4</sub>NClO<sub>4</sub> 0.1 M / PhCN.

### 4. CONCLUSIONES

La reducción total de la H<sub>4</sub>TPP<sup>2+</sup> involucra la adición de hasta 6 e<sup>-</sup>. El grado de reducción del macrociclo, 2, 4 o 6 e<sup>-</sup>, puede controlarse a través de un estricto ajuste de la cantidad de ácido. La electro-oxidación de clorina-florina y bacterioclorina-florina conduce a la formación de clorina y bacterioclorina. El método electroquímico permite obtener diferentes tipos de macrociclos reducidos.

### 5. REFERENCIAS

[1] H. M. Castro-Cruz, et al. *Electrochem. Soc.*, **167** (2020).

## Estudios electroquímicos y espectroscópicos de compuestos de Cu(II) para la generación de especies reactivas de oxígeno y su interacción con BSA

Presentación Oral

J. Ocampo Hernández, L. A. Ortiz Frade<sup>1\*</sup>

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ)

E-mail: [lortiz@cideteq.mx](mailto:lortiz@cideteq.mx)

98

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente la búsqueda de medicamentos menos tóxicos para el tratamiento del cáncer, se basan en la síntesis de compuestos a base de Cu. Debido a su biocompatibilidad y participación en reacciones biológicas con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> que generan especies reactivas de oxígeno, ha servido de estrategia terapéutica para el estudio con moléculas diana [1]. Sin embargo, para elucidar un mecanismo de acción específico es importante estudiar su comportamiento redox en presencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y el transporte hacia su destino biológica a través de proteínas, como la albúmina sérica. Por lo tanto se propone el estudio electroquímico de 3 compuestos de Cu(II) con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y su interacción con BSA como proteína modelo.

### 2. METODOLOGÍA

Por voltamperometría cíclica (VC) se estudió el comportamiento de los compuestos (**1-3**, donde; **1**: [Cu(tren)(H<sub>2</sub>O)]Cl<sub>2</sub>, **2**: [Cu(4'-Cl-terpy)(H<sub>2</sub>O)]Cl<sub>2</sub> y **3**: [Cu(tpa)(H<sub>2</sub>O)]Cl<sub>2</sub>) en presencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y BSA. Por espectroscopía de dicroísmo circular (DC) se evaluó la interacción de **1-3** con BSA.

### 3. RESULTADOS

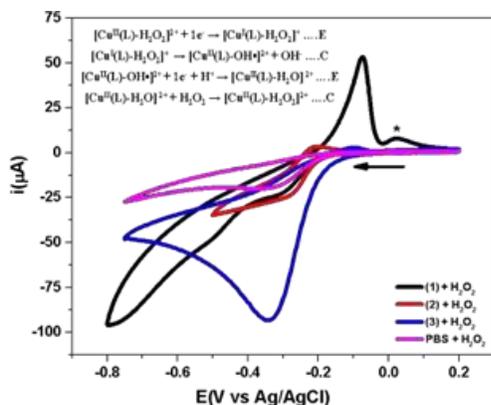


Figura 1. VC de 1-3 (1mM) en presencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (3.7x10<sup>-3</sup>M) en PBS (0.1M), a 100 mV/s.

La figura 1 muestra la reducción de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> catalizada por 1-3, la cual se ve favorecida a valores de potencial más positivos, siendo el compuesto 3 el que obtuvo una mejor respuesta.

Algunos parámetros de E y i se resumen en la tabla 1, donde se muestra un decremento de i para 1 y 3 en presencia de BSA, indicativo de una interacción complejo-proteína, confirmada por DC.

Tabla 1. Valores de E y i para los compuestos 1-3 en ausencia y presencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> o BSA

Compuesto	I <sub>pc</sub> (µA)	E <sub>1/2</sub> (V)	E <sub>pc</sub> -E <sub>pc2</sub>   (mV)
1(Ausencia)	-26.22	-0.262	77
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-96.16	---	---
BSA	-17.76	---	---
2(Ausencia)	-10.94	-0.224	58
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-34.97	---	---
BSA	-7.89	-0.238	89
3(Ausencia)	-20.53	-0.362	56
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	-93.23	---	90
BSA	-16.85	-0.364	65

### 4. CONCLUSIONES

Por VC el compuesto 3 catalizó mejor la reducción de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Sin embargo, mostró una menor interacción con BSA por VC y por DC una interacción débil con un decremento de 12% de α-Hélice.

### 5. REFERENCIAS

[1] Chakravarty, A. R., Reddy, P. A. N., Santra, B. K., & Thomas, A. M. *Copper complexes as chemical nucleases. Proceedings of the Indian Academy of Sciences: Chemical Sciences*, **114(4)**, 391 (2002)

## Implementación de la electrodiálisis con membranas de ultrafiltración para la obtención de péptidos bioactivos con potencial agroalimentario, a partir de sorgo blanco (*Sorghum bicolor* L. Moench) variedad perla 101

Presentación Oral

A. D. Dlaikan Castillo<sup>1</sup>, U. M. López García<sup>1</sup>, L. Bazinet<sup>2</sup>, R. I. Ortiz Basurto<sup>1</sup>, M. A. Chacón López<sup>1</sup>, L. G. Alvarado Montalvo<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Tepic

<sup>2</sup> Universidad de Laval

<sup>3</sup> Universidad de Guanajuato

E-mail: [aldadlaikanca@ittecip.edu.mx](mailto:aldadlaikanca@ittecip.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las moléculas con actividad biológica tienen una gran relevancia en el campo de la investigación del área agroalimentaria. Dentro de los principales grupos de estas moléculas, destacan los péptidos bioactivos. Recientemente, se ha venido utilizando la tecnología de electrodiálisis con membranas de ultrafiltración (EDUF) para la obtención de péptidos bioactivos. Con esta tecnología se han logrado separar péptidos [1] con purezas y actividades biológicas superiores a las que se obtendrían con otros procedimientos más convencionales.

### 2. METODOLOGÍA

La metodología se llevó a cabo en tres etapas. En la etapa 1, se realizó una extracción de las proteínas del grano de sorgo blanco con etanol y metabisulfito de sodio y posteriormente se hizo una hidrólisis de las proteínas con alcalasa. En la etapa 2, los hidrolizados fueron separados mediante EDUF a condiciones de pH 6 y 3. En la etapa 3 se hizo una evaluación de la actividad antioxidante por los métodos de DPPH y ABTS.

### 3. RESULTADOS

Se procesó aproximadamente 1 kg de harina de sorgo, obteniendo un rendimiento de extracción de 9.5 %. Se encontró un contenido de proteínas del  $43.35 \pm 1.93$  % en el extracto. Asimismo, se obtuvo un grado de hidrólisis del  $20.56 \pm 2.35$  % luego de la hidrólisis de las proteínas con la enzima alcalasa. En la separación de los péptidos por EDUF, se evidenció variaciones en el pH, lo cual indujo fenómenos de retromigración [2]. Asimismo, para la condición de pH 6 se obtuvo una concentración similar de péptidos catiónicos y aniónicos, mientras que para el pH 3 la concentración obtenida de péptidos catiónicos fue de

aproximadamente el doble que la de aniónicos. Finalmente, se evidenciaron actividades antioxidantes de los péptidos catiónicos muy superiores a las de péptidos aniónicos, neutros, sin separar, y obtenidos en otros trabajos mediante otras tecnologías [3].

### 4. CONCLUSIONES

Se logró satisfactoriamente la extracción de las proteínas del grano de sorgo blanco, con un rendimiento de extracción del 43 %. Se logró la separación de péptidos mediante EDUF, y se vio que el pH de 3 favorece la producción de péptidos catiónicos, los cuales tuvieron una actividad antioxidante significativamente mayor que la del resto de fracciones.

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. He, A.T. Girgih, E. Rozoy, L. Bazinet, X.R. Ju, & R.E Aluko, *Food Chemistry*, **197**, 1008 (2016).
- [2] J.F. Poulin, J. Amiot & L. Bazinet, *Journal of Membrane Science*, **299**, 83 (2007).
- [3] H. Agrawal, R. Joshi, & M. Gupta, *Food Science and Technology*, **84**, 608 (2017).

# Fenómenos de asociación en la reducción del nitrobenzono en presencia de un donador de protones en acetonitrilo

## Presentación Póster

J. I. Palacios Ramírez, F. J. González Bravo\*

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

E-mail: [jesusi.palacios@cinvestav.mx](mailto:jesusi.palacios@cinvestav.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La reducción de nitrobenzono ( $\text{PhNO}_2$ ) en medio aprótico ha sido estudiada ampliamente [1,2] y se ha observado la formación del radical anión en casi cualquier disolvente aprótico como DMF, DMSO, THF y acetonitrilo. La formación de intermediarios y productos, derivados del nitrobenzono, ocurre a través de varias etapas al adicionar un donador de protones. Durante este proceso, se forman distintas especies, tales como el nitrosobenzono ( $\text{PhNO}$ ), el cual es un intermediario para la formación de fenilhidroxilamina ( $\text{PhNHOH}$ ). Con este antecedente, en este trabajo se plantea la formación de complejos de asociación en acetonitrilo del nitrobenzono y nitrosobenzono con la adición de ácido acético como donador de protones, además de la posible asociación entre la fenilhidroxilamina con iones acetato provenientes de las etapas de protonación.

## 2. METODOLOGÍA

El nitrobenzono, nitrosobenzono y ácido acético glacial 99%, se obtuvieron de Aldrich. Los experimentos en voltamperometría cíclica fueron llevados a cabo en acetonitrilo, con una celda electroquímica de tres electrodos, utilizando un electrodo de trabajo de carbón vítreo de 3 mm de diámetro, un contraelectrodo de platino y un electrodo de referencia de calomel saturado; conectados a un potenciostato Radiometer Copenhagen con el software Voltmaster 2.

## 3. RESULTADOS

El nitrobenzono presenta una primera señal de reducción con un comportamiento cuasi reversible, según el análisis de velocidades de barrido. La adición de un exceso de ácido acético como donador de protones resulta en una señal químicamente irreversible de cuatro electrones. Al invertir el barrido de potencial, se observó que a valores positivos aparecen tres picos, producto de la reducción. La primera onda le corresponde a la fenilhidroxilamina

( $\text{PhNHOH}$ ), con un  $E_{pa}=0.009$  V/SCE; le sigue la oxidación del ión acetato ( $\text{Ac}^-$ ) ( $E_{pa}=1.566$  V) y por último la oxidación de nitrosobenzono ( $\text{PhNO}$ ) ( $E_{pa}=1.867$  V).

El estudio del nitrosobenzono en presencia de HAc, reveló que la formación de un complejo de asociación del tipo  $\text{PhNO} \cdots \text{HAc}$  podría explicar el que la reducción de este complejo ocurra bajo un régimen de transferencia de electrón-proton intramolecular concertada, lo que provoca que la estequiometría del proceso global de la reducción de nitrobenzono sea aparentemente de tres electrones en voltamperometría cíclica.

El análisis de la fenilhidroxilamina también muestra un desplazamiento de un potencial de pico anódico mucho mayor al valor de la especie libre (0.228 V) y amplitudes a media altura mayores a 95 mV, lo que es consistente con una asociación entre la  $\text{PhNHOH}$  y el ión acetato ( $\text{Ac}^-$ ).

## 4. CONCLUSIONES

Durante la reducción de nitrobenzono en presencia de un donador de protones se observó un proceso en donde aparentemente se transfieren tres electrones, lo que se explica considerando que la reducción de  $\text{PhNO}$  involucra una especie asociada con el ácido acético, lo que provoca que la transferencia electrónica sea lenta, y concertada con la transferencia de protón. Debido a esto, el número de electrones que se obtienen por voltamperometría es de tres, mientras que en condiciones de difusión pura (cronoamperometría), son cuatro.

## 5. REFERENCIAS

- [1] H. Youquin, J. Lessard, *Electroanalysis*, **28**, 2716 (2016).
- [2] O. Hammerich. *Organic Electrochemistry*, CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 1149 (2016).

## Determinación de modelos de crecimiento celular en andamios de PVA/SA mediante mediciones electroquímicas

Presentación Póster

K. A. Martínez Moreno<sup>1</sup>, P. González Alba<sup>1</sup>, M. A. Hernández Gallegos<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, División de estudios de Posgrado, UNAM.

<sup>2</sup>Facultad de Odontología, División de estudios de Posgrado, UNAM.

E-mail: [arlene.12k10@gmail.com](mailto:arlene.12k10@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los andamios poliméricos proporcionan un soporte poroso que permite el crecimiento y proliferación de las células implantadas. Esta técnica es utilizada en ingeniería de tejidos en el desarrollo de nuevas terapias que restauren el funcionamiento y salud de tejidos biológicos ya que el material se degrada conforme las células logran repoblar y resintetizar la matriz extracelular natural del huésped [1, 2, 3]. La técnica de electrohilado es una de las más utilizadas para la generación de andamios celulares.

### 2. METODOLOGÍA

Se generaron andamios mediante la técnica de electrohilado, a partir de mezclas de los biopolímeros, Polivinil Alcohol (PVA) y Alginato de Sodio (SA), para lo cual se preparó una disolución de PVA al 10%, y disoluciones de SA a 3.5%, 4.0% y 5.0% de concentración, posteriormente se obtuvieron mezclas en proporción 1:1 con cada disolución y se generaron andamios por electrohilado, colectando las fibras obtenidas en aluminio (para el ensayo de citotoxicidad y obtención de micrografías) y en chips Metrohm Drop Sens DRP-550 (electrodos de trabajo en las pruebas de impedancia). En los andamios se sembraron cardiomiocitos de ratón y posteriormente se realizaron mediciones por Espectroscopía Electroquímica de Impedancia (EIS) por 3 días. Además, se llevó a cabo un ensayo de citotoxicidad y proliferación al cual se dio seguimiento con técnicas espectroscópicas SEM y AFM.

### 3. RESULTADOS

A partir de los valores de impedancia, se determinó un polinomio capaz de predecir los valores de capacitancia y resistencia para cada sistema más allá de los 3 días de experimento, los ensayos de citotoxicidad determinan la cantidad de células por hora. Se probó la correlación del modelo con los ensayos biológicos y su proyección hasta 7 días.

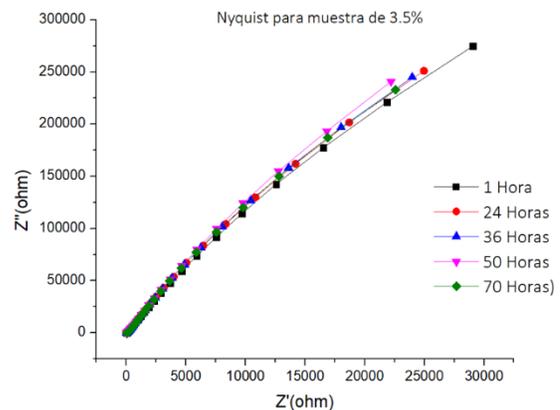


Figura 1. Gráfica Nyquist para muestra 3.5%.

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados de citotoxicidad muestran que existe una adherencia celular importante sobre el material con mayor proliferación en el sistema de 4.0%, lo cual corrobora con las micrografías obtenidas. Actualmente trabajamos en el modelo de predicción del crecimiento celular en estos andamios, a partir de la relación entre los valores obtenidos por EIS y los ensayos biológicos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] B. Reyes, O. Armendáriz, *Revista Mexicana de la Ingeniería Biomédica*, **40**, 1 (2019).
- [2] X. Xianrui, Y. Chen, *Journal of Materials Science & Technology*, **59**, 243 (2020).
- [3] N. Bhattarai, Z. Li, *Advanced Materials*, **18**, 1463(2006).

## Estudio electroquímico de *N*-alcoxiftalimidias provenientes de alcoholes de bencílicos. Obteniendo productos oxidados haciendo reducciones

Presentación Póster

M. López Rivas<sup>1</sup>, D. F. Chicas Baños<sup>1</sup>, B. A. Frontana Uribe<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro Conjunto Química Sustentable UAEMéx-UNAM Km 14.5 Carretera Toluca-Ixtlahuaca, Toluca, 50200, Estado de México, Mexico.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Química, Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 04510, Mexico.

E-mail: [bafrontu@unam.mx](mailto:bafrontu@unam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las *N*-alcoxiftalimidias (NAFIs) son compuestos conocidos por la capacidad de generar radicales centrados en el átomo de oxígeno en presencia de reactivos iniciadores de radicales [1] que han llevado a la obtención de productos relevantes en la industria química [2,3].

Por otro lado han llamado la atención pues se ha demostrado que la reducción de las NAFIs derivadas de alcoholes bencílicos lleva a la obtención de sus compuestos carbonílicos, [4] es decir, se lleva a cabo una oxidación en condiciones catódicas. La principal ventaja de esta metodología es que se puede dar la oxidación selectiva del alcohol unido a la ftalimida en presencia de grupos sensibles a reacciones redox.

El presente trabajo pretende evaluar la aplicación electroquímica de la obtención de compuestos carbonílicos a partir de la reducción electroquímica de NAFIs para esto se evaluaron diferentes condiciones de reacción como disolventes, electrolitos soporte y densidades de corriente, con el objeto de optimizar condiciones para obtener los productos carbonílicos de interés.

### 2. METODOLOGÍA

#### a) Síntesis de NAFIs

Se sintetizaron los NAFIs a través de una reacción de Mitsunobu partiendo del alcohol y la *N*-hidroxiftalimida.

#### b) Estudios electroquímicos

Se determinaron las características electroquímicas de los productos obtenidos, realizando voltamperometrías cíclicas bajo distintas condiciones.

#### c) Electrólisis

Empleando la información obtenida de los estudios electroquímicos, se realizó la electrólisis en condiciones de corriente controlada, y a nivel sintético.

### 3. RESULTADOS

Se lograron sintetizar las NAFIs con buenos rendimientos por lo que posteriormente se realizaron las voltamperometrías cíclicas, en distintos medios (variando disolventes y electrolito soporte) y distintos materiales de electrodos, a partir de las cuales se llevaron a cabo las electrólisis que muestran que se han logrado obtener los productos carbonílicos correspondientes a los alcoholes iniciales.

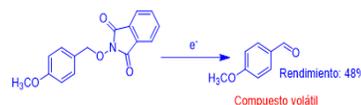
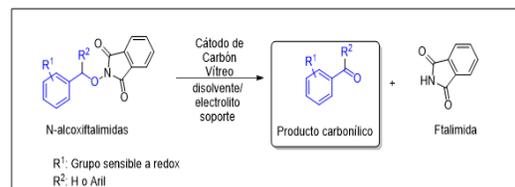


Figura 1. Reacción de obtención de compuestos carbonílicos a partir de NAFIs.

### 4. CONCLUSIONES

Es posible obtener los productos de oxidación selectiva de los alcoholes bencílicos a partir de sus derivados de *N*-alcoxiftalimidias con otros grupos sensibles a reacciones redox, mediante reducción catódica.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. Kim, et al., *Synlett*, **5**, 471 (1998).
- [2] H. Zhu, et al., *Org. Lett.*, **11**, 2019 (2009).
- [3] H. Zhu, et al., *J. Org. Chem.*, **80**, 965 (2015).
- [4] M. A. Syroeshkin, et al., *J. Phys. Org. Chem.*, **30**, 1 (2017).

## Estudio de las propiedades electroquímicas y electrotransformaciones de compuestos orgánicos en Cyrene, un disolvente bio-renovable

Presentación Póster

J. Sotelo Gil<sup>1</sup>, B. A. Frontana Uribe<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM, Carretera Toluca-Ixtlahuaca Km 14.5, Toluca, 50200, Estado de México, Mexico

<sup>2</sup>Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 CDMX, México.

E-mail: [bafrontu@unam.mx](mailto:bafrontu@unam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La dihidrolevoglucosenona (cuyo nombre comercial es *Cyrene*®) comparte algunas propiedades fisicoquímicas, como la polaridad, con la DMF y la NMP, sin embargo, no es tóxico ni mutagénico [1]. Aunque su desempeño como disolvente en síntesis orgánica ha empezado a ser evaluado, su aplicación en la síntesis electroquímica no ha sido estudiada aún. Adicionalmente, su estructura química permite su aplicación como hidrotropo en medio acuoso [2,3], lo que resultaría útil para sustituir disolventes orgánicos por un medio hidrotropo agua-cyrene. En este trabajo se muestra la aplicación de la dihidrolevoglucosenona como disolvente o como hidrotropo en medio acuoso, en reacciones de reducción electroquímica dirigidas a la síntesis orgánica preparativa.

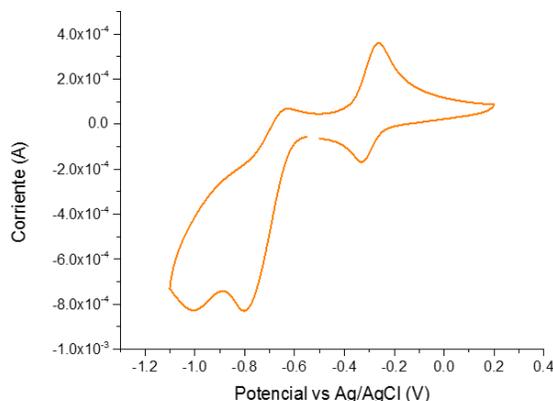
### 2. METODOLOGÍA

1. Aplicación de técnicas electroquímicas mediante las cuales se evalúe la viabilidad de una electrólisis aplicada a los reactivos analizados utilizando a la dihidrolevoglucosenona como disolvente o como hidrotropo en medio acuoso.
2. Evaluación de solubilidad de moléculas orgánicas en Cyrene o en medio acuoso con Cyrene como hidrotropo.
3. Planteamiento de la reacción electroquímica.
4. Electrólisis
5. Separación y purificación de productos.
6. Análisis de productos y evaluación de rendimiento y eficiencia.

### 3. RESULTADOS

Se ha determinado el coeficiente de difusión de Ferroceno en Cyrene®. Además, se ha determinado el potencial de reducción de algunas moléculas orgánicas

utilizando *Cyrene*® como disolvente o como hidrotropo en medio acuoso. Se muestran también algunos de los inconvenientes que se presentan al llevar a cabo una electrólisis en Cyrene.



**Figura 1.** Comportamiento de nitrobenzeno en sistema hidrotropo agua-Cyrene. WE: Carbón vítreo, CE: Pt.

### 4. CONCLUSIONES

Es posible la reducción de moléculas orgánicas en un medio hidrotropo agua-Cyrene®, con posible aplicación para la síntesis orgánica preparativa.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. E. Camp, *ChemSusChem*, **11**, 3048 (2018).
- [2] M. De bruyne, et al., *ACS Sustainable Chem. Eng.* **7**, 7878 (2019).
- [3] D. O. Abranches, J. Benfica, S. Shimizu, J. A. P. Coutinho, *Ind. Eng. Chem. Res.* **59**, 18649 (2020).

## Modificación de carbón vítreo con melatonina por el método de *electrografting*

### Presentación Póster

R. A. Barrera Quiroz, E. Méndez Albores, M. A. González Fuentes\*

Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad  
Universitaria CU, San Claudio S/N. C.P.72570, Puebla, Pue., México.

E-mail: [arely.barrera@alumno.buap.mx](mailto:arely.barrera@alumno.buap.mx)

| 104

### 1. INTRODUCCIÓN

El carbón vítreo es un material ampliamente utilizado como electrodo debido a su alta conductividad eléctrica y bajo costo. Sin embargo, a pesar de las excelentes características electroquímicas que posee, se han desarrollado diversas investigaciones que tienen como objetivo la modificación de estas superficies para su aplicación en la detección electroquímica de sustancias de interés. Un método versátil de modificación es el conocido como *electrografting*, que consiste en la oxidación o reducción de especies orgánicas con la consecuente formación de enlaces covalentes con la superficie del electrodo [1,2]. En este trabajo se presenta la modificación de electrodos de carbón vítreo a partir de la oxidación electroquímica del anión de melatonina ( $MLT^-$ ).

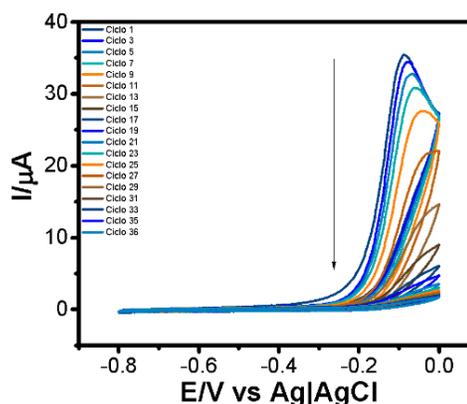
### 2. METODOLOGÍA

La modificación de los electrodos se realizó mediante *electrografting*, empleando una celda electroquímica de tres electrodos, donde el electrodo de trabajo fue carbón vítreo, el contraelectrodo un alambre de platino y el electrodo de referencia un electrodo Ag|AgCl. El medio de reacción consistió en una disolución de melatonina 1 mM + hexafluorofosfato de tetrabutilamonio ( $Bu_4NPF_6$ ) 0.1 M en acetonitrilo. La melatonina fue desprotonada *in situ* con hidróxido de tetrabutilamonio ( $Bu_4NOH$ ).

### 3. RESULTADOS

La Figura 1, muestra los voltamperogramas cíclicos de  $MLT^-$  1 mM. El ciclo 1 exhibe una señal de oxidación a  $-0.08$  V vs Ag|AgCl. Este valor de potencial es significativamente menor en comparación con el obtenido para la  $MLT$  neutra ( $1.14$  V vs Ag|AgCl). Es importante señalar que la oxidación de  $MLT$  neutra, en acetonitrilo no produjo la modificación del electrodo. La oxidación de  $MLT^-$  no muestra señal electroquímica en el barrido inverso, por lo que el

proceso de oxidación es químicamente irreversible. Conforme aumenta el número de ciclos, la intensidad de la corriente de pico disminuye gradualmente, lo cual es una característica de procesos de modificación por inhibición. La corriente alcanza un valor mínimo, que permanece constante a partir del ciclo 35. Este hecho es un indicio de que se ha alcanzado el máximo recubrimiento de la superficie del electrodo.



**Figura 1.** Voltamperogramas cíclicos de  $MLT^-$  1 mM +  $Bu_4NPF_6$  0.1 M en acetonitrilo, sobre carbón vítreo ( $\phi = 3$  mm) a  $0.1$  V  $s^{-1}$ .

### 4. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo la modificación de la superficie de carbón vítreo con  $MLT^-$  desprotonada en medio orgánico. El proceso de modificación presenta las características de inhibición típicas del método de *electrografting*.

### 5. REFERENCIAS

- [1] D. M. Hernández, M. A. González, P. D. Astudillo, L. S. Hernández, F. J. González, *Procedia Chemistry*, **12**, 3, (2014).
- [2] M. A. González-Fuentes, B. R. Díaz-Sánchez, A. Vela, F. J. González, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **670**, 30, (2012).

## Estudio electroquímico de la oxidación de ácido p-cumárico en medio acuoso utilizando electrodos de pasta de carbón

Presentación Póster

G. Sanchez Moreno, L. Galicia Luis, G. Valdés Ramírez\*.

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Departamento de Química, Área de Electroquímica. Av. San Rafael Atlixco 108, Leyes de Reforma 1ra Secc, Iztapalapa, 09310 Ciudad de México, CDMX

E-mail: [smgina9@gmail.com](mailto:smgina9@gmail.com), [gabrivra@gmail.com](mailto:gabrivra@gmail.com)\*

| 105

### 1. INTRODUCCIÓN

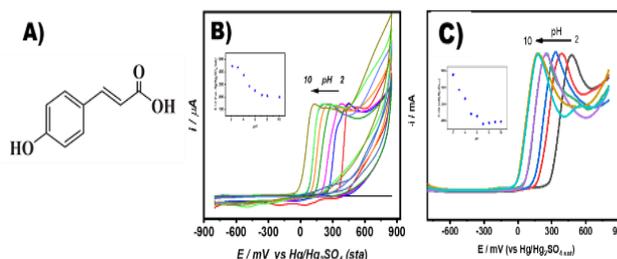
El ácido p-cumárico es una molécula que se encuentra de manera extensa en sistemas biológicos y de esta manera es posible encontrarlo en la naturaleza. El interés de la investigación de esta molécula orgánica ha surgido por ser prometedor con respecto a su modo de acción como antioxidante. Estos resultados sugieren usarse en la industria farmacéutica, alimentaria, cosmética, biomédica, entre otras [1]. En este trabajo se presenta el estudio electroquímico por voltamperometría cíclica y voltamperometría de onda cuadrada con electrodos de pasta de carbón (CPE) para la oxidación de ácido p-cumárico en medio acuoso.

### 2. METODOLOGÍA

Mediante voltamperometría cíclica y voltamperometría de onda cuadrada, se realiza el estudio de la oxidación de ácido p-cumárico en medio acuoso en presencia de acetatos, se emplea una celda de tres electrodos con CPE como electrodo de trabajo.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1, se muestran la representación de la molécula de ácido p-cumárico A) y, los resultados obtenidos para la oxidación de ácido p-cumárico en diferentes pH's B) voltamperometría cíclica y C) por voltamperometría de onda cuadrada. En voltamperometría cíclica, al incrementar el pH de la disolución se obtiene un desplazamiento del valor del pico de potencial de oxidación hacia valores menos positivos, al graficar el potencial como función del pH (recuadro en las gráficas) se observa que en el intervalo de pH de 3 a 7, la pendiente es prácticamente Nernstiana indicando un intercambio del mismo número de electrones y protones, mientras que a pH mayores a 7, la pendiente de la recta es prácticamente 0, habiendo un intercambio de electrones, pero no de protones. Los resultados obtenidos por voltamperometría de onda cuadrada muestran un comportamiento similar al antes descrito.



**Figura 1.** A) Molécula de ácido p-cumárico, B) voltamperogramas cíclicos de ácido p-cumárico, C) voltamogramas de onda cuadrada para la oxidación de ácido p-cumárico.

### 4. CONCLUSIONES

La oxidación del ácido p-cumárico a diferentes pH's es irreversible, dependiendo del pH de estudio se pueden intercambiar un mismo número de protones y electrones con un comportamiento Nernstiano o bien, no haber intercambio de protones pero si de electrones (medio básico).

### 5. REFERENCIAS

- [1] Paula Scanavez Ferreira. *Critical reviews in analytical chemistry*, **49**, 21 (2019).
- [2] R. Wada, S. Takahashi, H. Mugaruma. *Electrochimica Acta*. **359**, 136964 (2020).
- [3] I. Novak, A.M. Oliveira-Brett, M. Seruga. *Analytical Letters*, **40**, 3309 (2007).

## Caracterización electroquímica de biopelículas de *Klebsiella pneumoniae* generadas a diferentes temperaturas

Presentación Póster

G. Gallegos Ortega<sup>1</sup>, J. A. Cobos Murcia<sup>1</sup>, M. A. Veloz Rodríguez<sup>1</sup>, R. N. Falfan Cortés<sup>2</sup>, M. G. Gallegos Ortega<sup>3</sup>, V. E. Reyes Cruz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. AACTyM. Lab. Procesos Electroquímicos. Carr. Pachuca – Tulancingo Km 4.5. Col. Carboneras. Mineral de la Reforma, Hgo. México C.P. 42184.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. AAQ. Carr. Pachuca – Tulancingo Km 4.5. Col. Carboneras. Mineral de la Reforma, Hgo. México C.P. 42184.

<sup>3</sup> Universidad Veracruzana. Región Veracruz, Facultad de Odontología. C.P. 94294

E-mail: [reyescruz16@yahoo.com](mailto:reyescruz16@yahoo.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años han surgido tecnologías para tratar aguas residuales y generar energía simultáneamente. Tal es el caso de los sistemas bioelectroquímicos (BES), que siguiendo procesos ecoamigables maximizan la capacidad de microorganismos para transformar materia a través de la interacción electrodo-microorganismo. Sin embargo, en los BES la electroactividad de los microorganismos tiene un papel crucial y puede estar determinada por diversos factores [1]. Por ello, en el presente trabajo se evaluó electroquímicamente formación de biopelículas de *K pneumoniae* a diferentes temperaturas de cultivo.

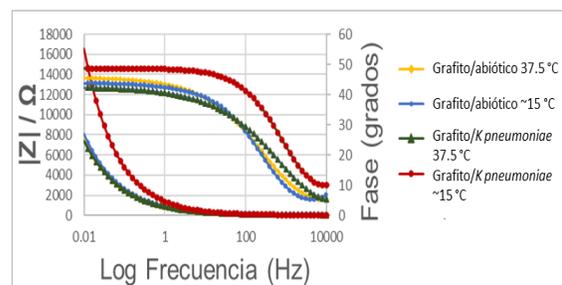
### 2. METODOLOGÍA

Se determinó la cinética de crecimiento de *K. pneumoniae* mediante espectrofotometría UV-Vis. Tomando como referencia la fase exponencial media se cultivó la bacteria (a temperatura ambiente ~15 °C y a 37.5 °C) en sistemas de: caldo nutritivo peptona de caseína con rodillos de grafito embebidos. Posteriormente, la biopelícula generada sobre los rodillos de grafito fue evaluada mediante EIS a una amplitud de 7 mV, en un intervalo de frecuencias entre 10 kHz – 100 mHz, e imponiendo -500 mV Vs OCP en un medio de buffer fosfatos pH 7. Los resultados fueron comparados con sistemas idénticos pero en condiciones abióticas.

### 3. RESULTADOS

Los resultados que se muestran en la Fig. 1 indican que en el sistema de *K. pneumoniae* cultivado durante 4 h a una temperatura ~15 °C, se alcanzaron mayores valores del módulo de impedancia a 0.01 Hz y con un

cambio en el ángulo de fase a valores de frecuencia superiores a 100 Hz. Presentando valores de hasta 8 kΩ superiores a los obtenidos por su respectivo sistema abiótico y cuando son cultivados a 37 °C. Lo que sugiere la formación exitosa de una biopelícula.



**Figura 1.** Gráfico de Bode de grafito embebido en *Klebsiella pneumoniae* y grafito abiótico tras 4 h del inóculo, cultivado a 15 °C y a 37.5 °C .

### 4. CONCLUSIONES

Es posible obtener biopelículas de *K. pneumoniae* tras 4 horas de cultivo y sin la necesidad de incrementar la temperatura para ello, permitiendo la modificación de la superficie del electrodo y su correspondiente respuesta electroquímica. El incremento de la resistencia se asoció a la producción de sustancia polimérica extracelular, mientras que los cambios en el ángulo de fase representan la contribución de procesos en la superficie asociados a la bacteria sobre el electrodo.

### 5. REFERENCIAS

[1] R. Mateos, et al., *Bioelectrochemistry*, **121**, 27 (2018).

## Estudio del proceso de transferencia de carga de microorganismos a electrodos: Análisis mediante la herramienta FOWA

Presentación Póster

J. A. Pérez García<sup>1</sup>, F. J. Bacame Valenzuela<sup>1,2</sup>, P. García Sanchez<sup>1</sup>, F. Castañeda Zaldivar<sup>1</sup>, Y. Reyes Vidal<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-CIDETEQ

E-mail: [mreyes@cideteq.mx](mailto:mreyes@cideteq.mx)

| 107

### 1. INTRODUCCIÓN.

Las tecnologías electroquímicas microbianas (TEM) son dispositivos de reciente generación, cuyo fundamento es la transferencia extracelular de electrones (TEE) de microorganismos haciaelectrodos. Unos de los factores que más influye en la TEE es la cinética de transferencia de carga de los microorganismos, la cual está asociada a reacciones bioquímicas acopladas a la electroquímica de los mediadores redox (MR) presentes en la interfaz [1]. El estudio de este proceso requiere del cálculo de las constantes de velocidad de las reacciones bioquímicas para determinar los factores que limitan la TEE. Una herramienta útil para el estudio de la TEE es el análisis FOWA (*Foot of the wave analysis*), generalmente aplicada para el estudio de la electrocatálisis molecular [2]. El objetivo de este trabajo fue el análisis del proceso de TEE de microorganismos-electrodos mediante la herramienta FOWA. Este es el primer estudio que emplea este método para el análisis de la TEE en celdas electroquímicas microbianas.

### 2. METODOLOGÍA

Se empleó una celda electroquímica (CE) de tres electrodos, empleando como electrodo de trabajo (E<sub>w</sub>) un electrodo colonizado con *Pseudomonas aeruginosa*. Se utilizó glucosa como única fuente de electrones. Los experimentos fueron a temperatura controlada (30° C). El estudio electroquímico se realizó mediante voltamperometría cíclica (CV).

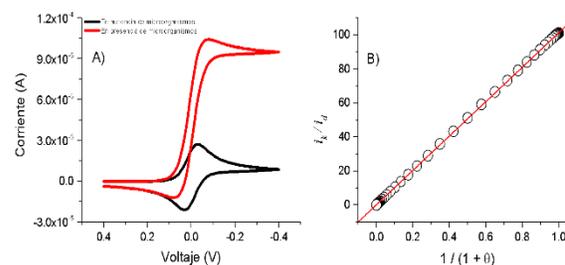
### 3. RESULTADOS

Los estudios por CV del proceso de TEE se llevaron a cabo a diferentes velocidades de barrido ( $v$ ) en presencia y ausencia de microorganismos (Figura 1A) empleando piocianina (PIO) como MR. El perfil electroquímico comparativo de PIO, permite diferenciar el proceso catalítico, confirmando la TEE.

Se observó un comportamiento similar a 2, 5 y 10 mV/s, confirmando un control cinético puro a tales condiciones. Estos resultados indican que, al tener control cinético, la transferencia de carga no está limitada por el consumo de la glucosa. El paso limitante del proceso es la transferencia de carga de *P. aeruginosa* al MR. Los perfiles electroquímicos fueron analizados por FOWA, linealizando la corriente del proceso directo mediante la ecuación:

$$\frac{i_k}{i_p} = \left( \frac{2.24 \sqrt{k' \cdot xRT}}{\sqrt{nFv}} \right)^{-1} + \theta$$

Los resultados se ajustan adecuadamente al análisis FOWA (Figura 1B), lo que permite obtener el valor de  $k'$  de  $1 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ .



**Figura 1.** A) Voltamperometría cíclica de PIO - *P. aeruginosa*. B) Análisis FOWA del proceso de electrólisis de PIO.

### 4. CONCLUSIONES

El método FOWA permite realizar el análisis del control cinético en el proceso de TEE microorganismos-electrodos y el cálculo del valor de  $k'$ .

### 5. REFERENCIAS

- [1] J.A. Pérez-García, et al., *Microbial electrochemical technologies for wastewater treatment*, Elsevier, 287 (2021).
- [2] E.S. Rountree, et al., *Inorganic Chemistry*, **53**, 9983 (2014)

## Reconocimiento molecular por puentes de hidrógeno controlados electroquímicamente en función de la temperatura

Presentación Poster

Y. Enriquez Izazaga, G. Armendariz Vidales, Carlos Frontana\*

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México

E-mail: [yenriquez@cideteq.mx](mailto:yenriquez@cideteq.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

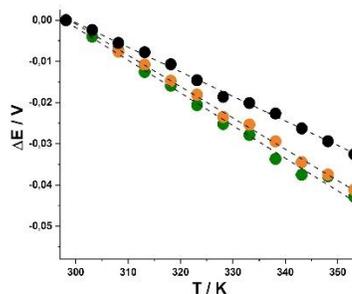
Los nitrocompuestos son de gran importancia biológica. Se conoce que la actividad biológica de éstos, dependerá de la estabilidad o reactividad de los compuestos reducidos generados, principalmente del primer radical anión ( $\text{RNO}_2^{\bullet-}$ ). Los radicales aniones se estabilizan por medio de la formación de puentes de hidrógeno, lo que conlleva a una alteración de las propiedades termodinámicas de la transferencia electrónica. Estos efectos pueden evaluarse mediante experimentos termoelectroquímicos, en donde se estudia la temperatura, como variable independiente, en las reacciones de transferencia de carga. A partir de estos estudios es posible analizar los componentes de energía libre, es decir, entropía y la entalpía de transferencia electrónica. En este trabajo se analizaron las funciones termodinámicas de formación de radicales aniones y los efectos provocados por los sustituyentes presentes y la posible influencia del puente de hidrógeno intramolecular.

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizó voltamperometría cíclica para la generación de radicales aniones. Los experimentos se llevaron a cabo a diferentes temperaturas, comprendidas en un intervalo de 300 a 350 K. Las mediciones se hicieron cada 5 K. Se empleó un sistema no isotérmico en el que la celda se conecta a un recirculador con el objetivo de mantener la temperatura de la celda y en la parte exterior un electrodo de referencia de plata.

### 3. RESULTADOS

Para analizar los datos se obtuvo una correlación lineal entre los valores de  $\Delta E_{1/2}$  y T en un intervalo de 300 a 350 K. A partir de esta información fue posible determinar los valores de  $\Delta S$ , representados como la pendiente ( $\Delta S = -nF (dE_{1/2}/dT)$ ).



**Figura 1.** Relación de  $E_{1/2}$  con T para la reducción de alcohol *o*-nitrobencílico (●) con nitrobenzeno (○) y alcohol *p*-nitrobencílico (◐).

Mediante este análisis se compararon los valores de entropía entre los compuestos que forman puente de hidrógeno intramolecular (IHB) (●) y los que no lo forman (◐, ◑). El alcohol *o*-nitrobencílico (●) muestra valores de  $\Delta S$  menores que su isómero el alcohol *p*-nitrobencílico (◑). En este trabajo se discutirán los efectos en las funciones termodinámicas, tales como entropía y entalpía de la serie de derivados de alcohol *o*-nitrobencílicos estudiados.

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados confirman que la formación de IHB resulta un efecto crítico al describir la termodinámica de transferencia electrónica de este tipo de compuestos. Además, la presencia del IHB es dominante sobre la de sustituyentes de diferente naturaleza química presentes en su estructura.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Enriquez-Izazaga, et al., J. Org. Chem., (2022) [Manuscrito enviado para su publicación].
- [2] M. Svaan, V. D. Parker, V. D. Parker, P. Krogsgaard-Larsen and U. Örn, Acta Chem. Scand., 35b,559 (1981)

## DIVISIÓN 4.

# ELECTROQUÍMICA DE MATERIALES (EM)

## Estudio de un electrodo de renio metálico en ácido clorhídrico

### Presentación Oral

R. García-García<sup>1</sup>, J. G. Rivera<sup>1,2</sup>, G. Orozco<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa, San Juan del Río, Querétaro, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, Pedro Escobedo, C. P. 76703 Querétaro, México.

E-mail: [gorozco@cideteq.mx](mailto:gorozco@cideteq.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los gráficos tipo volcán muestran la actividad electrocatalítica versus la energía de adsorción de una molécula sonda sobre una superficie metálica. Estos gráficos tienen la forma de una parábola inversa ( $-x^2$ ) donde el valor máximo en diversas reacciones electrocatalíticas le corresponde al platino (Pt). Por ejemplo, la reacción de formación y desprendimiento del gas hidrógeno tiene su máximo rendimiento en el metal platino. Este rendimiento se determina mediante la corriente de intercambio de la reacción de interés, que para el caso de la reacción de hidrógeno sobre platino le corresponde el orden de magnitud de  $10^{-3}$  A/cm<sup>2</sup>, mientras que para otros metales este valor de corriente de intercambio es menor, por ejemplo, en mercurio es nueve órdenes de magnitud menor ( $10^{-12}$  A/cm<sup>2</sup>).

La reacción de hidrógeno sobre renio metálico tiene una corriente de intercambio en el orden de magnitud de  $10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup> [1], y ha sido muy poco estudiada en ácido clorhídrico [2]. Lo anterior motivó la determinación de espectros de impedancia en zona de potenciales de la reacción de hidrógeno en ácido clorhídrico.

### 2. METODOLOGÍA

Los estudios del comportamiento del electrodo metálico se realizaron mediante la técnica de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Estas pruebas se realizaron en un potenciostato-galvanostato. La celda utilizada fue de vidrio con un arreglo tradicional de tres electrodos, utilizando un alambre de Pt como contraelectrodo y un electrodo de referencia de mercurio/sulfato mercurioso. El electrodo de trabajo fue un alambre de renio metálico con 99.99 % de pureza.

### 3. RESULTADOS

Se ajustó el circuito de Randles a los espectros obtenidos a varios potenciales en la zona de formación de hidrógeno. Se obtuvieron valores cuadrada menores a  $10^{-4}$ . La validación de las mediciones de impedancia fue demostrada por la transformación de análisis Kramers-Kronig, (pseudo valores de raíz cuadrada fueron menores a  $10^{-5}$ ). El espectro de impedancia proporcionó la resistencia del electrolito así como las corrientes de intercambio.

### 4. CONCLUSIONES

Las mediciones de impedancia se ajustaron utilizando un circuito modelo Randles, ya que los espectros muestran una sola constante de tiempo (unsemicírculo) en los diagramas de Nyquist. La densidad de corriente de intercambio se determinó con base en los espectros de impedancia resultado del orden de  $10^{-6}$  A/cm<sup>2</sup>.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. G. Rivera, et al., *Memorias en extenso del XXX Congreso de la Sociedad Mexicana de Electroquímica*, CAE-P6, Veracruz, Ver., Mex, (2015).
- [2] M. J. Joncich, et al., Hydrogen Overvoltage on Rhenium and Niobium Electrodes, *J. Electrochem. Soc.*, **112**, 717 (1965).

# Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la producción de membranas de intercambio protónico a partir de celulosa nanocrystalina y óxido de grafeno reducido: efecto de la temperatura y tiempo de extracción

Presentación Oral

P. Salazar Bravo<sup>1</sup>, A. M. Torres Huerta<sup>2\*</sup>, M. A. Dominguez Crespo<sup>2</sup>, M. I. Rojas Torres<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> CICATA-Unidad Altamira, Instituto Politécnico Nacional, Altamira, Tamps., 89600, México.  
<sup>2</sup> UPIIH, Instituto Politécnico Nacional, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, 42162, México.

E-mail: [atorresh@ipn.mx](mailto:atorresh@ipn.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de materiales elaborados de recursos renovables, con aplicaciones energéticas; continúa estudiándose [1]. En el caso específico de celdas de combustible (PEMFC), comercialmente presentan algunas desventajas como la formación de intermediarios tóxicos, baja estabilidad térmica y altos costos de producción, afectando su rendimiento [2]. Por tal motivo, en este proyecto se desarrolló una membrana de celulosa nanocrystalina (CNC) obtenida del zuro de maíz, con óxido de grafeno reducido (OGR), para su posible aplicación como membrana PEMFC. Se realizó una caracterización estructural, morfológica y química mediante difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (MEB) y Espectroscopía infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR). Asimismo, se realizó un análisis de la conductividad iónica a partir de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) a diferentes temperaturas (30, 50 y 70 °C). Los valores más altos en conductividad iónica  $0.117 \text{ S cm}^{-1}$  se obtuvieron cuando las muestras se prepararon bajo las siguientes condiciones: tiempo de extracción 1.5 h, 70 °C y una cantidad de OGR de 1.5 % en peso. En estas condiciones, también se observó un incremento en las propiedades mecánicas desde 5.6 para membranas sin reforzar hasta 418 MPa al incorporar OGR

## 2. METODOLOGÍA

La CNC se aisló mediante hidrólisis ácida con ácido sulfúrico al 45 % v/v a 50, 60, 65 y 70 °C. Mientras que, el OGR se sintetizó a partir de la reducción térmica a 500 °C del óxido de grafeno obtenido por el método Hummer's modificado. Posteriormente, las membranas se prepararon agregando 0.5 y 1.5 % de OGR a la CNC y se depositaron sobre un sustrato de vidrio, utilizando un aplicador de película (Elcometer 3580).

## 3. RESULTADOS

Se evaluó la conductividad del protón por EIE, y la más

alta fue de ( $0.117 \text{ S cm}^{-1}$ ), como se observa en la Tabla 1. Los diagramas de Nyquist mostraron una mayor resistencia (aprox  $2 \times 10^2 \Omega \text{ cm}^2$ ) cuando la temperatura fue menor (30

°C). Por nanoindentación, se observó que con el OGR (0.5-1.5%), aumentó la dureza (5.6 a 418 MPa), comparada con la membrana CNC, debido a que las propiedades de los nanocompuestos base grafeno, son influenciadas por la dispersión de este en la matriz polimérica.

**Tabla 1.** Conductividad ( $\text{S cm}^{-1}$ ) de las membranas CNC-OGR a 30, 50 y 70 °C.

Muestra	30 °C	50 °C	70 °C
CNC 1H OGR 0.5 %	0.032	0.033	0.035
CNC 1H OGR 1.5 %	0.025	0.025	0.038
CNC 1.5 H OGR 0.5 %	0.034	0.033	0.033
CNC 1.5 H OGR 1.5 %	0.042	0.051	0.117

## 4. CONCLUSIONES

Se alcanzó un aislamiento adecuado de la CNC a 45 °C durante 1 y 1.5 h, de acuerdo con los resultados de DRX y FTIR. Las membranas incrementaron las propiedades mecánicas con la adición del 1.5 % de OGR y 1 h de hidrólisis (418 MPa). La mayor conductividad ( $0.117 \text{ S cm}^{-1}$ ) se obtuvo para la muestra CNC 1.5 H OGR 1.5 %, debido al tiempo de hidrólisis y grupos sulfónicos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] D. Xu, Z. Zhe, L. Wei and D. Yulin, *Nano Energy*, **35**,299 (2017).
- [2] T. D. O. Gadim, C. Vilela, F. J. A. Loureiro y A. J. D. Silvestre, *Industrial Crops and Products*, **93**, 212 (2016).

# Análisis electroquímico del mucílago de aloe vera como inhibidor del acero en solución alcalina modelada en presencia de cloruros

## Presentación Oral

A. C. Carrillo Birkhahn<sup>1</sup>, F. E. Corvo Perez<sup>2\*</sup>, E. M. García Ochoa<sup>2</sup>, P. J. Maldonado Rivas<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Campeche. Calle Avenida Agustín Melgar s/n, Buenavista, 24039.

San Francisco de Campeche, Campeche. México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación de Corrosión. Universidad Autónoma de Campeche. Av. Héroe de Nacozari 480. C.P. 24079. San Francisco de Campeche, Campeche. México.

E-mail: [acarrbirk@gmail.com](mailto:acarrbirk@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión atmosférica es una de las principales causas del deterioro prematuro [1]. Los contaminantes que afectan la estabilidad del concreto armado son la salinidad y el CO<sub>2</sub> [2]. Existen diversos métodos para prevenir y controlar la corrosión.; uno de ellos es el uso de inhibidores. Algunos inhibidores sintéticos han demostrado ser tóxicos, costosos y dañinos para el medio ambiente y el ser humano [3]. El desarrollo de inhibidores naturales es una alternativa que podría permitir la protección de las estructuras de concreto sin dañar la salud humana y los ecosistemas. En este trabajo se evaluó las propiedades anticorrosivas del mucílago de aloe vera sobre el acero de refuerzo convencional usado en la construcción mediante un electrodo de trabajo elaborado de este material.

## 2. METODOLOGÍA

El extracto de aloe vera (mucílago) fue obtenido mediante incisión (cortes en la hoja recién cortada), estas exudan el líquido que se pesa de acuerdo a la concentración a estudiar. Las propiedades inhibidoras del extracto natural del mucílago (M1) fueron comparadas con el extracto del mucílago envejecido ambientalmente (M2) y el extracto comercial (M3). Una serie de soluciones alcalinas (pH=12.6) preparadas con ciertas concentraciones inhibidoras del mucílago de aloe vera y diferentes porcentajes de cloruros (1% y 3.5%) fueron utilizados como electrolitos de sólidos iónicos. Los efectos en el potencial de picadura y su eficiencia inhibidora del mucílago extraído del aloe vera fue evaluado mediante polarización potenciodinámica y Espectroscopia de Impedancia.

## 3. RESULTADOS

El mucílago de aloe vera natural incrementa el potencial de picadura a valores más positivos (-0.11V

a +0.12V) y eficiencias inhibidoras >50%. Se comprobó la eficacia del compuesto natural al obtener mejores resultados que uno industrial. Al utilizar un mucílago natural expuesto al ambiente como inhibidor de corrosión para el acero de refuerzo los valores de EI% (>77%), Ecorr (-0.89V a -0.71V), E<sub>pic</sub> (-0.11V a +0.25V) y E<sub>prot</sub> (-0.51V a -0.41V) mejoran con respecto al recientemente extraído.

## 4. CONCLUSIONES

El mucílago de aloe vera natural muestra un notable efecto ante el acero de refuerzo en un medio alcalino y en presencia de cloruros; este efecto mejora al aumentar el tiempo de exposición al ambiente después de extraído. Además, representa un punto clave ante el fenómeno de corrosión que el inhibidor logre prolongar el proceso de nucleación y pasive la picadura en un ambiente alcalino.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M.R. Sosa Baz, *Deterioro de estructuras de concreto armado en ambiente marino: efecto del medio de exposición*, 6, México D.F (2003).
- [2] O. T. de Rincón et al., *DURAR; Manual de inspección, evaluación y diagnóstico de corrosión en estructuras de hormigón armado. Programa Iberoamericano CyTED* (1998).
- [3] L. Tejeda Benitez, et al., *Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria*, 78, 155 (2014).

# Efecto de la temperatura de calcinación de ZIFs en la obtención de carbono mesoporoso dopado con heteroátomos (M-N-C) y su impacto en la detección electroquímica de peróxido de hidrógeno

Presentación Oral

M. J. Martín Martínez<sup>1</sup>, L. Álvarez Contreras<sup>2</sup>, M. Guerra Balcázar<sup>3</sup>, B. L. España Sanchez<sup>1</sup>, N. Arjona<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C., Querétaro, C. P. 76703, México

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Chihuahua, C. P. 31136, México

E-mail: [wvelazquez@cideteq.mx](mailto:wvelazquez@cideteq.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ZIFs (Zeolitic Imidazol Frameworks) son polímeros de coordinación basados en iones metálicos enlazados a través del ligando imidazolato. Estos materiales porosos son característicos por su estructura altamente ordenada, gran área específica, alta estabilidad química y térmica. El ZIF-67 ha sido reportado como un buen precursor para la preparación de M-N-C, como el Co-N-C, el cual ha sido identificado como uno de los más atractivos para la detección redox de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> debido a su bajo costo, alta estabilidad, y gran actividad catalítica [1].

## 2. METODOLOGÍA

La síntesis del ZIF-67 fue por el método hidrotermal. El Co-N-C se sintetizó en un horno tubular a diferentes temperaturas con atmósfera de Nitrógeno. Los materiales obtenidos fueron depositados en un electrodo de carbón vítreo con y sin soporte de óxido de grafeno-nanotubos de carbono dopado con N (G-NTC). La evaluación de los materiales se realizó por vía electroquímica para la oxidación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

## 3. RESULTADOS

El ZIF-67 y los materiales obtenidos (Co-N-C, a diferentes temperaturas) se caracterizaron por DRX, FTIR, Raman, SEM, TGA, XPS y BET confirmando la morfología, estructura, y área superficial específica. Estos materiales presentan variaciones en el área específica, morfología y disminución del N conforme se aumenta la temperatura, modificando la dispersión de átomos de Co. Mediante voltamperometría cíclica se evaluó la sensibilidad de detección H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y el efecto de la temperatura de calcinación en la electrocatalisis de la reacción de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, observándose un aumento del pico de oxidación con el incremento de la velocidad de

barrido, el área superficial y el contenido de N dopado. Se determinó la estabilidad de los materiales y la R<sub>ct</sub> mediante cronoamperometría y EIS, respectivamente.

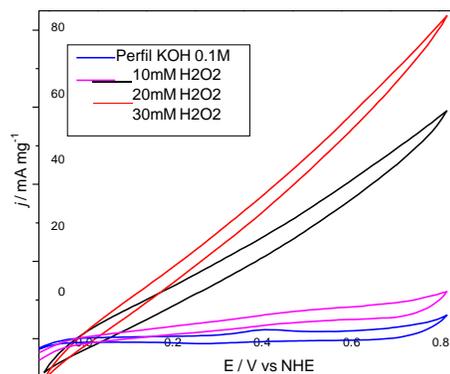


Figura 1. Detección electroquímica de peróxido de hidrógeno en 0.1 M KOH del material carbonoso obtenido a 800°C.

## 4. CONCLUSIONES

El carbono mesoporoso dopado con Co y N mostró actividad para detectar H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a través de su oxidación. El material mesoporoso obtenido a 800°C mostró una sensibilidad superior atribuida a la disminución de la R<sub>ct</sub>.

## 5. REFERENCIAS

[1] X. Feng, et al., *Electrochimica Acta*. **389**, 138791 (2021).

# Estabilidad REDOX de películas del polímero conductor durentetraoxiditiofeno (DTODT) electrodepositadas en diferentes materiales de electrodo

Presentación Oral

F.A. Bravo Plascencia, M. P. Flores Morales, B. A. Frontana Uribe \*

Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM, Toluca 50200,  
México

E-mail: [bafontu@unam.mx](mailto:bafontu@unam.mx)

| 114

## 1. INTRODUCCIÓN

Los derivados de 3-4 dialcoxitiofenos generan polímeros que en su estado oxidado presentan propiedades conductoras y ópticas útiles para su aplicación en dispositivos electrónicos como por ejemplo las celdas solares orgánicas [1]. Estas tienen porcentajes de eficiencia de conversión de energía (PCE) superiores al 18% [2], sin embargo aún presentan inconvenientes con su estabilidad. Particularmente, la inclusión de PEDOT:PSS en su capa transportadora de huecos, aumenta el riesgo de degradación química; dado que este polímero tiene un carácter ácido por lo que tiende a captar H<sub>2</sub>O y O<sub>2</sub> del ambiente [3]. En este contexto, el durentetraoxiditiofeno (DTODT) aparece como un sustituto para el PEDOT:PSS el cual se espera sea capaz de generar películas conductoras muy organizadas y estables en medios anhidros mediante polimerización electroquímica.

## 2. METODOLOGÍA

### a) Síntesis de DTODT

El monómero se obtuvo mediante reacciones de eterificación, saponificación y posterior descarboxilación partiendo del 3,4-hidroxi-2,5-carbetoxitiofeno [4]

### b) Polimerización electroquímica

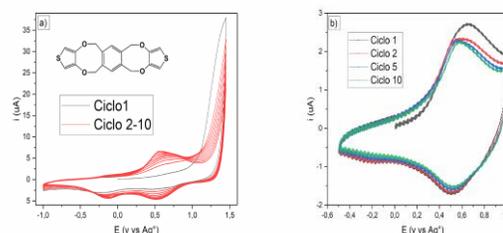
Se exploraron diferentes condiciones de polimerización potenciodinámica variando electrolito soporte, electrodos de trabajo, velocidad de barrido y potenciales de oxidación del monómero. Se emplearon electrodos de Pt y CV para comparar las propiedades del polímero conductor en ellos

### c) Caracterización de polímero

Se evaluó la estabilidad del poli-DTODT (PDTODT) con voltamperometría cíclica

## 3. RESULTADOS

El aumento de las corrientes catódicas y anódicas es evidencia del crecimiento del polímero sobre la superficie del electrodo (Figura 1a). Por otro, el polímero de DTODT muestra estabilidad en el medio de polimerización (Figura 1.b).



**Figura 1.** a) Polimerización con 5  $\mu\text{M}$  de monómero, carbón vítreo (RT), alambre de platino (CE) y  $\text{Ag}^\circ$  (ER), 0.1 M  $\text{TBAPF}_6$  en DCM. b) Poli-DTODT caracterizado en el mismo sistema de a).

## 4. CONCLUSIONES

La polimerización de DTODT es factible en las condiciones exploradas y muestra estabilidad en medio orgánica

## 5. REFERENCIAS

- [1] L.Groenendaal, et al., *Adv. Mater.*, **15**, 855 (2003).
- [2] M.Zeng, X.Wang, et al., *Advanced Energy Materials*, **10**, 1 (2020).
- [3] J. Cameron, P.Skabara, *Materials Horizons*, **7**, 1759 (2020).
- [4] G. Salinas, et al., *Synth. Met.*, **237**, 65 (2017).

## Funcionalización de nanofibras mediante la electropolimerización *in situ* de PPy y PEDOT para la obtención de microarquitecturas electroactivas

### Presentación Oral

A. Pérez Nava<sup>1</sup>, J. B. González Campos<sup>2</sup>, B. A. Frontana Uribe<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>IQ, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior s/n, Circuito de la Investigación Científica, C. U., 04510, CDMX, Méx.

<sup>2</sup>IIQB, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Fco. J. Mujica s/n, C. U., 58030, Morelia, Mich. Méx

E-mail: [bafrontu@unam.mx](mailto:bafrontu@unam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La obtención de nanomateriales basados en polímeros conductores (CP) es altamente deseable para aplicaciones tecnológicas y biomédicas. Sin embargo, el procesamiento de los CP es limitado por la solubilidad que éstos presentan [1]. Los métodos de electropolimerización presentan como principales ventajas i) el control de la morfología y espesor de las películas de CP mediante el control de las condiciones de polimerización, y ii) la deposición simultánea de la película del CP [2].

El uso de electrodos modificados con colecciones de nanofibras pueden ser empleadas como plantillas que induzcan la deposición de los polímeros conductores desde etapas tempranas de polimerización [1]. El presente trabajo aborda la obtención de microentornos de polipirrol (PPy) y poli(3,4-etilendioxitiofeno) (PEDOT) sobre electrodos de ITO modificados con nanofibras de alcohol polivinílico (PVA).

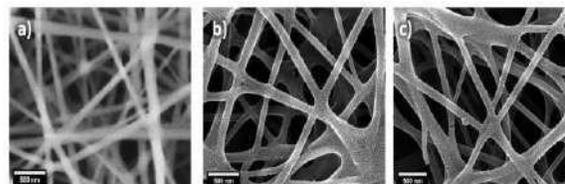
### 2. METODOLOGÍA

Las colecciones de nanofibras de alcohol polivinílico (NF-PVA) fueron obtenidas mediante la técnica de electrospinning bajo parámetros previamente estandarizados, [3] empleando electrodos de ITO como colectores. Posteriormente, las electropolimerizaciones tanto de PPy como de PEDOT se realizaron sobre electrodos de ITO modificados con NF-PVA empleando la configuración estándar de 3 electrodos (CE= Pt y ER=Ag<sup>0</sup>/Ag<sup>+</sup>) mediante voltametría cíclica [2].

### 3. RESULTADOS

La electropolimerización/deposición directa de PPy y PEDOT sobre los electrodos de ITO modificados con NF-PVA origina cambios significativos en la morfología de

la superficie de las NF-PVA (Figura 1). En el proceso, las NF-PVA ejercen el rol de “plantillas duras” guiando la electrodeposición de PPy y PEDOT.



**Figura 1.** Micrográficas de a) NF-PVA soportadas en electrodos de ITO, y los compósitos b) NF-PVA/PPy:ClO<sub>4</sub> y c) NF-PVA/PPy:ClO<sub>4</sub> obtenidas mediante electropolimerización *in situ*.

### 4. CONCLUSIONES

La electropolimerización *in situ* sobre electrodos de ITO modificados con NF-PVA permite la obtención de microentornos con organización controlada.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. V. Ebadi, et al., *Sensors and Actuators B: Chemical*, **297**, 126736 (2019).
- [2] A. U. Palma-Cando, et al., *Procedia Chemistry*, **12**, 92 (2014).
- [3] A. Pérez-Nava, et al., *Fibers and Polymers*, **19**, 156 (2018).

# Análisis superficial mediante EIS de galena expuesta a iones típicamente presentes en sistemas de flotación

Presentación Oral

N. Castillo Magallanes<sup>1</sup>, I. Rodríguez, R. Cruz<sup>1,2</sup>, I. Lázaro<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

<sup>2</sup>Instituto de Metalurgia, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

E-mail: [A260916@alumnos.uaslp.mx](mailto:A260916@alumnos.uaslp.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La galena (PbS) es un mineral que se concentra y se separa de otros minerales mediante la técnica de flotación, aprovechando sus características hidrofóbicas. Para aumentar o disminuir la hidrofobicidad de la galena se emplean colectores y depresores respectivamente [1].

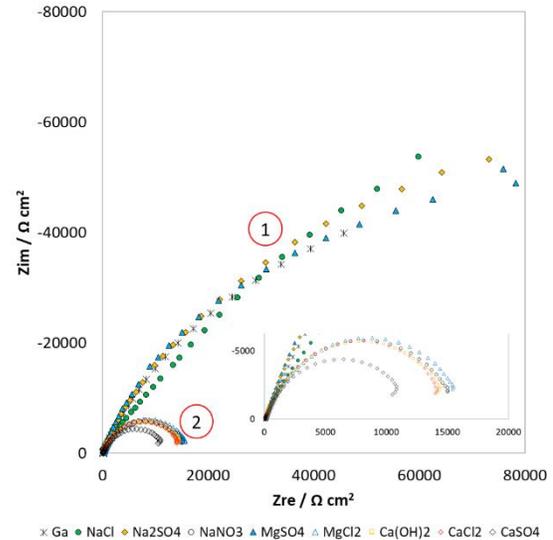
Un factor importante en la flotación de galena es la calidad del agua, que afecta la funcionalidad de colectores y depresores, encontrando un efecto negativo de iones como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  [2]. Sin embargo, no hay consenso respecto a los fenómenos interfaciales asociados, relevantes para el control del proceso de flotación.

## 2. METODOLOGÍA

Se evaluaron soluciones sintéticas de distintas sales de sulfato, magnesio y calcio a distintas concentraciones. Se utilizó galena de alta pureza para la construcción de electrodos en donde se realizaron pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica y mediciones de potencial a circuito abierto. Asimismo se realizaron pruebas de adsorción y se midió la hidrofobicidad del mineral mediante pruebas de ángulo de contacto.

## 3. RESULTADOS

La figura 1, muestra dos tipos de espectro que se obtienen en presencia de xantato con y sin iones. En el grupo 1 se encuentran las sales que incrementan la impedancia:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$  y  $\text{NaCl}$ , mientras que en el grupo 2 las que la disminuyen son  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  y  $\text{NaNO}_3$ . Las diferentes formas de los espectros se atribuyen a la formación de distintas estructuras superficiales que mejoran la hidrofobicidad del mineral en el caso del grupo 1, mientras que en el grupo 2 los iones compiten por los sitios de adsorción de la galena, provocando una menor impedancia y una menor hidrofobicidad.



**Figura 1.** Diagramas de Nyquist para un electrodo de PbS en soluciones sintéticas que emulan sistema de flotación.

## 4. CONCLUSIONES

Las mediciones de EIS se ajustaron a un circuito equivalente con un parámetro capacitivo, C2, que tiene relación con la capacidad de adsorción y la hidrofobicidad de PbS. Los resultados de este estudio permiten predecir el comportamiento de PbS en un circuito de flotación para distintas calidades de agua.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Hu, et al., *Electrochemistry of flotation of sulphide minerals*, 69, Springer Science & Business Media, China, (2010).  
[2] G. Bulut, U. Yenial, *Minerals and metallurgical processing*, **33**, 137 (2016).

## Evaluación de electrocatalizadores bimetálicos Pd-Co en la reacción de oxidación de ácido fórmico

### Presentación Oral

M. Landa Castro<sup>1</sup>, M. A. Romero Romo<sup>1</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>,  
E. Arce Estrada<sup>2</sup>, P. Morales Gil<sup>3</sup>, M. G. Montes de Oca Yemha<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales. Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C. P. 02200, CDMX, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, Ciudad de México, CDMX, México.

<sup>3</sup>Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Caracterización de Materiales Sintéticos y Naturales, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, CDMX, C.P. 07730, México

E-mail: [mgmy@azc.uam.mx](mailto:mgmy@azc.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

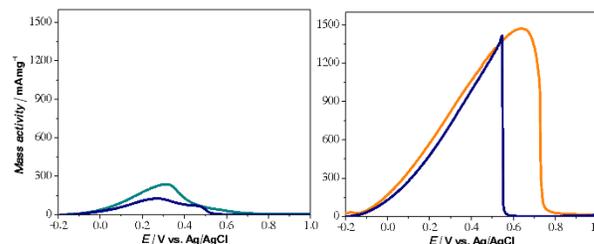
El paladio presenta propiedades y características que lo hacen ser uno de los mejores electrocatalizadores, las últimas investigaciones revelan el esfuerzo que se ha dedicado a la síntesis de NPs bimetálicas basepaladio, siendo el principal motivo el aumento en la actividad catalítica del Pd cuando se adiciona un segundo metal como el cobalto [1]. Aunado a esto se ha buscado que la síntesis de NPs Pd-Co sea fácil sin perder sus excelentes propiedades fisicoquímicas por ejemplo se ha revelado que la adición de un segundo metal modifica la red cristalina y parámetros electrónicos, mejorando su actividad catalítica [2].

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis de las NPs de Pd y Pd-Co se realizó mediante electrodeposición aplicando un potencial constante (-0.48 V) sobre el electrodo de carbono vítreo.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1, se comparan voltamperogramas cíclicos con velocidad de exploración  $0.02 \text{ Vs}^{-1}$  adquiridos en  $0.1 \text{ M HClO}_4 + 1.0 \text{ M HCOOH}$  a temperatura ambiente para Pd y Pd-Co sintetizados a -0.48 V. El barrido inicio -0.2 V en sentido anódico, se nota un aumento rápido de la corriente, seguido de una drástica caída por la formación de óxidos de paladio, invirtiendo el sentido se produce la reducción de estas especies (PdO) devolviéndole la eficiencia a la superficie de las NPs.



**Figura 1.** Voltamperogramas cíclicos de Pd-0.48 v Pd-Co-0.48 v en  $0.1 \text{ M HClO}_4 + 1.0 \text{ M HCOOH}$  a una velocidad de  $0.02 \text{ Vs}^{-1}$ , en los límites de potencial -0.2 a 1.0 V, iniciando en dirección anódica.

### 4. CONCLUSIONES

Las NPs Pd-Co sintetizadas a -0.48 V tienen la capacidad de oxidar el ácido fórmico, resultando ser mejor electrocatalizador que Pd monometálico sintetizado en las mismas condiciones de potencial, temperatura y medio (Reline).

### 5. REFERENCIAS

- [1] SK. S. Hossain, et al., *Catalysts*, **11**, 910 (2021)
- [2] S. Tominaka, et al., *Electrochimica Acta*, **53**, 4679(2008).

## Sobre la transición de la nucleación 2D a 3D durante la electrodeposición potenciostática de Zn

Presentación Oral

M. Palomar Pardavé<sup>1\*</sup>, G. Vidal García<sup>1</sup>, J. Aldana González<sup>1</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, M.T. Ramírez Silva<sup>2</sup>, M. M. M Teutli León<sup>3</sup>, V. Mugica Álvarez<sup>4</sup>, P. Morales Gil<sup>5</sup>, J. Mostany<sup>6</sup>, B. R. Scharifker<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Deptos. de Materiales y de Ciencias Básicas<sup>4</sup>. Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200 CDMX, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200 CDMX, México.

<sup>3</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería. C.U. Blvd Valsequillo y Av. San Claudio S/N Col. San Manuel. C.P. 72570 Puebla, Puebla, México.

<sup>5</sup>Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Caracterización de Materiales Sintéticos y Naturales, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, C.P. 07730 CDMX, México

<sup>6</sup>Universidad Simón Bolívar, Departamento de Química, Caracas 1080A, Venezuela

E-mail: [mepp@azc.uam.mx](mailto:mepp@azc.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

En el modo clásico de crecimiento llamado Stranski-Krastanow (S-K) [1], el depósito de una capa bidimensional (2D) sobre el sustrato es seguida por la formación de islas de morfología tridimensional (3D) de la especie depositante. Este mecanismo se observa en una amplia variedad de síntesis de materiales y actualmente está recibiendo considerable atención como un posible medio de fabricación de puntos cuánticos en semiconductores. Sin embargo, a pesar de la importancia de la transición de 2D a 3D, nuestra comprensión actual de la cinética de este proceso es todavía muy limitada, en particular cuando éste se lleva a cabo mediante electrodeposición. En este trabajo se estudia el electrodeposición de Zn sobre carbono vítreo a partir de iones Zn(II) disueltos en el disolvente eutéctico profundo llamado relina, mezcla eutéctica formada por cloruro de colina y urea, a 70 °C observándose que el depósito de Zn involucra el mecanismo S-K.

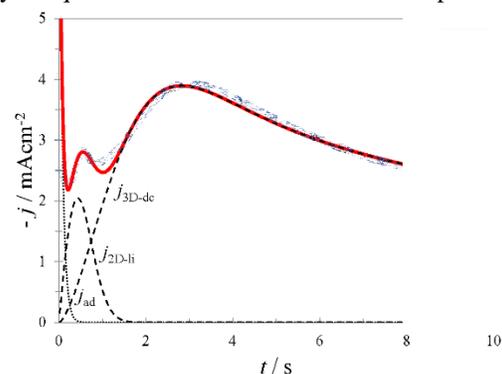
### 2. METODOLOGÍA

El electrodeposición de Zn se realizó mediante la aplicación de diferentes sobrepotenciales al electrodo de carbono vítreo (GCE) inmerso en relina donde fue previamente disuelto ZnCl<sub>2</sub>.

### 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra la capacidad de los modelos reportados en [2,3] para analizar las contribuciones 2D

y 3D que están involucradas durante este proceso.



**Figura 1.** Comparación de una curva  $j$ - $t$  experimental ( $\circ\circ$ ) obtenida en el sistema GCE / 50 mM Zn (II) en relina a -0.283 V con una teórica ( $\text{—}$ ) que involucra la contribución de un proceso de absorción,  $j_{ad}$ , uno de nucleación 2D,  $j_{2D-li}$  y otro 3D,  $j_{3D-dc}$  [2,3].

### 4. CONCLUSIONES

Se muestra el electrodeposición de Zn en este sistema involucra el mecanismo S-K el cual es caracterizado mediante el análisis de curvas  $j$ - $t$ .

### 5. REFERENCIAS

- [1] J.E. Prieto, I. Markov., *Surface Science*, **664**, 172 (2017).
- [2] M. Palomar-Pardavé, I. González, N. Batina., *J. Phys. Chem. B*, **104**, 3545 (2000).
- [3] M. Romero-Romo, et al., *J. Electroanal. Chem.*, **791**, 1 (2017).

# Cuprato de litio modificado con iones de metales de transición como cátodo para baterías de ion litio

Presentación Oral

B. A. García Carrillo<sup>1\*</sup>, M. A. Martínez Cruz<sup>1</sup>, I. González<sup>1</sup>, G. Ramos Sánchez<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México

<sup>2</sup>Departamento de IPH, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México

<sup>3</sup>CONACYT

E-mail: [bralex@live.com.mx](mailto:bralex@live.com.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo acelerado de la humanidad, ha generado un sinnúmero de dispositivos que requieren de un sistema de almacenamiento de energía, conocido como “Batería”. Las baterías de ion litio están conformadas por un ánodo, un medio salino y un cátodo conformado por un compuesto inorgánico de litio. Entre los compuestos que se utilizan como cátodo, destaca el  $\text{Li}_2\text{CuO}_2$  debido principalmente al bajo costo del cobre, y a la alta capacidad teórica ( $490 \text{ mA}\cdot\text{h}\cdot\text{g}^{-1}$ ). [1]

Desafortunadamente, el  $\text{Li}_2\text{CuO}_2$  está lejos de ser un material ideal, debido a desventajas como modificar el estado de oxidación del cobre modificando el arreglo cristalino y a una elevada probabilidad de evolucionar oxígeno a potenciales altos, propiciando que la estructura colapse y tenga un tiempo de vida útil corto [2].

En este proyecto se ha optado por dopar el material pristino con iones de metales de transición (MT), los metales que interactúan son Ni(II), Co(II) y Mn(II) para mejorar las capacidades del compuesto pristino.

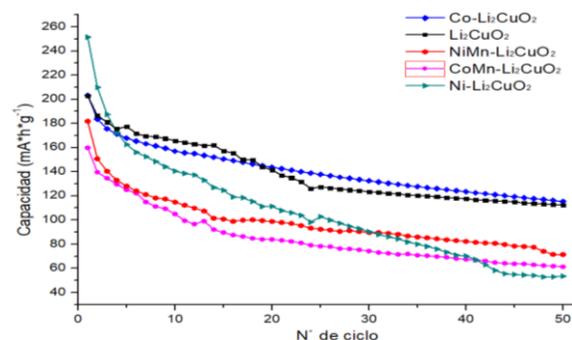
## 2. METODOLOGÍA

Se realizaron reacciones de estado sólido para obtener cuprato de litio ( $\text{Li}_2\text{CuO}_2$ ) modificado con distintos MT. Las reacciones se realizaron moliendo los reactivos, después se les aplicó una presión de 1 tonelada por 2 minutos y recibieron tratamiento térmico durante 6 horas a  $800^\circ\text{C}$ .

## 3. RESULTADOS

Los productos de reacción se caracterizaron por medio de ciclado galvanostático para obtener los perfiles de carga/descarga, de esta manera se realizó una comparación para obtener la capacidad de almacenamiento de energía que tienen los materiales

después de 50 ciclos así como el porcentaje de retención. (Figura 1)



**Figura 1.** Capacidad específica de los materiales sintetizados en función del número de ciclos de descarga.

## 4. CONCLUSIONES

Al realizar la comparación entre las modificaciones adicionadas se observa que los MT se adicionan a la estructura del compuesto pristino; sin embargo, no contribuye a mejorar la retención de la carga ni a incrementar la capacidad teórica máxima del material, siendo la modificación con Co, la única que presenta una mejora en las propiedades del material.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M.A. Martínez-Cruz, *Dalton Trans.*, **49**, 4549 (2020).[2] G. Ramos-Sánchez, **303**, 89 (2017).

# Síntesis electroquímica de nanopartículas de paladio-plata sobre carbono vítreo y polipirrol empleando disolventes eutécticos profundos

Presentación Oral

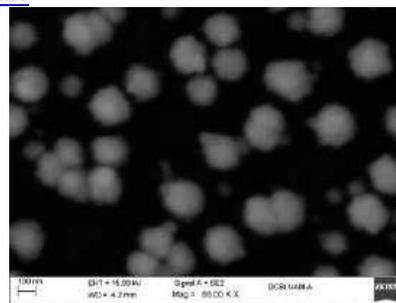
E. Avalos Huarte, M. G. Montes de Oca-Yemha, M. Palomar Pardavé, J. I. Aldana-González  
Área Ingeniería de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

E-mail: [mepp@azc.uam.mx](mailto:mepp@azc.uam.mx)

| 120

## 1. INTRODUCCIÓN.

Las celdas de combustible (CC) de ácido fórmico directo (DFAFC), a diferencia de las CC de metanol directo (DMFC), tienen como principales ventajas que el ácido fórmico es líquido a temperatura ambiente, no es tóxico ante la FDA (Federal Drug Administration), siendo Pd el electrocatalizador por excelencia para la reacción de oxidación de ácido fórmico [1]. Buscar métodos de síntesis sencillos de electrocatalizadores de Pd es el reto a resolver. En este trabajo se presenta la síntesis electroquímica de nanopartículas (NPs) de Paladio-Plata sobre dos soportes carbonosos, carbono vítreo y polipirrol (PPy) como polímero conductor. El proceso se lleva a cabo según la química verde a través de los disolventes eutécticos profundos (DES), Reline y Ethaline.



**Figura 1.** Micrografía del sistema Reline GCE/PdAg obtenidas a partir de una cronoamperometría a -0.5 V y 5 min.

## 2. METODOLOGÍA

Primero se preparan los DES según la metodología de Smith et al. [2], posterior a ello, se prepararon diferentes disoluciones blancas, monometálicas y bimetálicas. Previamente, se ha purificado el Pirrol para electropolimerizarlo en DES. Con el electrodo modificado se sintetizan por métodos potenciodinámicos y potencioestáticos las NPs de plata, paladio y paladio-plata. Se realizan caracterizaciones electroquímicas y de microscopía electrónica de barrido.

**Tabla 1.** Parámetros de ajuste al transitorio potencioestático de -0.51 V utilizando el modelo de Díaz-Morales.

-0.51	Valor	Error	Unidades
P1	9.90E-04	2.75E-06	As <sup>1/2</sup> cm <sup>-2</sup>
P2	2.92E+00	0.0722	s-1
P3	4.04E-05	8.60E-07	s-1
A	2.33E+00	0.08535	Acm <sup>-2</sup>

## 3. RESULTADOS

Las micrografías revelan que existe la formación de partículas de paladio-plata. También, es notable el cambio de crecimiento sobre PP y en comparación al electrodo no modificado. Por medio del análisis EDX se corroboró que los cúmulos están compuestos principalmente por Ag y Pd. De igual manera, se observa la presencia de cloro, debido a los iones cloruro que tienen ambos DES.

## 4. CONCLUSIONES

Se logró depositar Pd y Ag sobre el polímero conductor PPy por métodos potenciodinámicos y potencioestáticos en dos DES controlando variables de tiempo, potencial, velocidad de barrido de potencial y temperatura. Asimismo, se logró su caracterización electroquímica y microscópica.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. Ha, et al., *Fuel Cells*, **4**, 337 (2004).  
[2] E. L. Smith, et al., *Chem. Rev.*, **114**, 11060 (2014).

## Síntesis y caracterización de complejos de cromo (III) para usos en galvanoplastia

Presentación Oral

A. S. Martínez Martínez<sup>1\*</sup>, J. C. Avalos Yepéz<sup>2</sup>, E. J. Aldeco Pérez<sup>2</sup>, G. Orozco Gamboa<sup>2</sup>, J. Torres González<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Querétaro.

<sup>2</sup>Centro De Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

E-mail: [axelsmm.0904@gmail.com](mailto:axelsmm.0904@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se hablará de como sintetizar y caracterizar complejos de cromo trivalente para usos en galvanoplastia. Las moléculas que se sintetizaron son las siguientes: Cis-K[Cr(ox)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] 3H<sub>2</sub>O, Trans-K[Cr(ox)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>] 3H<sub>2</sub>O y por último Na<sub>3</sub>Cr(C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.

Cabe destacar que el cromo es decorativo, altamente resistente a la corrosión, a la abrasión y al desgaste. Por otra parte, en CIDETEQ se encuentra en proceso el uso de baños de cromo trivalente, ya que, es más amigable con el medio ambiente a comparación de los complejos de cromo hexavalentes que son altamente tóxicos y con baja eficiencia, pero aún utilizados en la industria (Yépez,2022).

Por lo tanto, se ofrece una forma más eficiente y menos tóxica con el medio ambiente, así como optimizar los métodos de síntesis de complejos de cromo trivalente.

### 2. METODOLOGÍA

- Planteamiento del problema de investigación.
- Objetivos de la investigación.
- Síntesis y caracterización de muestras.
- Recolección de los resultados.
- Análisis de los resultados.
- Presentación de los resultados.

### 3. RESULTADOS

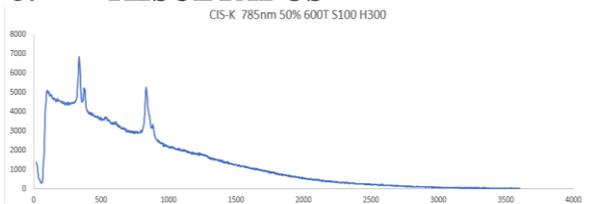


Figura 1. Espectro Raman, muestra Cis-K[Cr(ox)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>].

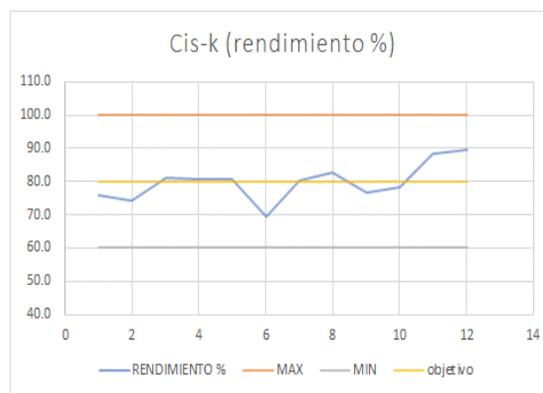


Figura 2. Rendimientos de reacción muestra Cis-K[Cr(ox)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>].

### 4. CONCLUSIONES

Fue posible la optimización de los métodos de síntesis, obteniendo hasta 90% en el caso del Cis-K[Cr(ox)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)<sub>2</sub>]. Todos los complejos fueron caracterizados mediante espectroscopias vibracionales (Raman, FTIR) y quedan pendientes los estudios de UV-Vis y desempeño para baño de cromo trivalente.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Ó. J. García, *Obtención de un recubrimiento de cromo decorativo a partir de soluciones de cromo trivalente*, Bogotá, Colombia, (2006).
- [2] J. Baruah, *Some Experiments For M. Sc in Inorganic Chemistry*. (s.f.).
- [3] J. C. Yépez, *Estudio de especiación de un baño de cromo trivalente a base de sulfatos con presencia de amonio y Fe<sub>2</sub>*, México, CIDETEQ. (2022).

## Influencia de la concentración y pH de salmueras en aleaciones austeníticas

Presentación Oral

J. Y. Achem Calahorra<sup>1\*</sup>, A. Borunda Terrazas<sup>1</sup>, J. A. Cabral Miramontes<sup>2</sup>, J. G. Chacon Nava<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C. (CIMAV)

Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, Chih., México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME), Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIA). Aeropuerto Internacional del Norte. Carr. Salinas Victoria Km. 2.3, Apodaca, N.L. México.

E-mail: [jamnie.achem@cimav.edu.mx](mailto:jamnie.achem@cimav.edu.mx)

122

### 1. INTRODUCCIÓN

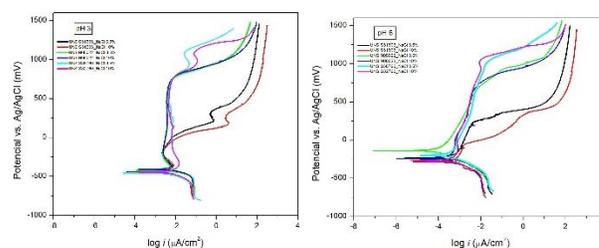
En este trabajo se evalúa la influencia de la concentración y pH de salmueras de NaCl a través de pruebas de polarización potenciodinámica realizadas a tres aceros austeníticos UNS S31603, UNS N06022 y UNS S32706.

### 2. METODOLOGÍA

Se evaluaron los materiales mediante la técnica electroquímica de curvas potenciodinámicas una celda electroquímica con un electrodo de referencia (Ag/AgCl) y un electrodo auxiliar de platino a una velocidad de barrido de 60mV/min y con un barrido de potencial de -600 a +1600mV.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa que el comportamiento del UNS S31603 variando la concentración se mantiene constante con formación y ruptura de la capasa pasiva en las ramas anódicas, cuando se incrementa la concentración el potencial se vuelve más positivo [1]. Al analizar los materiales UNS N06022 y UNS S32706 en ambos gráficos se sobreponen las curvas y la diferencia se ve marcado en un rango más amplio de pasividad [2-3], lo cual es un indicador que este material tiene mejores propiedades de resistencia a este tipo de salmuera, su concentración y pH.



**Figura 1.** Curvas potenciodinámicas con salmueras con concentraciones de 3.5% y 10% a pH 3 y 6.

### 4. CONCLUSIONES

Las aleaciones UNS N06022 y UNS S32706 presentan un comportamiento casi idéntico cuando su concentración aumenta de 3.5% a 10%. La aleación UNS S31603 se ve afectada tanto cuando aumenta la concentración así como cuando el pH es más ácido por lo tanto sus velocidades de corrosión son mayores que para las otras aleaciones. A temperatura ambiente las tres aleaciones austeníticas estudiadas en salmueras de cloruro de sodio a 3.5% y 10% a un pH 6 tienen rangos de pasividad mayor que a un pH 3.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Danielson and S. Pitman, *Corrosion Tests of 316L and Hastelloy C-22 in Simulated Tank Waste Solutions*, PNWD-3015. BNFL-RPT-019 Rev. 0. (2000).
- [2] P. Acosta y J.G. Chacon, *Comportamiento Electroquímico de Aceros Inoxidables Poro de Concreto Conteniendo Cloruros*, Revisión en Línea junio 15 2022.(repositorioinstitucional.mx). (2017)
- [3] L. Agostinho, Efeito do pH e da temperatura na resistencia a corrosao, Centro De Tecnologia E Geociências. (2017)

# Estudio de las propiedades electroquímicas del recubrimiento base magnetita sobre acero de refuerzo

## Presentación Oral

R. Sánchez Torres, A. C. Espíndola Flores, E. Onofre Bustamante\*

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada Unidad Altamira.

E-mail: [rsanchezt1800@alumno.ipn.mx](mailto:rsanchezt1800@alumno.ipn.mx)

123

## 1. INTRODUCCIÓN

El problema de degradación de las estructuras de concreto se debe principalmente a la corrosión, volviéndose de gran importancia y de implicaciones económicas mayores [1]. En el 2014 China reportó una pérdida económica de 310 billones de dólares por problemas de corrosión [2]. Por lo que en la actualidad, se siguen buscando alternativas que puedan disminuir el proceso de corrosión. Los pilotes de puentes sufren de corrosión al exponerse principalmente a tres medios: atmósfera, agua de mar y sedimento. Como alternativa se propone un recubrimiento base magnetita, que provee de cierta protección y disminuya el proceso de corrosión. Utilizando técnicas electroquímicas se evaluará la protección ante la corrosión que provea el recubrimiento.

## 2. METODOLOGÍA

Los recubrimientos base magnetita se obtuvieron *in situ* por técnicas electroquímicas mediante pulso potencioestático con un potencial aplicado de 2V durante 15 días utilizando el concreto como electrolito. Las pruebas se realizaron en probetas de concreto (sistema concreto-acero de refuerzo) utilizando la varilla corrugada sin óxidos (blanco) y con el recubrimiento base magnetita como electrodo de trabajo, acero inoxidable como contraelectrodo y un electrodo de calomel saturado como electrodo de referencia. Se utilizó un potencióstato-galvanostato marca GillAC modelo 350 de ASM instruments. Se monitoreo mediante potencial a circuito abierto, durante 50min, con el fin de asegurar que haya alcanzado estabilidad. Para calcular la velocidad de corrosión del sistema se utilizó la técnica resistencia a la polarización lineal aplicando un barrido de potencial de  $\pm 20$  mV con respecto al potencial de corrosión. La estimación de las pendientes de Tafel, la velocidad de corrosión y la densidad de corriente se determinó mediante la técnica de extrapolación de Tafel, aplicando un sobre potencial de  $\pm 300$ mV con una velocidad de barrido de 30mV/min. Se observó las

contribuciones resistivas de cada uno de los elementos del sistema analizado mediante la técnica

espectroscopia de impedancia electroquímica aplicando un barrido de frecuencia de  $10^5$  a  $10^{-3}$  Hz, aplicando una señal sinusoidal de 10 mV de amplitud y 10 puntos de medición por década de frecuencia.

## 3. RESULTADOS

**Tabla 1.** Velocidad de corrosión de las varillas con y sin recubrimiento en concreto expuesto al agua de mar.

Sustrato	R <sub>p</sub> (Ω)	V <sub>corr</sub> (mm/a)	V <sub>corr</sub> (mplg/a)
VC TM	7483.9	0.02260997	0.90439885
VOA TM	2893.4	0.0584816	2.339264
VC M	85075	0.00198894	0.07955746
VOA M	10784	0.01569096	0.62763844

NOMENCLATURA: VCM= VARILLA COMERCIAL PROBETA EN AGUA DE MAR  
VOAM= VARILLA ÓXIDOS ACELERADOS PROBETA EN AGUA DE MAR  
VCTM= VARILLA COMERCIAL PROBETA TESTIGO EN AGUA DE MAR  
VOATM= VARILLA ÓXIDOS ACELERADOS PROBETA TESTIGO EN AGUA DE MAR

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados electroquímicos mostraron que la resistencia a la corrosión incrementa en presencia de la película de magnetita y una disminución de la velocidad de corrosión. Los resultados preliminares representan una alternativa viable para la rehabilitación de estructuras dañadas, principalmente sumergidas en un electrolito..

## 5. REFERENCIAS

- [1] C. Jiang, et al., *Construction and Building Materials*, **18**, 1073 (2018).
- [2] B. Hou, et al., *npj Materials Degradation*, **1**, 4 (2017).

## Evaluación electroquímica de aluminio sumergido en una solución de $\text{CaCl}_2\text{-LiNO}_3\text{-LiBr/H}_2\text{O}$ a $80^\circ\text{C}$

Presentación Oral

I. Flores Guadarrama<sup>1</sup>, R. López Sesenes<sup>2</sup>, J. G. González Rodríguez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAp-UAEM).

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQeI-UAEM).

E-mail: [israel.flores@uaem.edu.mx](mailto:israel.flores@uaem.edu.mx)

124

### 1. INTRODUCCIÓN

La mayoría de los sistemas convencionales de refrigeración por absorción usan la mezcla  $\text{LiBr/H}_2\text{O}$  debido a sus excelentes propiedades termodinámicas, sin embargo, presenta inconvenientes de cristalización y presión de vapor generando problemas de corrosión en los componentes metálicos del sistema [1-2]. En la búsqueda de soluciones para mitigación de dichos problemas se ha realizado la adición de diferentes compuestos tales como  $\text{CaCl}_2$  y  $\text{LiNO}_3$  en la mezcla  $\text{LiBr/H}_2\text{O}$  [3].

En este proyecto de investigación se evaluó el efecto de la adición de  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{LiNO}_3$  y  $\text{CaCl}_2\text{-LiNO}_3$  a  $80^\circ\text{C}$  en la corrosión del aluminio, utilizando curvas de polarización potenciodinámicas.

### 2. METODOLOGÍA

Se generaron probetas cilíndricas de aluminio con un área expuesta de  $0.75\text{ cm}^2$ . Los ensayos se llevaron a cabo en un celda electroquímica con un arreglo típico de tres electrodos (ER, EW y EA). Las curvas de polarización potenciodinámicas se realizaron aplicando un sobrepotencial  $\pm 1000\text{ mV}$  con respecto al potencial de circuito abierto y una velocidad de barrido de  $60\text{ mV/min}$

### 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra las curvas de polarización para las diferentes mezclas de trabajo a  $80^\circ\text{C}$ , mostrando un comportamiento activo-pasivo. La adición de  $\text{LiNO}_3$  y/o  $\text{CaCl}_2$  no alteró el comportamiento activo-pasivo pero en las mezclas que contienen  $\text{CaCl}_2$ , mostraron la generación de una corriente límite catódica.

La Tabla 1 muestra los valores de  $E_{\text{corr}}$  e  $I_{\text{corr}}$  en las diferentes mezclas de trabajo a  $80^\circ\text{C}$ . La adición de  $\text{LiNO}_3$  generó un cambio en el valor de  $E_{\text{corr}}$  hacia valores más nobles, caso contrario de lo observado con la adición de  $\text{CaCl}_2$ . La densidad de corriente disminuye con la adición de  $\text{LiNO}_3$ , sin embargo, la disminución más considerable se observa en la mezcla

ternaria.

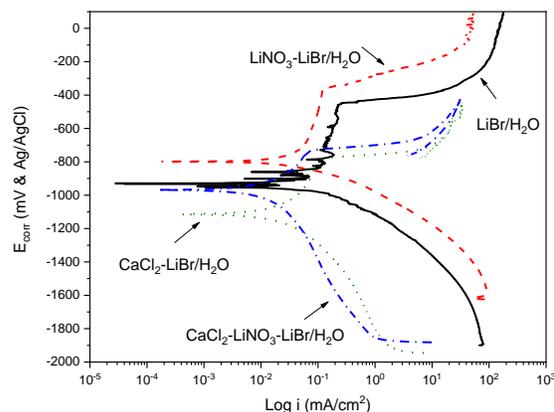


Figura 1. Diagramas de curva de polarización potenciodinámicas para aluminio a  $80^\circ\text{C}$ .

Tabla 1. Valores de  $E_{\text{corr}}$  e  $I_{\text{corr}}$  para Aluminio en las diferentes mezclas de trabajo.

Mezcla	$E_{\text{corr}}$ (mV/cm <sup>2</sup> )	$I_{\text{corr}}$ (mA/cm <sup>2</sup> )
$\text{LiBr/H}_2\text{O}$	-929	$2.21 \times 10^{-01}$
$\text{LiNO}_3\text{-LiBr/H}_2\text{O}$	-798	$1.19 \times 10^{-01}$
$\text{CaCl}_2\text{-LiBr/H}_2\text{O}$	-1115	$9.12 \times 10^{-02}$
$\text{CaCl}_2\text{-LiNO}_3\text{-LiBr/H}_2\text{O}$	-968	$6.32 \times 10^{-02}$

### 4. CONCLUSIONES

Las curvas de polarización del aluminio mostraron que los procesos de pasivación y mitigación de la corriente límite catódica se ven favorecidos con la adición de  $\text{LiNO}_3$ , caso contrario a lo observado con la adición de  $\text{CaCl}_2$ .

### 5. REFERENCIAS

- [1] A Cezar, K., et al., *IEEE Lat. Am. Trans.*, **14**, 1624 (2016)
- [2] Liang, C.; Hu, X., *J. Iron Steel Res. Int.*, **15**, 49 (2008)
- [3] Li, Y., et al., *Entropy*, **86**, 1 (2019)

# Síntesis y caracterización electroquímica de puntos cuánticos de carbono, para su posible aplicación en celdas solares

## Presentación Oral

K. I. Torres Colunga<sup>1</sup>, A. S. González Vera<sup>1</sup>, P. M. Olmos Moya<sup>1</sup>, M. Galicia García<sup>2</sup>, J. R. Rangel Méndez<sup>1\*</sup> y L. F. Cházaro Ruiz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

E-mail: [ivonne.torres@ipicyt.edu.mx](mailto:ivonne.torres@ipicyt.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los puntos cuánticos de carbono (CQD) son nanoestructuras de dimensión cero que fueron reportadas por primera vez en 2004 y desde entonces, han recibido un gran interés debido a los diversos atributos que poseen como son: confinamiento cuántico, capacidad de almacenamiento de electrones, afinidad al agua y disolventes orgánicos polares, alta conductividad eléctrica, absorción y emisión fluorescente ajustables. Recientemente, se sintetizaron CQD a partir de un tratamiento hidrotérmal, asistido por microondas, de cáscaras de naranja empleadas como fuente de carbono [1]. Entre las posibles aplicaciones de estos compuestos se encuentra su implementación en electrodos para sistemas electroquímicos como en la electrocatálisis y celdas solares sensibilizadas. Pocos son los trabajos que han estudiado las propiedades conductoras de los puntos cuánticos de carbono cuando son reducidos electroquímicamente [2].

## 2. METODOLOGÍA

Síntesis de CQD a partir de polvo de cáscara de naranja mediante una síntesis hidrotérmal asistida por microondas. La purificación se realizó mediante filtraciones con membranas de flujo tangencial de 30, 10, 05 kD. Los estudios electroquímicos se realizaron mediante voltamperometría cíclica en celda con arreglo de tres electrodos.

## 3. RESULTADOS

Los CQD presentaron una fluorescencia verde-azul y poseen una alta cantidad de grupos ácidos en su superficie. El fraccionamiento de las mezclas de la síntesis empleando membranas de flujo tangencial permitió el acotamiento de la población de nanopartículas, obteniéndose aquellas con un diámetro promedio de 15.19 nm. A partir del análisis por

espectroscopía Raman se determinó una relación de intensidad de bandas D y G,  $I_D/I_G = 0.4$  lo cual se asocia con una mayor presencia de dominios  $sp^2$ . Durante la presentación del trabajo se discutirán las propiedades electroquímicas de estos materiales.

## 4. CONCLUSIONES

Los CQD sintetizados cuentan con las características típicas de tamaño nanométrico, fluorescencia, y estabilidad en agua debido a sus grupos polares superficiales. Su respuesta a la irradiación UV permitió confirmar que se pueden emplear como sensibilizadores de materiales semiconductores en celda solar.

## 5. REFERENCIAS

- [1] P.M. Olmos-Moya, et al., *Carbon*, **187**, 216, (2022).
- [2] J. Hakimeh, et al., *Synthetic Metals*, **254**, 153, (2019).

## Electrodeposición de cobalto sobre un ultramicroelectrodo de fibra de carbono a partir de un baño amoniacal

Presentación Oral

M. I. Cruz Martínez<sup>1</sup>, M. Rivera<sup>2</sup>, G. A. Álvarez Romero<sup>1</sup>, S. Nieto Velázquez<sup>1</sup>, L. H. Mendoza Huizar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

E-mail: [hhuizar@uaeh.edu.mx](mailto:hhuizar@uaeh.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Recientemente la electrodeposición de cobalto sobre sustratos a base de fibra de carbono han encontrado importantes aplicaciones en el área del almacenamiento de energía, en la fabricación de supercapacitores, biosensores y celdas de combustible [1]. En este sentido la actividad catalítica que exhiben estos materiales es una función directa de la estructura y morfología que presentan, mismas que están relacionadas con su proceso de nucleación y crecimiento. Sin embargo, hasta donde sabemos, no se ha realizado un análisis de la cinética y del proceso de nucleación y crecimiento del Co electrodepositado sobre un ultramicroelectrodo de fibra de carbono (UFC). Consideramos que este tipo de estudio nos ayudará a entender la formación de depósitos de Co en este tipo de sustratos.

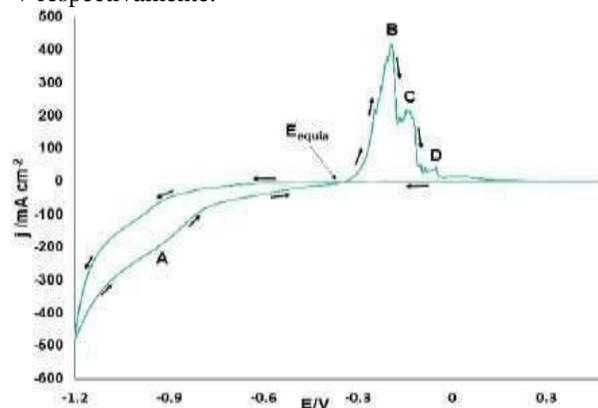
### 2. METODOLOGÍA

Los experimentos se llevaron a cabo en una celda electroquímica de tres electrodos; en donde el electrodo de trabajo fue UFC de 7  $\mu\text{m}$  de diámetro, un electrodo de referencia de Ag/AgCl y como electrodo auxiliar una barra de grafito a partir del sistema UFC/CoCl<sub>2</sub> 0.01 M + NH<sub>4</sub>Cl 1 M a 25°C, en donde todas las soluciones se prepararon utilizando reactivos grado analítico. Los experimentos electroquímicos se llevaron a cabo con ayuda de un potenciostato/galvanostato Epsilon que se conectó con una computadora que ejecuta el software Basi Epsilon CE para el control del experimento y la adquisición de datos.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se reporta un voltamperograma típico del sistema estudiado. El barrido se inició en 0.6 V en

donde no se registraron señales electroquímicas. En -0.91 V se registró un pico catódico, pico A, asociado a la reducción de Co<sup>2+</sup> a Co<sup>0</sup>. En -1.2 V, el barrido se invirtió en sentido anódico y se observó la formación de los picos B, C y D a potenciales -0.19, -0.13 y -0.05 V respectivamente.



**Figura 1.** Voltamperograma cíclico obtenido a una velocidad de barrido de 5 mVs<sup>-1</sup> a partir del sistema UFC/CoCl<sub>2</sub> 0.01 M + NH<sub>4</sub>Cl 1 M.

### 4. CONCLUSIONES

Partiendo del estudio voltamperométrico, se llevó a cabo un estudio cronoamperométrico para evaluar los parámetros cinéticos de la electrodeposición del Co. La electrodeposición de cobalto a partir del sistema UFC/CoCl<sub>2</sub> 0.01 M + NH<sub>4</sub>Cl 1 M está controlado por la transferencia de masa, con un valor de coeficiente de difusión de 8.24x10<sup>-4</sup> cm<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>.

### 5. REFERENCIAS

[1] J. Artigas, et al., *aemac*, 4, 65-69 (2020).

## Efecto de la adición de GO en la electrosíntesis de películas delgadas de PANI

### Presentación Oral

A. Balboa Palomino\*, J. A. Melo Banda, N. V. Gallardo Rivas, G. E. Camacho Castillo, U. Páramo García

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero.

E-mail: [abp060292@otlook.com](mailto:abp060292@otlook.com)

127

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los polímeros orgánicos conductores se utilizan en diversas aplicaciones, especialmente en equipos de electroquímica como sensores, condensadores redox, catálisis y baterías, debido a sus propiedades eléctricas. A su vez, los materiales derivados de carbón, como nanotubos de carbón, grafeno, carbón activado, son reconocidos por presentar una adecuada estabilidad química y una gran área específica. Debido a esto, la combinación de este par de tipos de materiales es de interés por lo que se pretende obtener un material compuesto con propiedades mejoradas con respecto a las presentadas por los materiales individuales [1]. En este trabajo se realizó la síntesis de PANI-GO mediante voltametría cíclica, realizando una variación en la cantidad de GO añadido a la PANI con la intención de validar el efecto de la cantidad de GO para la obtención de un material compuesto de PANI-GO.

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis del óxido de grafeno se llevó a cabo mediante el método de Hummers modificado [2]. La síntesis del composito PANI-GO fue llevada a cabo mediante voltametría cíclica utilizando un potenciostato/galvanostato modelo Epsilon-BASi. Para la adición de GO se probaron 5 diferentes relaciones estequiométricas.

Los materiales fueron analizados mediante Análisis Termogravimétrico (TGA), Espectroscopía UV-Visible, Espectroscopía FTIR y pruebas electroquímicas (Voltametría Cíclica y ciclos de carga y descarga).

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa la comparación de la prueba de voltametría cíclica realizada a los materiales PANI-GO con 1 y 5 mg de GO. Se observa que ambas cuentas con las señales típicas asociadas a la formación de PANI, aunque se aprecia una menor área bajo la curva del material con 5 mg de GO lo cual puede indicar una menor capacidad de carga del material atribuible al

exceso de GO en comparación con el material con 1 mg de GO [3,4].

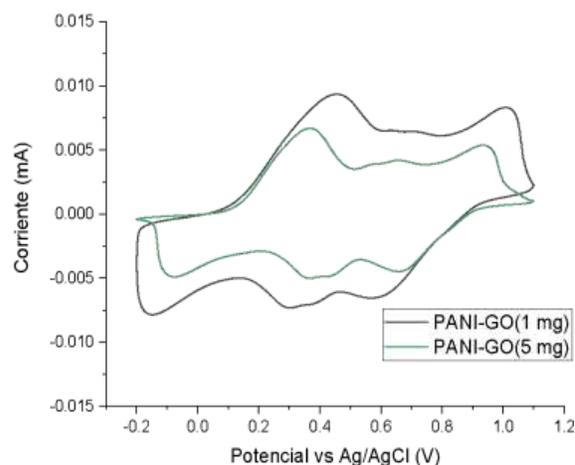


Figura 1. Voltamperogramas de materiales PANI-GO(1 mg) y PANI-GO(5 mg).

### 4. CONCLUSIONES

La adición de GO en la PANI provoca un cambio en las propiedades físicas y eléctricas del material. En cantidades elevadas de GO se provoca una disminución en la capacidad de carga de las películas PANI-GO en comparación con el uso de cantidades menores de GO.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A. Sayah, et al., *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **818**, 26 (2018).
- [2] J. Guerrero, F. Caballero, *Materials Chemistry and Physics*, **153**, 209 (2015).
- [3] M. Gandara, E. Sarmento, *Progress in Organic Coatings*, **138**, 105399 (2020).
- [4] G. Planes, et al., *Physical Chemistry Chemical Physics*, **12**, 10584 (2010).

## Síntesis y caracterización de nanopartículas de magnetita-quitosano por métodos fisicoquímicos y electroquímicos

Presentación Oral

A. Y. Flores Ramírez<sup>1</sup>, S. Aguilera Aguirre<sup>1</sup>, M. A. Chacón López<sup>1</sup>, L. A. Ortiz Frade<sup>2</sup>,  
R. Antaño López<sup>2</sup>, A. Álvarez López<sup>3</sup>, A. Rodríguez López<sup>4\*</sup> y U. M. López García<sup>1\*</sup>

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic, Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos, Av. Tecnológico # 2595, Col. Lagos del country, C.P. 63175, Tepic, Nayarit, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., Parque Tecnológico Querétaro – Sanfandila, C.P. 76703, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Campus Aeropuerto, Centro Universitario, Cerro de las Campanas, C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

<sup>4</sup>Universidad Politécnica de Santa Rosa Jáuregui, Carretera Federal 57, Querétaro-San Luis Potosí, Parque Industrial Querétaro, C.P. 76220, Santiago de Querétaro, Querétaro, México.

E-mail: [ulopez@tepic.tecnm.mx](mailto:ulopez@tepic.tecnm.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Recientemente las nanopartículas de magnetita (NPM) han despertado gran interés por su baja toxicidad humana y biocompatibilidad, propiedades que son importantes para la aplicación en diferentes áreas [1]. Sin embargo, los métodos de síntesis actuales pueden presentar algunos inconvenientes, como poco control en la distribución y tamaño de partícula. Por lo tanto, se proponen los métodos electroquímicos como alternativa viable para la obtención de este tipo de materiales [2]. Además, se ha reportado que el quitosano como recubrimiento mejora la estabilidad de las NPM. En este trabajo, las NPM fueron sintetizadas por métodos electroquímicos y modificadas con quitosano. Posteriormente, se caracterizaron por métodos fisicoquímicos y electroquímicos para identificar sus propiedades y potencial de aplicación en diferentes áreas como la ambiental, biomédica y alimentaria.

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis de las NPM se realizó mediante el método de pulsos asimétricos de potencial y fueron modificadas superficialmente con quitosano. Estos materiales se caracterizaron por técnicas fisicoquímicas, como XRD, TEM, DLS y potencial Z, y electroquímicas, como LSV y EIS.

### 3. RESULTADOS

Las partículas de magnetita y magnetita-quitosano presentaron forma cuasi-esférica y tamaño

nanométrico. Asimismo, pudo observarse una mejora en la estabilidad de las NPM modificadas con quitosano (NPM-quitosano). Finalmente, la caracterización electroquímica evidenció la respuesta redox y la reactividad de las NPM y NPM-quitosano (Figura 1).

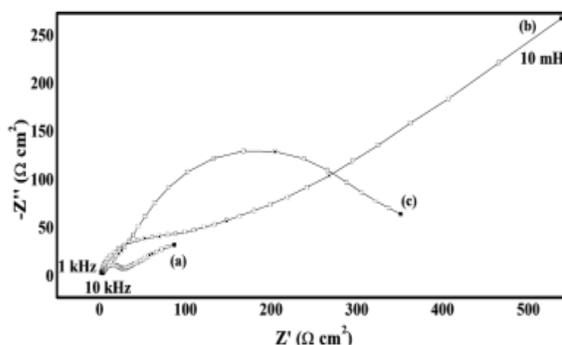


Figura 1. Espectro de Nyquist. (a) NPM, (b) NPM-quitosano y (c) quitosano.

### 4. CONCLUSIONES

La síntesis electroquímica y la modificación superficial con quitosano permiten obtener nanocompuestos con características de tamaño y reactividad útiles para su aplicación en diferentes áreas.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. Mashjoor, et al., *Environmental Pollution*, **237**, 50 (2018).
- [2] A. A. Velásquez, et al., *Journal of Nanoparticle Research*, **20**, 72 (2018).

## Análisis in-situ de oxidación de alcoholes en presencia de catalizadores basados en Ni-Mn soportados en MWCNT

### Presentación Oral

E. Castañeda Morales<sup>1</sup>, E. Olmos Hernández<sup>1</sup>, D. M. Morales<sup>1</sup>, M. A. Kazakova<sup>2</sup>, A. A. Flores Caballero<sup>1</sup>, A. Manzo Robledo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas-IPN-UPALM, C. P. 07738, CDMX

<sup>2</sup>Boreskov Institute of Catalysis, SB RAS Lavrentieva 5, 630090 Novosibirsk, Russia

E-mail: [amanzor@ipn.mx](mailto:amanzor@ipn.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

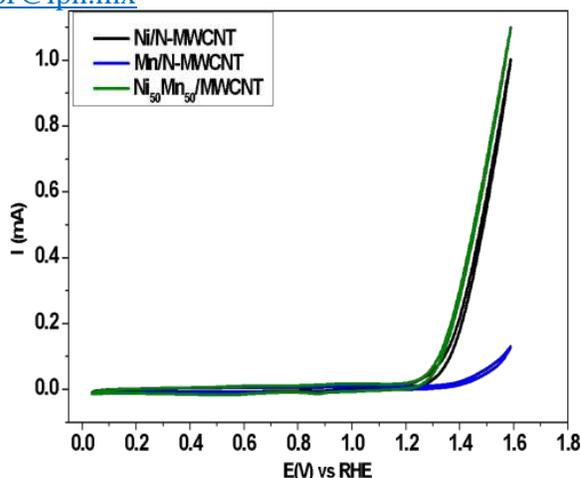
Las reacciones de oxidación de alcoholes tales como glicerol o metanol han sido de gran relevancia en el desarrollo de celdas de combustible. El estudio de los fenómenos redox interfaciales permiten desarrollar tecnologías de producción de energía limpia. Electrocatalizadores nanoestructurados basados en óxidos de metales no nobles (Ni-Mn) soportados en nanotubos de carbono de pared múltiple con nitrógeno (N-MWCNT) han sido sintetizados y evaluados electroquímicamente. Técnicas electroanalíticas in-situ tales como DEMS y espectroscopia Raman fueron empleadas en análisis de la reacción de oxidación.

### 2. METODOLOGÍA

N-MWCNT fueron sintetizados en presencia de NH<sub>3</sub> por CVD, posteriormente modificados con nanopartículas de óxidos metálicos [1]. La evaluación electroquímica fue realizada en medio alcalino (1 M KOH) en presencia de glicerol y metanol a distintas concentraciones. Se evaluó el desempeño electrocatalítico de oxidación mediante técnicas in-situ, analizando los productos volátiles generados mediante una celda acoplada a DEMS, así como el estado superficial del material bajo polarización en Raman.

### 3. RESULTADOS

El material NiMn/N-MWCNT mostró una actividad electrocatalítica mayor respecto a los materiales monometálicos en la oxidación de glicerol, debido a la sinergia entre los metales involucrados. La figura 1 muestra el perfil corriente-potencial en función de los materiales Ni, Mn y NiMn.



**Figura 1.** Perfil corriente-potencial de diferentes electrocatalizadores basados en óxidos metálicos en solución 1M KOH con 0.5 M de glicerol. Velocidad de barrido 5 mV/s.

### 4. CONCLUSIONES

Los catalizadores en presencia de níquel (Ni-Mn) han demostrado alta eficiencia en oxidación de glicerol y metanol. Los experimentos realizados en DEMS muestran que el pH del electrolito soporte tiene gran influencia en la generación de compuestos. La generación de fases de óxidos de níquel producidos durante la polarización fue posible mediante espectroscopia Raman.

### 5. REFERENCIAS

[1] D. M. Morales, et al., *ACS Catal.* **12**, 982 (2022).

# Síntesis y evaluación de electrocatalizadores basados en Pt-Ni soportados en carbón vulcan para la reacción de oxidación de etanol

Presentación Oral

H. I. Mondragón Hernández<sup>1</sup>, E. Castañeda Morales<sup>1</sup>, E. Ramirez Meneses<sup>2</sup>,  
A. Manzo Robledo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas-  
IPN-UPALM, C. P. 07738, CDMX.

<sup>2</sup>Universidad Iberoamericana, Departamento de Ingeniería Química, Industrial y de Alimentos,  
C.P. 01219, CDMX, México.

E-mail: [amanzor@ipn.mx](mailto:amanzor@ipn.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las reacciones de oxidación de alcoholes tales como el metanol y glicerol han contribuido al desarrollo de nuevas tecnologías de generación de energías limpias. Electrocatalizadores nanoestructurados basados en aleaciones conteniendo metales nobles como el platino (Pt-Ni) soportados en carbón vulcan han sido evaluados en la reacción de oxidación de etanol en medio básico. Técnicas electroanalíticas fueron empleadas para caracterizar los catalizadores sintetizados [1].

## 2. METODOLOGÍA

Catalizadores basados en Pt-Ni con diferentes relaciones en por ciento peso Pt:Ni 20:80, 40:60, 60:40 y 80:20 fueron sintetizados por vía organometálica a partir de  $Pt_2(dba)_3$  y  $Ni(cod)_2$  empleando octilamina (OA) como estabilizante sobre carbón vulcan XC-72 como soporte. Se prepararon dispersiones de los catalizadores bajo tratamiento ultrasónico. La evaluación electroquímica fue realizada en medio alcalino (KOH 1 M) en presencia de etanol. Se evaluó el desempeño electrocatalítico de los materiales en la reacción de oxidación de etanol con las técnicas electroanalíticas tales como voltametría cíclica.

## 3. RESULTADOS

El material  $Pt_{40}Ni_{60}$ -OA mostró una actividad electrocatalítica mayor en la oxidación de etanol respecto a los materiales monometálicos, debido a la sinergia entre los materiales involucrados. La figura 1 muestra el perfil corriente-potencial en función de los materiales Pt-Ni.

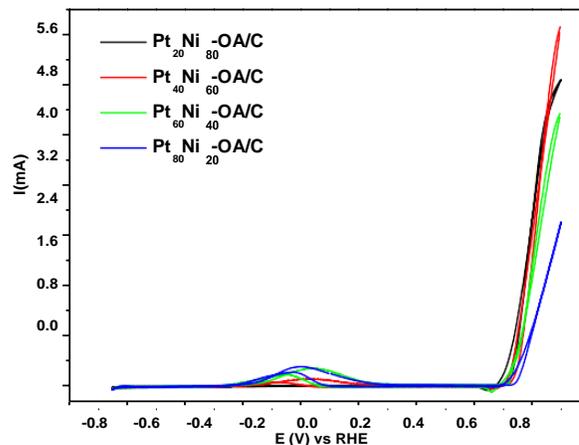


Figura 1. Perfil corriente-potencial de diferentes electrocatalizadores basados en Pt-Ni en solución 1 M KOH con 0.5 M etanol. Velocidad de barrido 5 mV/s.

## 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, el catalizador  $Pt_{40}Ni_{60}$ -OA/C demostró alta eficiencia en oxidación de etanol en medio básico. En contraste, la actividad electrocatalítica del catalizador  $Pt_{80}Ni_{20}$ -OA/C mostró la magnitud de corriente más baja debido a que muestra ser menos eficiente en procesos que se llevan a cabo a altos potenciales.

## 5. REFERENCIAS

[1] M.A. Pérez-Sosa. et al., *International Journal of Hydrogen Energy*, **46**, 21419 (2021)

## Síntesis óxidos de Ni, Co y Cu por aleado mecánico para la reacción de oxidación de metanol

### Presentación Oral

L.E. González Sánchez<sup>1</sup>, M. A. Domínguez Crespo<sup>2</sup>, A. M. Torres Huerta<sup>2</sup>, H. Dorantes Rosales<sup>3</sup>, J. A. Andraca Adame, E. Ramírez Meneses<sup>1\*</sup>,

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química, Industrial y de Alimentos. Universidad Iberoamericana. Prolongación Paseo de la Reforma 880, Lomas de Santa Fe, C.P. 01219, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Departamento de Materiales Nanoestructurados, Instituto Politécnico Nacional, UPII-Hidalgo, Ciudad del Conocimiento y la Cultura, Carretera Pachuca-Actopan km. 1+500, San Agustín Tlaxiaca C.P. 42162, México.

<sup>3</sup>Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE), Instituto Politécnico Nacional Av. Luis Enrique Erro S/N, Nueva Industrial Vallejo, Gustavo A. Madero, 07738 Ciudad de México, CDMX, Ciudad de México, México.

E-mail: [esther.ramirez@ibero.mx](mailto:esther.ramirez@ibero.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se ha analizado el uso de celdas de combustible de metanol directo (CCMD) para la generación de energía eléctrica con un amplio uso en dispositivos móviles y de transporte, por lo que es necesario el uso de materiales eficientes disminuyendo el uso de metales nobles[1]. En este trabajo se analizan las ventajas del aleado mecánico para la obtención de materiales de óxidos de Ni, Co y Cu y su evaluación electroquímica como ánodo en la reacción de oxidación de metanol[2].

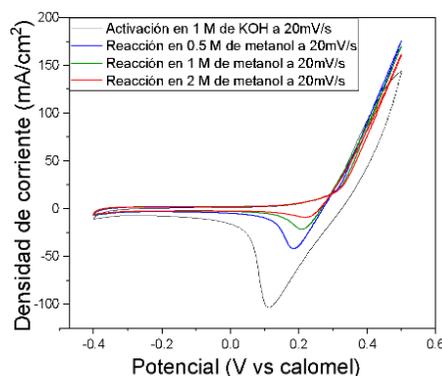
### 2. METODOLOGÍA

La obtención de los materiales se llevó a cabo a partir de Ni(acac)<sub>2</sub>, Co(acac)<sub>2</sub> y Cu(acac)<sub>2</sub> en relaciones por ciento peso Ni:Co y Ni:Cu de 80:20 a 60:40 Se consideró una relación 1:8 y 1:16 % peso para los medios de molienda. Se llevaron a molienda mecánica por intervalos de 30 min por 6 y 8 horas.

### 3. RESULTADOS

Los materiales obtenidos al cambiar las relaciones de los medios de molienda se caracterizaron morfológica y estructuralmente por difracción de rayos-X y microscopía electrónica de barrido.

La evaluación electroquímica se realizó por la técnica de voltamperometría cíclica (VC) en medio básico KOH (1M) en una ventana de potencial de 0.45 a 0.6 V/s.



**Figura 1.** Voltamperometría cíclica del catalizador 80%NiO-20%CuO después de 8 h de molienda mecánica en 1M de KOH a 20 mV/s, 0.5 M, 1 M y 2 M de metanol.

### 4. CONCLUSIONES

Los materiales evaluados presentan diferentes condiciones en la molienda mecánica tales como la relación % peso de material de partida con los medios y tiempo de molienda para conocer su efecto en la actividad electroquímica en la reacción de oxidación de metanol en medio básico.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. B. Askari, et al., *Solid State Sciences*, **97**, 106012 (2019)
- [2] L.M. Rodríguez-Valdez, et al., *International Journal of Hydrogen Energy*, **29**, 1141 (2004).

## Electro-oxidación de ácido fórmico usando nanopartículas de Pd sintetizadas electroquímicamente a partir de un disolvente eutéctico profundo

Presentación Oral

L. Juárez Marmolejo<sup>1</sup>, M. G. Montes de Oca-Yemha<sup>1</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, A. Ezeta Mejía<sup>2</sup>, E. M. Arce Estrada<sup>2</sup>, M.T. Ramírez Silva<sup>3</sup>, J. Mostany<sup>4</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Materiales, CDMX, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, ESQIE, Departamento de Ingeniería en metalurgia y Materiales, CDMX, México.

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Departamento de Química, CDMX, México.

<sup>4</sup>Universidad Simón Bolívar, Departamento de Química, Caracas, Venezuela.

E-mail: [ljmuamazc@hotmail.com](mailto:ljmuamazc@hotmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

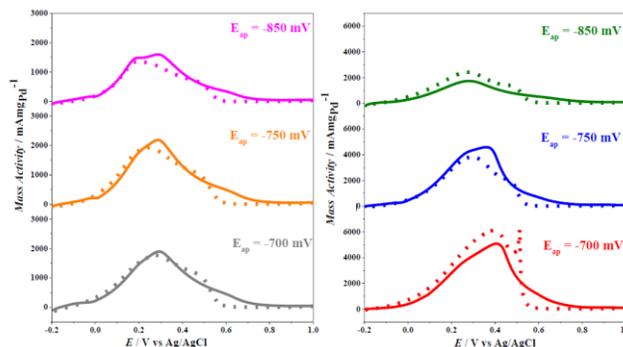
Los Disolventes Eutécticos Profundos (DES) presentan una serie de ventajas para la electrodeposición de metales [1,3]. En el presente trabajo, las NPs de Pd (PdNPs) obtenidas fueron evaluadas en la reacción de oxidación de ácido fórmico en medio ácido (ROAF) empleando dos baños electrolíticos: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y HClO<sub>4</sub>, los resultados mostraron que la mayor actividad másica la presentaron los electrocatalizadores en donde se empleó HClO<sub>4</sub> como electrolito soporte.

### 2. METODOLOGÍA

NPs de Pd las 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 NPs obtenidas fueron electrodepositadas a 3 diferentes potenciales.

### 3. RESULTADOS

Las PdNPs electrodepositadas exhibieron una morfología corazón-envolvente. Por otro lado, la actividad másica de los electrodeósitos evaluados en la ROAF mostraron un mejor desempeño cuando se emplea ácido perclórico como baño electrolítico en comparación con el ácido sulfúrico, alcanzando una actividad másica de  $5085 \pm 129 \text{ mAmp}_{\text{Pd}}^{-1}$ . La Figura 1, muestra la actividad másica de los electrodeósitos evaluados en los dos baños electrolíticos.



**Figura 1.** Voltamperogramas cíclicos experimentales de la ROAF en 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2.0 M HCOOH y 1.0 M HCOOH + 0.1 M HClO<sub>4</sub>,  $\nu = 100 \text{ mVs}^{-1}$  de las PdNPs electrodepositadas.

### 4. CONCLUSIONES

El valor de actividad másica más alto, se obtuvo en medios de HClO<sub>4</sub> en comparación con el rendimiento de las PdNPs similares en ácido sulfúrico, lo que probablemente indica que la adsorción concurrente de especies químicas presentes en el electrolito y/o el grado de desprotonación del ácido fórmico debido a las condiciones de pH tienen un impacto en el desempeño de las NPs hacia la ROAF.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Q. Zhang, et al., *Chemical Society Reviews*, **41**, 7108 (2012).
- [2] E. Durand, et al., *European Journal of Lipid Science and Technology*, **115**, 379 (2013).
- [3] I. E. Espino-López, et al., *Journal of The Electrochemical Society*, **166**, D3204 (2019).

# Estudio electroquímico comparativo entre una aleación Ni-Fe y un acero A304 como cátodos para la producción de hidrógeno

## Presentación Oral

G. Hernández Alemán<sup>1</sup>, G. Urbano Reyes<sup>1\*</sup>, V. E. Reyes Cruz<sup>1</sup>, J. A. Cobos Murcia<sup>1</sup>,  
A. Trujillo Estrada<sup>2</sup>, Q. L. Reyes Morales<sup>1</sup>, J. C. Juárez Tapia<sup>1</sup>, M. Reyes Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Depto. de Cátedras, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito constructor, Deleg. Benito Juárez, Ciudad de México, CP. 03940, México.

E-mail: [gustavo\\_urbano@uaeh.edu.mx](mailto:gustavo_urbano@uaeh.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

En la obtención electroquímica del hidrógeno juegan un papel importante los aspectos termodinámicos y los cinéticos de la reacción. Especialmente estos últimos, ya que dependen fuertemente de la composición de los materiales de los electrodos, y éstos a su vez influyen en la economía del electrolizador [1]. Es decir, se requiere optimizar la eficiencia de la celda electrolítica que permita una resistencia interna menor, con el desarrollo de electrodos de elevada actividad catalítica [1,2]. Además, para que el proceso electrolítico sea más eficiente, deben reducirse las pérdidas de energía, así como el costo total del equipamiento. Esto puede conseguirse de 2 maneras: reduciendo lo más posible el voltaje total de la celda para minimizar el consumo de energía eléctrica; o aumentando la densidad de corriente por encima de los valores normales utilizados en los electrolizadores convencionales [1,3]. Por lo tanto, debido a que este trabajo está enfocado en obtener una producción más eficiente y económica de hidrógeno, la investigación se basará en un estudio sistemático para evaluar electroquímicamente una aleación base Ni-Fe para emplearla como cátodo en la electrólisis del agua y compararla con un electrodo de acero inoxidable A304 usado comúnmente en electrolizadores convencionales. Además se utilizará como contraelectrodo (ánodo) un electrodos del tipo DSA (Ti/IrO<sub>2</sub>).

## 2. METODOLOGÍA

Todos los experimentos se llevaron a cabo en una celda electroquímica convencional de tres electrodos a temperatura ambiente en un medio de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 10%. El electrodo usado como ánodo en el estudio electroquímico fue un electrodo modificado del tipo DSA (Ti/IrO<sub>2</sub>), elaborado mediante el método Pechini. El electrodo de trabajo usado como cátodo fue un acero A304 y una aleación base Ni-Fe, fabricada mediante

un proceso de fundición y moldeo en arena, aplicándose un tratamiento químico superficial con FeCl<sub>3</sub> en solución.

## 3. RESULTADOS

El estudio electroquímico mostró que los sobrepotenciales (E) requeridos para el inicio de la electrólisis del agua y la producción de hidrógeno fueron de aproximadamente -0.5 V, para ambos electrodos analizados. Sin embargo, la densidad de corriente obtenida con la aleación Ni-Fe fue mayor que la obtenida con el electrodo de acero A304.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que la aleación Ni-Fe usada como cátodo en conjunto con el electrodo DSA (Ti/IrO<sub>2</sub>) usado como ánodo, exhiben buenas propiedades catalíticas y estabilidad estructural durante el proceso de electrólisis del agua para la producción de hidrógeno.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J.C. García. *INGENIERÍAQUÍMICA.NET. Obtenido de Producción de hidrógeno mediante electrolizadores. Estado del arte de la tecnología.* (2012).
- [2] M. Isgró. *El hidrógeno como vector energético, su obtención por electrólisis.* (2015)
- [3] F.O. Solorsa, *Conversión y Almacenamiento de Energía (CAE). En C.F. Almeraya, 30 Años Impulsando la Electroquímica en México* (180-199). Monterrey, Nuevo León, México: Sociedad Mexicana de Electroquímica (2015).

## Comparación de los parámetros cinéticos obtenidos durante la electrodeposición de cobalto, a partir de soluciones amoniacales (pH=4.5 y 9.0) sobre un electrodo de oro policristalino de 50 $\mu\text{m}$ de diámetro

Presentación Oral

M.I. Cruz Martínez<sup>1</sup>, M. Rivera<sup>2</sup>, G. A. Álvarez Romero<sup>1</sup>, S. Nieto Velázquez<sup>1</sup>, L. H. Mendoza Huizar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

<sup>2</sup>Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

E-mail: [hhuizar@uaeh.edu.mx](mailto:hhuizar@uaeh.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La electrodeposición de cobalto sobre sustratos de oro cuentan con un amplio campo de aplicaciones en la fabricación de sensores, en catálisis heterogénea o en la fabricación de compuestos de intercalación para el almacenamiento de energía por mencionar algunos [1]. En este sentido, las propiedades exhibidas por estos materiales son una función directa de la morfología que presentan, misma que se encuentra relacionada a su proceso de nucleación y crecimiento. Con la intención de analizar la influencia del tamaño del electrodo y del pH de la solución, en el presente trabajo realizamos un estudio electroquímico sobre un electrodo de 50  $\mu\text{m}$  de diámetro y a un pH de 4.5 y 9.5 y evaluamos los parámetros cinéticos asociados al proceso.

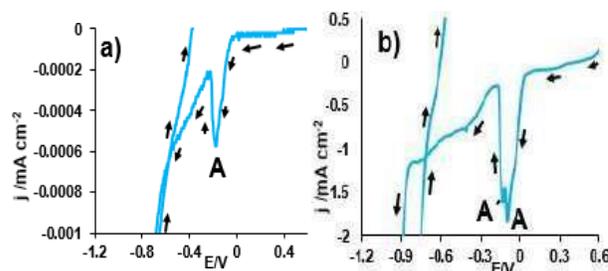
### 2. METODOLOGÍA

Los experimentos se llevaron a cabo en una celda electroquímica de tres electrodos; en donde el electrodo de trabajo fue uno de oro de 50  $\mu\text{m}$  de diámetro, un electrodo de referencia de Ag/AgCl y como electrodo auxiliar una barra de grafito a partir del sistema Au/CoCl<sub>2</sub> 0.01 M + NH<sub>4</sub>Cl 1 M a pH 4.5 y 9.5 a 25°C. Todas las soluciones se prepararon utilizando reactivos de grado analítico.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se reportan voltamperogramas típicos de los sistemas estudiados. El barrido se inició en 0.6 V para ambos sistemas (pH= 4.5 y 9.0), y en ambos casos se observó la formación de los picos A y A' a potenciales más positivos que el potencial reversible de Nernst, lo que sugiere la existencia de un proceso de depósito a subpotencial. En condiciones de sobrepotencial se registraron los picos B y C en el

barrido directo para ambos sistemas (pH= 4.5 y 9.5) a -0.83, -0.97 V y -0.82, -1.02 V respectivamente, mientras que al invertir el barrido hacia la zona anódica se registraron picos D, E y F los cuales se asociaron a la disolución del cobalto previamente depositado a -0.17, 0.13 V y -0.28, 0.1, 0.19 V respectivamente. El control cinético del proceso se evaluó mediante el trazado de la corriente de pico vs  $v^{1/2}$ . Obteniéndose una tendencia lineal, lo que indica un proceso controlado por difusión.



**Figura 1.** Voltamperogramas cíclicos obtenidos a una velocidad de barrido de 120  $\text{mVs}^{-1}$  a partir del sistema Au/CoCl<sub>2</sub> 0.01 M + NH<sub>4</sub>Cl 1 M a un pH de a) 4.5 y b) 9.5.

### 4. CONCLUSIONES

La electrodeposición de cobalto a partir del sistema Au/CoCl<sub>2</sub> 0.01 M + NH<sub>4</sub>Cl 1 M a 25°C a pH 4.5 y 9.5, mediante un estudio cinético se determinó que el sistema está controlado por difusión.

### 5. REFERENCIAS

[1] S. Weichel, P. J. Moller, *Surf Sci*, **399**, 219 (1988).

## Resultados preliminares de la síntesis y caracterización óptica, morfológica y electroquímica de TiO<sub>2</sub>-Fe-N

### Presentación Oral

E. R. González<sup>1</sup>, U. Z. Lara Perez<sup>1</sup>, C. L. Carreón Alvarez<sup>1</sup>, H. Huerta Ávila<sup>2</sup>, M. Sánchez Tizapa<sup>1</sup>, M. A. Carreón Alvarez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, Ameca, Jalisco, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias Computacionales e Ingenierías, Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, Ameca, Jalisco, México.

E-mail: [maria.carreon@academicos.udg.mx](mailto:maria.carreon@academicos.udg.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El TiO<sub>2</sub> es uno de los semiconductores más estudiados, debido a que presenta propiedades fotoconductoras y fotocatalíticas, siendo uno de los óxidos con mayor impacto en la degradación de colorantes. En especial, este material es de gran importancia ya que sus propiedades lo hacen ser un buen semiconductor debido a su valor de banda de energía (3.2eV) y a la presencia de sus estructuras cristalinas que presenta: Rutilo, Anatasa y Brookita. Sin embargo, este valor de banda prohibida se puede disminuir al dopar el TiO<sub>2</sub> con Fe<sup>3+</sup> y N, hasta un valor de 2.95 eV, de acuerdo a lo encontrado en la literatura. Lo cual, aumenta la eficiencia del material al absorber luz y de esta manera mejora las propiedades fotocatalíticas del material. En este proyecto se propone sintetizar el TiO<sub>2</sub> por el método de sol gel [1,2], doparlo con Fe-N y caracterizarlo por métodos morfológicos, ópticos y electroquímicos.

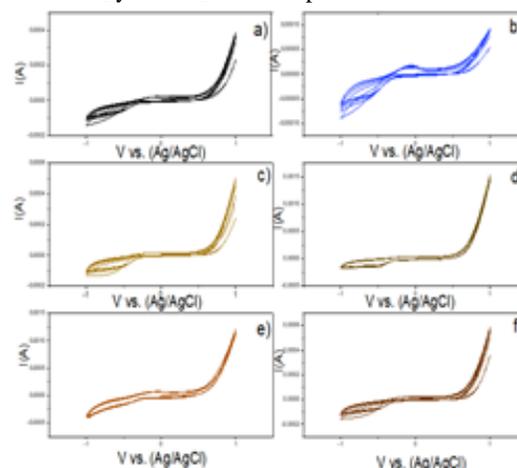
### 2. METODOLOGÍA

Se sintetizó material de TiO<sub>2</sub> mediante la técnica Sol-Gel, utilizando tetraisopropóxido de titanio como fuente del titanio, cloruro de hierro (III) 6-hidrato y urea como la fuente del Fe<sup>3+</sup> y N respectivamente. Finalmente, las nanopartículas se calcinaron y se caracterizaron por medio de Espectroscopia Raman, espectroscopia de UV-visible y Voltamperometría Cíclica (VC) [3].

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1, se muestran los resultados obtenidos en VC en el material de TiO<sub>2</sub> sin dopar y dopado con Fe-N. En esta imagen se observa la reducción del Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup> y la oxidación del agua, en un potencial de -0.5 V y 1V vs. Ag/AgCl respectivamente. Por medio de la espectroscopia de UV-visible y las mediciones de Tauc

se encontró que el valor de band gap fue 3.04 y 2.22 para el TiO<sub>2</sub> y el TiO<sub>2</sub>-Fe-N respectivamente.



**Figura 1.** VC: TiO<sub>2</sub> a) sin hornear y b) hornear. TiO<sub>2</sub>-Fe c) sin hornear y d) hornear. TiO<sub>2</sub>-Fe-N d) sin hornear y e) hornear.

### 4. CONCLUSIONES

Se encontró que al dopar el TiO<sub>2</sub> con Fe y N el valor de band gap disminuye de un valor de 3.04 a 2.22 respectivamente, lo cual puede ser aprovechado para emplear la luz visible en el uso de este semiconductor. Por otra parte, se observó que en un potencial de -0.5V vs. Ag/AgCl se encuentra la presencia del Fe<sup>3+</sup> a Fe<sup>2+</sup>.

### 5. REFERENCIAS

- [1] N. Nasralla, et al., *scientia iranica*, **20**, 1018 (2013).
- [2] Y. Wang, H. Cheng, et al., *Journal of Material Science*, **34**, 3721 (1999).
- [3] A. Rodríguez, et al., *Enviromental Technology*, **41**, 1023 (2020).

## Efecto del tratamiento térmico en películas delgadas de $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ depositadas mediante electrodeposición galvanostática

Presentación Oral

R. Torres Ricárdez\*, M. F. García Mendoza, E. Ramirez Morales, F. I. Lizama Tzec, L. Rojas  
Blanco, B. L. Pérez Escobar, G. Pérez Hernández

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

E-mail: [rafael.torres@ujat.mx](mailto:rafael.torres@ujat.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El semiconductor absorbedor  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  es un sistema cuaternario con estructura tipo kesterita  $\text{I}_2\text{-II-IV-VI}_4$  similar al ternario  $\text{CuInS}_2$  de fase calcopirita [1], con una banda prohibida de 1.4 a 1.5 eV y un coeficiente de absorción en el rango del espectro visible [3]. En general, la obtención de la fase kesterita del CZTS puede obtenerse mediante dos etapas secuenciales, la formación de la capa precursora formada por Cu-Zn-Sn y el tratamiento térmico en atmósfera de azufre [10]. En el presente trabajo, se estudia el proceso de depósito mediante el electrodeposición galvanostática y sus efectos en las películas de CZTS, además de los efectos ocasionados por el tratamiento térmico.

### 2. METODOLOGÍA

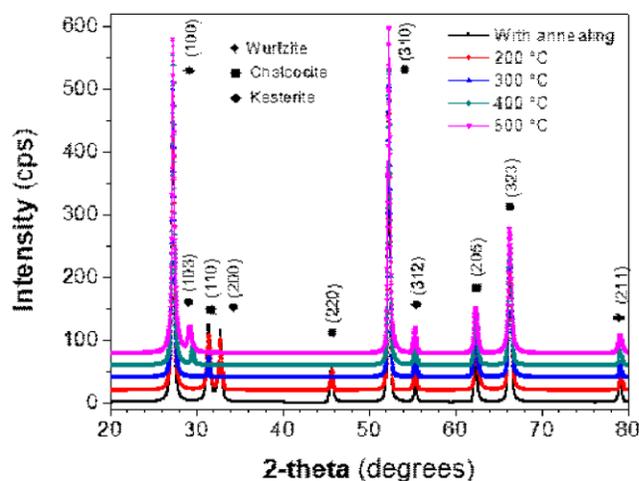
La densidad de corriente para el depósito galvanostático se determinó utilizando la técnica de voltamperometría cíclica entre dos límites de potenciales (300 hasta -1300 mV). El electrodeposición se llevó a cabo mediante la técnica de cronoamperometría utilizando los potenciales de reducción determinados en la voltamperometría cíclica durante un periodo de 100 s. El recocido de las películas delgadas electrodepositadas se realizó en un horno tubular, en atmósfera inerte y en atmósfera de azufre con flujo de nitrógeno.

### 3. RESULTADOS

Los espectros de difracción de rayos X de las películas de CZTS se muestran en la Figura 1, es posible apreciar la existencia de planos característicos del material absorbedor  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  en la fase kesterita, también se observan los planos característicos de los sulfuros metálicos precursores  $\text{Cu}_2\text{S}$  en fase calcocita y  $\text{ZnS}$  en fase wurtzita. Las películas sin tratamiento térmico y las películas sometidas a tratamiento a 200 °C, presentan planos de difracción similares. La intensidad del pico en el plano de difracción (310) presenta un aumento al incrementar la temperatura de tratamiento postdepósito, indicando que la naturaleza cristalina de las películas delgadas de CZTS mejora

con el aumento de temperatura.

**Tabla 1.** Patrones de difracción de Rayos X de las películas de CZTS



### 4. CONCLUSIONES

Se observó la presencia de la fase kesterita propia del CZTS en las películas depositadas mediante electrodeposición, se encontró que la presencia de las fases secundarias disminuyó debido al incremento de la temperatura de tratamiento. Las películas obtenidas presentan características adecuadas para ser empleadas en dispositivos fotovoltaicos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] T. R. Rana, et al., *Materials Letter*, **162**, 40 (2016).
- [2] P. Malar, *Thin Film Structures Energy Applications*, Springer International Publishing, Cham (2015).
- [3] J. H. Lee, et al., *Solar Energy*, **136**, 499 (2016).

## Síntesis de óxido de grafeno a partir de la oxidación simultánea de grafito y anilinas sulfonadas

### Presentación Oral

C.A. Llamas Castro<sup>1</sup>, G. A. Méndez Rivera<sup>1</sup>, M. Quintana Ruiz<sup>2</sup>, L. M. Torres Rodríguez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Electroquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

<sup>2</sup>CIACYT, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

E-mail: [luzmaria@uaslp.mx](mailto:luzmaria@uaslp.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El óxido de grafeno (OG) es un material cuyas propiedades permiten que tenga una amplia gama de aplicaciones. Entre los métodos de síntesis se encuentran las técnicas electroquímicas [1]. Dentro de estos métodos se encuentra la oxidación anódica, que consiste en oxidar el grafito electroquímicamente en soluciones con concentraciones muy altas de ácidos. La oxidación conduce a la formación de grupos funcionales en el grafito, la intercalación de aniones del medio, la expansión del grafito y la posterior delaminación en OG. Las desventajas del método, es que se requiere la aplicación de potenciales muy altos y el uso de concentraciones muy elevadas de electrolito [2]. En algunos trabajos se ha mostrado que cuando los iones intercalados son de gran tamaño, por ejemplo cuando están acomplejados, la delaminación se facilita [3]. Por lo que en este trabajo se propone oxidar el grafito en presencia de anilina sulfonada, ya que ésta al oxidarse forma polímeros u oligómeros solubles voluminosos [4], cuyo grupo funcional  $-SO_3^{2-}$ , puede actuar como intercalante, facilitando la delaminación y requiriendo condiciones de síntesis más suaves.

### 2. METODOLOGÍA

El electrodo de trabajo fue un electrodo de pasta de carbono, elaborado a partir de grafito natural. La oxidación se realizó por voltamperometría cíclica, empleando una solución de ácido metanílico ( $1 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ ) en  $H_2SO_4$  ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ).

### 3. RESULTADOS

La síntesis se realizó haciendo barridos sucesivos de potencial, el voltamperograma obtenido mostró picos de la oxidación del ácido metanílico y la oxidación de grafito. La solución de trabajo y la superficie del electrodo fueron analizadas empleando diferentes métodos como: Espectroscopía de UV-Vis, Raman, FTIR, MEB y MET. Estos métodos mostraron evidencias de la formación de óxido de grafeno en la

superficie del electrodo y en la solución (Figura 1). La concentración de ácido y los potenciales aplicados fueron considerablemente más bajos que los reportados en otros trabajos.

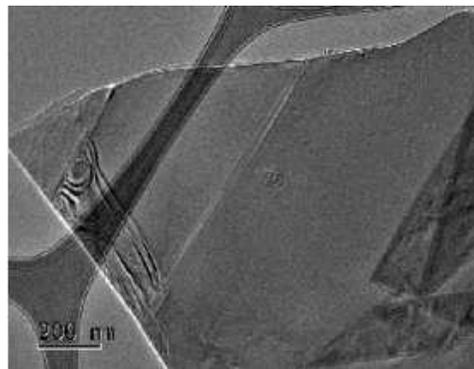


Figura 1. Imagen de MET de la solución

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran que cuando la oxidación de grafito se realiza en presencia de ácido metanílico, se produce OG en la solución de trabajo y en la superficie del electrodo.

### 5. REFERENCIAS

- [1] C.T.J. Low, et al., *Carbon*, **54**, 1 (2013).
- [2] B. Gurzeda, et al., *Carbon*, **100**, 540 (2016).
- [3] J. Wang, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **133**, 8888 (2011).
- [4] X.L.Wei, et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **118**, 2545 (1996).

## Resultados preliminares de la síntesis y caracterización óptica, morfológica y electroquímica de Cu

### Presentación Oral

J. Vargas Reyes<sup>1</sup>, G. M. Torres Castro<sup>2</sup>, R. Castañeda Valderrama<sup>1</sup>, M. Plascencia Tostado<sup>1</sup>, P. I. Lopez Picazo<sup>1</sup>, M. A. Carreón Alvarez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, Ameca, Jalisco, México.

<sup>2</sup>División Academia de Ciencias de la Sustentabilidad, Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Nicolás Romero, Estado de México, México.

E-mail: [maria.carreon@academicos.udg.mx](mailto:maria.carreon@academicos.udg.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El óxido de cobre (CuO) es un compuesto semiconductor con una estructura cristalina FCC (cúbica centrada en las caras por sus siglas en inglés). El CuO es de gran interés en particular porque exhibe una amplia gama de propiedades físicas potencialmente útiles, tales como alta conductividad, dinámica de espín, efectos de electrones decorrelación, entre otras [1, 2]. Además, el costo del CuO es inferior a otros nanocompuestos basados en plata, es relativamente estable en términos fisicoquímicos, así mismo, es sencillo mezclar NPs de CuO con polímeros [3].

En este proyecto se propone sintetizar el CuO por el método electroquímico, aplicando diferentes potenciales. Este material fue caracterizado por métodos morfológicos, ópticos y electroquímicos, con la finalidad de emplearlo como sensor de alcohol.

### 2. METODOLOGÍA

Se sintetizó material de CuO mediante el método electroquímico, en el cual se utilizó  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  1M y se aplicó un potencial de 15 V DC en 3A. Se emplearon electrodos de Cu. Finalmente, el material obtenido fue caracterizado por medio de Espectroscopia Raman, Espectroscopia de UV-visible y Voltamperometría Cíclica.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos en el espectro de absorbancia, obtenido por medio de la técnica de UV visible, en el cual se identificó el plasmón característica para el óxido de cobre en el rango de 220-400 nm, se encontró un ligero desplazamiento de este plasmón, lo cual puede ser

explicado en términos de que se tenga un tamaño mayor de CuO.

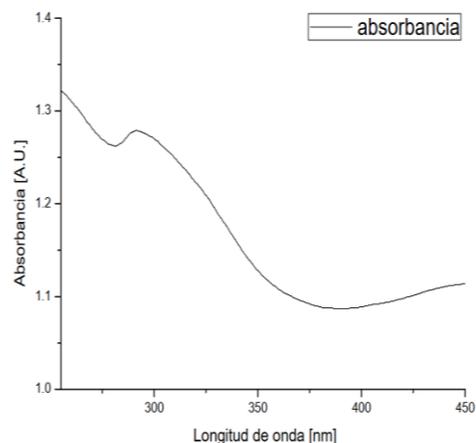


Figura 1. Espectro de UV visible de CuO sintetizado por métodos electroquímicos.

### 4. CONCLUSIONES

El método electroquímico puede ser empleado para la obtención del material de CuO, el cual es un método sencillo y económico. Por medio de Espectroscopia de UV-vis fue posible el observar el plasmón característico del CuO.

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. J. Cava, *Science*, **247**, 656 (1990).
- [2] J. M. Tranquada, et al., *Nature*, **375**, 561 (1995).
- [3] J. F. Xu, et al., *Solid State Chem.* **147**, 516 (1999).

# Evaluación de NaClO como depresor de calcopirita en la separación selectiva por flotación de Cu-Mo

## Presentación Oral

A. Montoya Mendez, R. Cruz, I. Lázaro, I. Rodríguez\*

Instituto de Metalurgia-Facultad de Ingeniería, UASLP.

E-mail: [montoya.mendez.arait@gmail.com](mailto:montoya.mendez.arait@gmail.com)

| 139

## 1. INTRODUCCIÓN

Para el beneficio de sulfuros de cobre pórfidos como la calcopirita ( $\text{CuFeS}_2$ ) que suelen estar asociados a molibdenita ( $\text{MoS}_2$ ), se hace una separación selectiva por flotación usando generalmente como depresor NaHS. Aunque este reactivo tiene buen desempeño, se busca reemplazarlo debido a su toxicidad. Una alternativa es el uso de NaClO, debido a sus características oxidantes, que permiten deprimir sulfuros de cobre mediante la producción superficial de especies hidrofílicas. El NaClO ha sido usado como oxidante para producir especies hidrofílicas en minerales de pirita ( $\text{FeS}_2$ ) y enargita ( $\text{Cu}_3\text{AsS}_4$ ) [1]. También ha sido usado en la lixiviación de minerales de  $\text{MoS}_2$  [2], en donde no se reporta formación de especies superficiales. Este trabajo presenta una evaluación del NaClO como agente oxidante de sulfuros de cobre y su efecto depresor para favorecer la separación de sulfuros de Cu-Mo por flotación, vía la formación superficial de especies hidrófilas de cobre y hierro.

## 2. METODOLOGÍA

Se realizaron pruebas de flotación de un concentrado de sulfuros de Cu-Mo para determinar las condiciones para la separación selectiva de los sulfuros de cobre, tomando en cuenta dosificación de NaClO y pH. Este estudio estuvo apoyado en medidas de potencial mixto, usando electrodos de pasta de carbono conteniendo  $\text{CuFeS}_2$  y  $\text{MoS}_2$ . Lo anterior, permitió establecer la ventana de potencial para estudiar los procesos redox involucrados mediante voltametría cíclica. Finalmente, los procesos redox observados fueron correlacionados con los resultados de caracterización obtenidos por SEM/EDX, mediciones de ángulo de contacto y FTIR.

## 3. RESULTADOS

Las pruebas de flotación demostraron que para una dosificación de 1020 g/t de NaClO a pH 7 se obtiene una depresión de Cu (de 70 a 26.5%), sin afectar significativamente la recuperación de  $\text{MoS}_2$  (de 77 a

75%). A partir de las mediciones de potencial mixto y voltametría, los procesos observados fueron atribuidos a la formación de  $\text{CuFe}_{1-x}\text{S}_2$ ,  $\text{FeOOH}$  y  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  para calcopirita, y la formación de la especie soluble  $\text{MoO}_4^{2-}$  para molibdenita. Estas especies explicarían el comportamiento observado en flotación. Con SEM/EDX se determinaron cambios superficiales en calcopirita, pero no en la molibdenita. Para las condiciones de estudio, antes y después del acondicionamiento se observaron cambios en los ángulos de contacto de  $55.1$  a  $55.8^\circ$ , para molibdenita, y de  $55.9$  a  $31.8^\circ$ , para calcopirita, corroborando el carácter hidrofílico en esta última. La FTIR de  $\text{CuFeS}_2$  mostró picos característicos de grupo  $\text{OH}^-$  después del tratamiento con NaClO, posiblemente por la formación de hidróxidos metálicos. En el caso de  $\text{MoS}_2$ , los espectros no mostraron cambios.

## 4. CONCLUSIONES

El NaClO puede deprimir la calcopirita, porque promueve la formación de especies superficiales que disminuyen su recuperación conforme aumenta la concentración, mientras la flotabilidad de la molibdenita no muestra un cambio importante. El mecanismo de oxidación de  $\text{CuFeS}_2$  involucra la formación de  $\text{FeOOH}$  y  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , disminuyendo su hidrofobicidad natural. Los resultados de FTIR y ángulo de contacto confirman la formación de especies hidrofílicas sobre  $\text{CuFeS}_2$ . Para  $\text{MoS}_2$  los resultados de SEM/EDX, ángulo de contacto y FTIR confirman la formación de  $\text{MoO}_4^{2-}$ .

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. Tayebi-Khorami, et al., *Minerals Engineering*, **119**, 149 (2018).
- [2] P.K. Choubey, et al., *Hydrometallurgy*, **178**, 224 (2018).

## Estudio electroquímico del pirogalol para la funcionalización de nanopartículas de magnetita

Presentación Oral

O. S. Valle Reyes<sup>1\*</sup>, A. G. González Gutiérrez<sup>2</sup>, N. Casillas<sup>2</sup>, R. R. Quiñonez López<sup>1</sup>,  
M. E. Cano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán No.1421, Guadalajara, Jal., 44430, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán No.1421, Guadalajara, Jal., 44430, México.

<sup>3</sup>Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad No.1115, Ocotlán, Jal., 47810, México.

E-mail: [oscar.valle@alumnos.udg.mx](mailto:oscar.valle@alumnos.udg.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

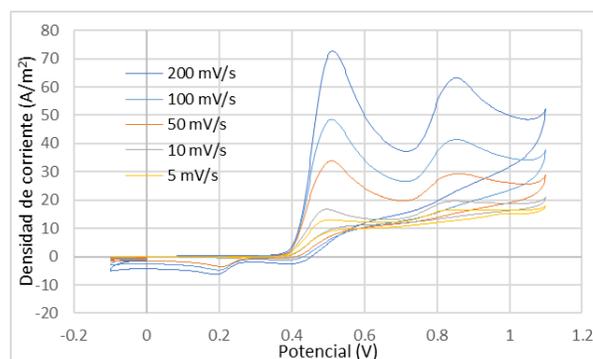
El pirogalol es un compuesto fenólico natural que se encuentra en cultivos y frutas[1]. Su importancia radica en que se trata de un compuesto ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, cosmética y plástica[1]. Es una molécula altamente soluble en agua[2], que tiene tres constantes de disociación, una por cada grupo hidroxilo presente, sus valores de pK<sub>a</sub> son: 9.1, 11.5 y ~14 [3]. Posee propiedades antioxidantes y se considera un buen agente reductor[4]. La importancia del estudio de esta molécula, se centra en la posibilidad de emplearla como agente funcionalizante de nanopartículas de magnetita para su uso en terapias de hipertermia.

### 2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución 10 mM de pirogalol y 100mM de KCl como electrolito soporte a diferentes pH. Los electrodos de trabajo empleados fueron de Pt, Au y carbón vítreo reticulado. El electrodo de referencia es de SCE. El rango de las velocidades de variación del potencial explorado es de 5-200 mV/s.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra una serie de voltamperogramas cíclicos del pirogalol en medio ácido (pH= 0.5). En este caso, se tienen dos picos de oxidación de los grupos hidroxilos presentes. La primera oxidación corresponde a la formación de la quinona mientras que en la segunda se forman especies radicalarias. Los picos de reducción presentan una baja intensidad, debido a reacciones químicas irreversibles de los productos de reacción.



**Figura 1.** Voltamperograma de una solución de pirogalol con KCl y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sobre un electrodo de Pt.

### 4. CONCLUSIONES

El pirogalol tiene un comportamiento electroquímico análogo al catecol, por lo que, aunado a la presencia de 3 grupos hidroxilos, se espera que sea capaz de modificar la superficie de nanopartículas la magnetita para su aplicación en hipertermia.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Y. G. Sun, et al., *Anal. Chim. Acta*, **423**, 247(2000).
- [2] A. Bao, et al., *RSC Adv.*, **5**, 12710 (2015).
- [3] P. J. Redlich, et al., *Fuel Process. Technol.*, **25**, 67 (1990).
- [4] G. M. Harris, *Inorg. Chem.*, **2**, 432 (1963).

# Caracterización de celdas electroquímicas flexibles de grafeno inducido con el par redox ferrocianuro/ferricianuro de potasio

Presentación Oral

E. Aparicio Martínez<sup>1</sup>, R.B. Domínguez Cruz<sup>2\*</sup>.

<sup>1</sup>CIMAV S.C., Miguel de Cervantes 120, C.P. 31136 Chihuahua, CHIH, México.

<sup>2</sup>CONACyT – CIMAV S.C., Miguel de Cervantes 120, C.P. 31136, Chihuahua, CHIH, México.

E-mail: [rb.dominguezcruz@gmail.com](mailto:rb.dominguezcruz@gmail.com)

141

## 1. INTRODUCCIÓN

El grafeno inducido por láser (LIG) es un material relativamente novedoso, se descubrió en 2014 un método para inducirlo a partir de sustratos poliméricos utilizando un láser de CO<sub>2</sub> [1]. Esta metodología presenta varias ventajas, ya que permite obtener este tipo de grafeno sobre sustratos flexibles, es de bajo costo y muy fácil de implementar. Sin embargo hasta años recientes ha comenzado a popularizarse para su aplicación en diferentes áreas, sensores electroquímicos, biosensores, sensores físicos, supercapacitores, etc [2]. A pesar de su extenso estudio para las aplicaciones mencionadas no se ha hecho mucho énfasis en relacionar el desempeño electroquímico con la morfología del material. Por lo que en el presente trabajo se presenta un estudio del desempeño electroquímico del material usando el par redox K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>]/K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>].

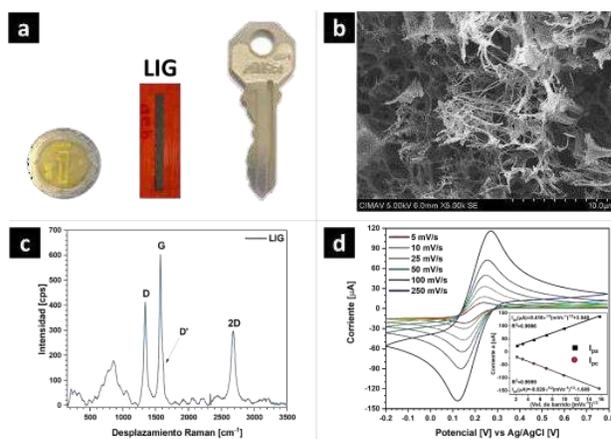
## 2. METODOLOGÍA

Se preparó un sustrato compuesto de polietilentereftalato (PET) y Poliimida (PI) y se le realizó un tratamiento con un equipo de corte/grabado láser, equipado con un láser de CO<sub>2</sub>, para inducir LIG. Se estudió la morfología del material por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). Se caracterizó por la técnica de Raman y FTIR. Además, se estudió el desempeño del LIG por las técnicas de voltamperometría cíclica (VC) y Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS), utilizado una configuración de celda de tres electrodos, donde el LIG es el electrodo de trabajo.

## 3. RESULTADOS

Se observó una morfología de tipo esponja con una gran porosidad y la presencia de algunas estructuras fibrilares con diámetro en el orden de nanómetros. Por la técnica de FTIR se corroboró la eliminación de gran parte de los grupos funcionales característicos de la PI y la presencia de grupos

funcionales residuales en el LIG. La técnica de Raman mostró la aparición de las tres bandas D, G y 2D; características de materiales de tipo grafeno este resultado es similar al reportado por el grupo de Lin et al [1]. Finalmente, la técnica de VC demostró el buen desempeño electroquímico del LIG, comparable con un electrodo carbón y mejorando la respuesta de un electrodo serigrafiado.



**Figura 1.** a) Electrodo LIG, b) Micrografía electrodo LIG c) Espectro de Raman del LIG y d) VC del electrodo LIG.

## 4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se obtuvo LIG, mediante un equipo de grabado láser, El material presentó un mejor desempeño en comparación de un electrodo serigrafiado, con las ventajas de ser más fácil y rápido preparar, ser flexible.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. Lin, et al., *Nat. Commun.* **5**, 5714 (2014).
- [2] M. Wang, et al., *Trends Chem.* **3**, 969 (2021).

# Elaboración de sustratos de aluminio decorados con nanotubos de carbono y dendrímeros poliamidoamina, enfocados al desarrollo de biosensores

## Presentación Póster

L. S. Cahuantzi<sup>1</sup>, M. A. González Fuentes<sup>2</sup>, E. Méndez Albores<sup>2</sup>, G. F. Pérez Sánchez<sup>4</sup>, A. Méndez Albores<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita, Universidad Autónoma de Puebla.

<sup>3</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Autónoma de México.

<sup>4</sup>Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

E-mail: [alia.mendez@correo.buap.mx](mailto:alia.mendez@correo.buap.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del área de los biosensores, se ha utilizado una amplia variedad de materiales orgánicos e inorgánicos, entre los que destacan, los nanotubos de carbono (CNTs) debido a sus propiedades únicas como son: excelente conductividad, estabilidad química, alta superficie de contacto y la posibilidad de modificación química a través de la funcionalización de su superficie, lo que facilita la interacción específica con los elementos biológicos [1]. En este trabajo se presentan los resultados de la modificación de sustratos de Al con CNTs de pared múltiple (MWCNTs) y dendrímeros poliamidoamina (PAMAM). Estos sustratos serán empleados en estudios posteriores para el desarrollo de un inmunosensor.

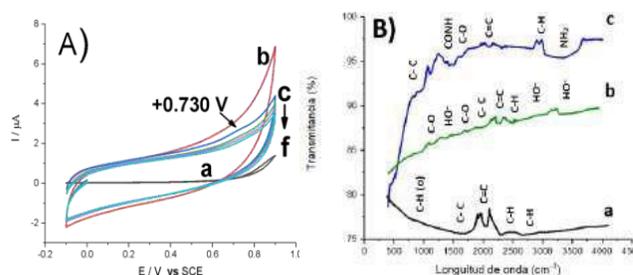
## 2. METODOLOGÍA

Las placas de aluminio (Al) fueron decoradas con MWCNTs por el método electroforético. La modificación con dendrímeros PAMAM-NH<sub>2</sub> G4 fue realizada mediante la técnica de *electrografting*. La caracterización electroquímica se llevó a cabo por voltamperometría cíclica (VC) y la presencia de los dendrímeros fue corroborada mediante espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (FT-IR).

## 3. RESULTADOS

En la figura 1A se muestran los voltamperogramas cíclicos de los diferentes sustratos. La curva (b) presenta un comportamiento más capacitivo en comparación con la curva para Al desnudo (a), lo que se debe a la presencia de los MWCNTs sobre el electrodo. Por otro lado, el primer ciclo de modificación (curva c) presenta una pequeña señal de oxidación alrededor de 0.73 V, que corresponde a la oxidación del dendrímero. Conforme el número de

ciclos aumenta, la corriente disminuye gradualmente, un comportamiento típico de modificación por inhibición de la superficie. La figura 1B muestra los espectros de FT-IR de cada sustrato y las respectivas señales vibracionales, con las que se corrobora la presencia de los dendrímeros sobre la superficie de Al-MWCNTs.



**Figura 1.** A) Voltamperogramas cíclicos de Al (a), Al-MWCNTs (b) y proceso de *electrografting* con dendrímeros (c-f), obtenidos a 20 mVs<sup>-1</sup>. B) Espectros FT-IR de MWCNTs (a), Al-MWCNTs (b) y Al-MWCNTs-PAMAM (c).

## 4. CONCLUSIONES

Mediante depósito electroforético, fue posible decorar el sustrato de Al con MWCNTs. Así mismo, la inmovilización de dendrímeros sobre los sustratos de Al-MWCNTs fue corroborada por la técnica de FT-IR.

## 5. REFERENCIAS

[1] C.Vusa, et al., *RSC advances.*, **6**, 33409 (2016).

## Fabricación de ánodos nanoestructurados de Zn para baterías metal-aire

### Presentación Póster

E. F. Hernández Molina<sup>1\*</sup>, R. Mayén Mondragón<sup>2</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>3</sup>, F. J. Rodríguez  
Gómez<sup>1</sup>, J. Genescá<sup>2</sup>, M. Navarrete Montesinos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Química UNAM, 04510 Cd. de México,

<sup>2</sup>Polo Universitario de Tecnología Avanzada Monterrey

<sup>4</sup>Instituto de Ingeniería Universidad Veracruzana, Veracruz, Ver.

[iqm.ericmolina@quimica.unam.mx](mailto:iqm.ericmolina@quimica.unam.mx)

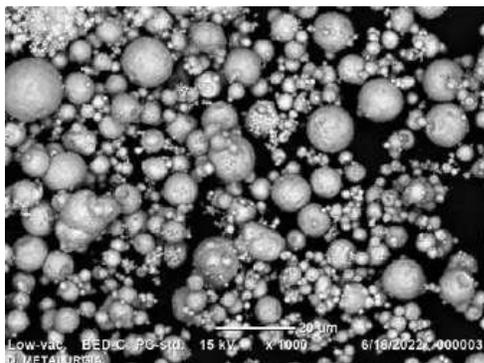
### 1. INTRODUCCIÓN

Se propone un método de fabricación de un ánodo de Zn, con capacidad de suprimir la formación de dendritas de Zn, al aumentar el área superficial aparente, depositando por electroforesis dispersiones de nanopartículas en plantillas de PMMA [1].

Las nanopartículas sintetizadas a partir de ZnNO<sub>3</sub>, por reducción de NaBH<sub>4</sub> se caracterizan con las técnicas: SEM-EDS, Difracción de rayos X, y dispersión de luz dinámica DLS. Las membranas se caracterizan con Calorimetría de Barrido Diferencial DSC y Análisis termogravimétrico TGA.

### 2. RESULTADOS

Variando solamente las concentraciones de agente reductor se obtuvieron diversos tamaños de partícula mediante reducción húmeda [2,3]. Otras variables como la concentración de la sal de Zn, y el estabilizador Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> produjeron diferentes formas y tamaños de estructuras. Se ajustaron las condiciones experimentales mediante un diseño de experimentos 2K factorial.



**Figura 1.** Muestra esferas a 1000X, obtenidas por un precipitado, centrifugado, lavado y secado de la síntesis.

Adicionalmente se observó el desempeño del coloide de las nanopartículas con respecto al tiempo,

enfocándose en la degradación de la suspensión por la formación de aglomerados después de una semana de la síntesis.

### 3. CONCLUSIONES

Se concluye que las diferentes formas y tamaños que varían de micras a nano-tamaños de Zn podrían obtenerse utilizando diferentes agentes reductores.

El SEM confirmó la formación de las diferentes estructuras de Zn con forma esférica.

Mediante DLS el diámetro promedio de las nanopartículas sintetizadas con menor tamaño se calculó en 80 nm. La distribución de nanopartículas de Zn es de unos 20 nm, lo que indica distribución moderada de las nanopartículas.

### 4. REFERENCIAS

[1] K. Miyazaki, *Electrochemical Powers Sources: Fundamentals, Systems, and Applications*, 11-21, Elsevier, (2021).

[2] M. Debbarma, et al., *Advances in Manufacturing*, 1,183 (2013).

[3] B. Divya, et al., *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 14, 267 (2018).

## Estudio del potencial de inversión en el proceso de oxidación de PPy

### Presentación Póster

R. J. Villanueva Silva<sup>1</sup>, U. Páramo García<sup>1\*</sup>, R. García Alamilla<sup>1</sup>, E. E. Villalobos Neri<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/I. T. Cd. Madero, Centro de Investigación en Petroquímica,  
Prol. Bahía de Aldhair y Av. de las Bahías, Parque de la Pequeña y Mediana Industria, 89608,  
Altamira, Tamaulipas, México.

E-mail: [rjvs\\_94@hotmail.com](mailto:rjvs_94@hotmail.com)

144

### 1. INTRODUCCIÓN

Los polímeros conductores y sus derivados han sido ampliamente estudiados debido a la cualidad que tienen de unir las características de los plásticos con la conducción de corriente [1,2]. Entre los más relevantes sobresale el polipirrol (PPy). La característica en común de este tipo de materiales es la conjugación del sistema  $\pi$  a lo largo de toda la cadena polimérica, lo cual en ocasiones solo se obtiene al dopar el polímero de modo que se generen cargas adicionales en el sistema. Aunque pueden ser sintetizados por vía química y electroquímica, la electropolimerización tiene muchas ventajas dado que los polímeros conductores obtenidos a través de este método, muestran una mayor conductividad eléctrica [2,3]. El análisis de la variación del potencial de inversión dentro de la electropolimerización de PPy, es el motivo de estudio para este trabajo de investigación.

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis del PPy, se realizó en un potenciostato BASi Epsilon en una celda convencional de 3 electrodos con un alambre de plata como electrodo de referencia, una placa de acero inoxidable 304 (AI-304) como contraelectrodo y una placa perforada de AI-304 como electrodo de trabajo. Se realizó una variación del potencial de inversión (0.5 a 0.7 V) y de los ciclos de síntesis (10, 20 y 30).

La caracterización del electrodepósito se realizó mediante las técnicas de espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) y microscopia óptica; además se analizó la cantidad de polímero depositado y el espesor de película [1-3].

### 3. RESULTADOS

Se realizaron en total 9 electrodepósitos en placas de AI-304, las cuales mediante FTIR, se encontró que la película depositada correspondía al PPy; se analizaron las señales obtenidas de los principales grupos funcionales del PPy, encontrando diferencias en las

bandas correspondientes al oxígeno. Se compararon la cantidad de ciclos en los electrodepósitos, donde las placas sintetizadas con 20 ciclos mostraron uniformidad a lo largo del depósito, lo cual se encontró mediante la técnica de microscopia óptica y la determinación del espesor de película; las placas con 20 ciclos de depósito fueron comparadas para los potenciales de inversión con las mismas técnicas, donde el potencial de 0.7 V mostró mejor uniformidad [2,3].

### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que el electrodepósito con potencial de inversión de 0.7 V y 20 ciclos de polimerización es el adecuado para la obtención de un depósito uniforme, sin sobreoxidación y de espesor uniforme a lo largo de la película.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A. I. Pruna, et al., *Materials*, **13**, 624 (2020)
- [2] R. Ullah, et al., *Polymers*, **14**, 242 (2022).
- [3] P. Joshi, et al., *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **95**, 855 (2022).

## Electrocatalizadores sin metales nobles para la reacción de evolución de H<sub>2</sub>

### Presentación Póster

R. Montoya González\*, M. L. Hernández-Pichardo, R. de G. González Huerta

Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, UPALM, CP 07738, CDMX

E-mail: [richy.mg95@gmail.com](mailto:richy.mg95@gmail.com)

145

### 1. INTRODUCCIÓN

El hidrógeno ha sido propuesto como una alternativa tanto para el almacenamiento como para la generación de energía eléctrica, sin embargo, actualmente más del 90% del hidrógeno generado proviene de combustibles fósiles. Por lo que se buscan nuevas maneras de obtener hidrógeno con un bajo impacto ambiental y con costos competitivos contras tecnologías ya existentes. La electrólisis de membrana de intercambio de protones (PEM) es una de las mejores opciones para generar hidrógeno verde, ya que es óptima para utilizarse con energías renovables intermitentes como la solar o la eólica, debido a que se estabiliza rápidamente a los cambios de potencia típicos de estas energías renovables intermitentes.[1] Sin embargo, se utilizan catalizadores de metales nobles, lo que hace que sea una tecnología costosa. Por lo que es fundamental el estudio de diferentes electrocatalizadores. Este estudio compara el rendimiento del Pt/C al 10 %, MoS<sub>2</sub> y VS<sub>2</sub> en la reacción de evolución de hidrógeno, y se plantea una metodología para la caracterización de nuevos electrocatalizadores para esta reacción.

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos, uno de trabajo de carbón vítreo, malla de platino como contraelectrodo y un electrodo de hidrógeno como electrodo de referencia, como electrolito se utilizó una solución 0.5 M de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Se realizaron voltamperometrías cíclicas para determinar la estabilidad electroquímica, en un rango de potencial de 0- -0.6 V a una velocidad de barrido de 50 mV/s. Se realizaron voltamperometrías de barrido lineal (LSV) a una velocidad de barrido de 5 mV/s para determinar el sobrepotencial a 10 mA/cm<sup>2</sup> y determinar la pendiente de Tafel (PT) para establecer el mecanismo que sigue la reacción, los cuales pueden ser el de Volmer, Tafel o Heyrovsky [2].

### 3. RESULTADOS

Se obtuvieron las pendientes de Tafel para los tres electrocatalizadores, de esta manera, se pudo determinar el mecanismo de cada uno de ellos.

Tabla 1. Pendientes de Tafel

Elemento	Pt/C 10%	MoS <sub>2</sub>	VS <sub>2</sub>
Pendiente de Tafel (mV/dec)	31	113	214
Mecanismo	Tafel	Volmer	--

### 4. CONCLUSIONES

Se caracterizó electroquímicamente tres diferentes electrocatalizadores, encontrando su PT, el Pt/C presentó el menor valor y coincide con lo reportado en la literatura [2], el MoS<sub>2</sub> presentó una PT que se relaciona al mecanismo establecido por Volmer donde la etapa determinante de la reacción es el proceso de adsorción del protón sobre la superficie del electrodo, el valor tan grande de la PT mostrada por el VS<sub>2</sub> se atribuye a los óxidos de vanadio identificados por DRX, por lo que se requiere un tratamiento superficial para su eliminación. De esta manera se pueden plantear diferentes modificaciones a los electrocatalizadores para mejorar su rendimiento.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Kayfeci, et al., *Hydrogen Production. In Solar Hydrogen Production*, 45–83, Elsevier, (2019)
- [2] A. Londono-Calderon, et. al., *IJHE*, **42**, 30208 (2017).

## Influencia de la temperatura sobre la nucleación y crecimiento electroquímico de aluminio a partir de la mezcla eutéctica cloruro de colina/urea

Presentación Póster

G. Vidal García<sup>1,2\*</sup>, J. Aldana González<sup>1</sup>, M. Teutli León<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Depto. de Materiales, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200 CDMX, México.

<sup>2</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería, C.U. Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio S/N, Col. San Manuel, C.P. 72570 Puebla, México.

E-mail: [al2191801566@azc.uam.mx](mailto:al2191801566@azc.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

En la deposición electroquímica de metales se han utilizado diversos electrolitos, los acuosos limitan el proceso de electrodeposición debido a la reacción de evolución de hidrógeno [1], en cambio, los DES (Disolventes Eutécticos Profundos) al ser mezclas no acuosas dan lugar a la formación de depósitos más homogéneos, p. ej. el DES de cloruro de colina y urea ha permitido estimar parámetros cinéticos como frecuencia de nucleación y densidad numérica de sitios activos para metales como Fe[2] y Ni[3], entre otros, pero estos trabajos no se han centrado en analizar el efecto de variar la temperatura sobre el mecanismo y la cinética de nucleación electroquímica de metales.

### 2. METODOLOGÍA

La celda electroquímica consistió en un electrodo de trabajo de carbón vítreo (GCE), una barra de grafito como electrodo auxiliar y un alambre de plata como pseudoreferencia; donde como electrolito de trabajo se utilizó una mezcla eutéctica de cloruro de colina/urea (ChCl/U 1:2 relación molar) con 50 mM de AlCl<sub>3</sub>. El mecanismo y la cinética de nucleación a distintas temperaturas se estudió con voltamperometría cíclica (VC) y cronoamperometría (CA).

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra una VC a diferentes temperaturas (30 – 90 °C), aquí se observa que el pico catódico relacionado con reducción de iones Al en el DES (Al(III)<sub>DES</sub> + 3e<sup>-</sup> = Al(0)) aumenta su densidad de corriente y se vuelve menos negativo al incrementar la temperatura. Por otro lado, se puede ver que en el barrido inverso no hay presencia de ningún pico anódico, esto concuerda con lo reportado por [4], es decir, la formación de una capa pasivante de Al(OH)<sub>3</sub> que impide la oxidación del Al depositado.

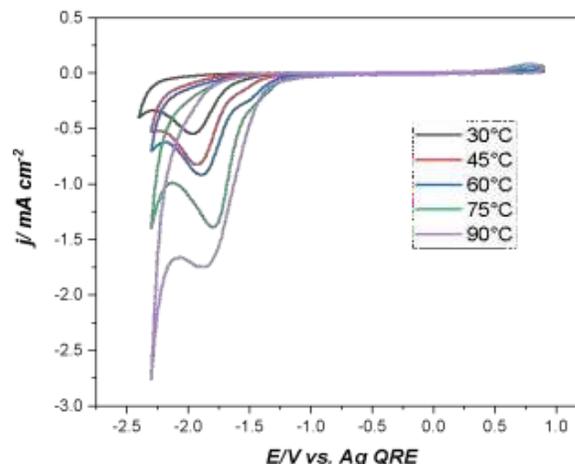


Figura 1. VC del sistema GCE-ChCl/U-50 mM Al(III) a 10 mVs<sup>-1</sup> para diferentes temperaturas.

### 4. CONCLUSIONES

Al incrementar la temperatura en el DES ChCl/U se favoreció el proceso de deposición electroquímica de Al. A partir del análisis de los resultados obtenidos fue posible estimar parámetros cinéticos asociados con la nucleación y crecimiento de Al sobre GCE.

### 5. REFERENCIAS

- [1] H. Natter, R. Hempelmann, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, **222**, 319 (2008).
- [2] T. Le Manh, et al., *The Electrochemical Society*, **165**, D808 (2018).
- [3] J. Aldana, et al., *Electrochimica Acta*, **276**, 417 (218).
- [4] E. Rodríguez, et al., *The Electrochemical Society*, **166**, D3035 (2018).

## Influencia de la temperatura sobre la formación electroquímica de aleación Ni-Co bajo la aplicación de un campo magnético externo

Presentación Póster

D. Hernández-Perez<sup>1</sup>, J. Aldana González<sup>1\*</sup>, W. Sánchez Ortiz<sup>2</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, E. M. Arce Estrada<sup>3</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>

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

2 Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, 55210 Ecatepec de Morelos, Méx.

3 Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, UPALM Ed. /, C.P. 07638, Ciudad de México.

E-mail: [jjag@azc.uam.mx](mailto:jjag@azc.uam.mx)

147

### 1. INTRODUCCIÓN

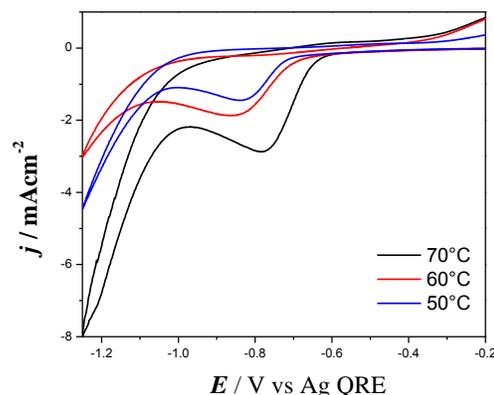
Los estudios de las aleaciones Ni-Co para aplicaciones magnéticas han sido muy amplias, especialmente en la fabricación de sensores, acumuladores e inductores. Las propiedades estudiadas sobre estas aleaciones dependen generalmente del control de parámetros experimentales como lo es la composición del electrolito, composición de la aleación, el pH, la densidad de corriente, la temperatura empleada [1]. Se ha encontrado que en los electrodepositos de metales bajo la influencia de un campo magnético externo se ha obtenido un aumento en el transporte de masa y tasa de deposición así como una mayor resistencia a la polarización [2].

### 2. METODOLOGÍA

Se realizó los electrodepositos de Ni-Co sobre un electrodo de carbón vítreo empleando un disolvente eutéctico profundo (DES) compuesto por cloruro de colina: urea con relación molar 1:2 conteniendo 50mM de  $\text{CoCl}_2$  y  $\text{NiCl}_2$  a 70, 60 y 50°C aplicando un campo magnético externo constante de  $1.8 \times 10^{-3}$  T.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el estudio mediante voltamperometría cíclica DES conteniendo sales de níquel ( $\text{NiCl}_2$ ) y cobalto ( $\text{CoCl}_2$ ) a las temperaturas de 70, 60 y 50°C electrodepositados sobre un electrodo de carbón vítreo bajo la aplicación de un campo magnético externo constante utilizando una bobina, la ventana de potencial fue de -1.25 a -0.2 V en la zona de reducción para observar el pico catódico.



**Figura 1.** Comparativo de la voltamperometría cíclica a  $20 \text{ mVs}^{-1}$  con la aplicación del campo magnético externo a temperaturas de 70, 60 y 50°C en un DES con  $\text{NiCl}_2$  y  $\text{CoCl}_2$ .

### 4. CONCLUSIONES

Se encontró que la influencia de la temperatura es muy importante en la respuesta de densidad de corriente y en los parámetros cinéticos que ocurren dentro del proceso de nucleación de la aleación Ni-Co obtenido electroquímicamente utilizando un DES.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Srivastava, et al., *Corrosion resistance and microstructure of electrodeposited nickel-cobalt alloy coatings* **201**, (2016).
- [2] M. Ebadí, et al., *Influence of magnetic field on the electrodeposition of Ni-Co alloy*, 279 (2010).

## Cinética y nucleación de selenio utilizando un disolvente eutéctico profundo

### Presentación Póster

D. Flores Manzano<sup>1</sup>, J. Aldana González<sup>1\*</sup>, D. Hernández Pérez<sup>1</sup>, P. Morales Gil<sup>2</sup>, E. M. Arce Estrada<sup>3</sup>, M. T. Ramírez Silva<sup>4</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200, CDMX, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional. ESQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, C.P. 07738 CDMX, México.

<sup>3</sup>Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Caracterización de Materiales Sintéticos y Naturales, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, CP 07730, CDMX, México.

<sup>4</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340 CDMX, México.

E-mail: [JIAG@AZC.UAM.MX](mailto:JIAG@AZC.UAM.MX)

## 1. INTRODUCCIÓN

La demanda de producción de selenio de tan alta calidad ha aumentado un gran interés en una posible vía electroquímica de producción de este elemento. Los métodos electroquímicos de electrodeposición son relativamente económicos y fáciles de realizar. Entre una variedad de técnicas, las electroquímicas son las únicas técnicas que pueden usarse para la deposición de películas sobre superficies grandes e irregulares [1]. La electrodeposición de selenio en solución acuosa depende de varios factores como la sensibilidad del sustrato al precursor y la deposición de bajo potencial. En la electroquímica de  $\text{Se}^{4+}$ , que generalmente procede paso a paso a  $\text{Se}^0$  y  $\text{Se}^{2-}$  también se complica por absorción y reacciones químicas homogéneas [2].

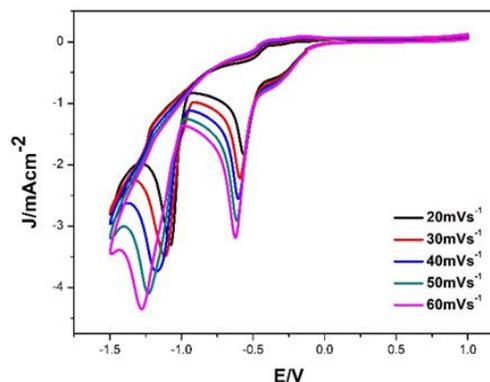
## 2. METODOLOGÍA

Se preparó un disolvente eutéctico profundo (DES) constituido por cloruro de colina: etilenglicol (ChCl: Etilenglicol) con una relación molar 1:2, conteniendo dióxido de selenio ( $\text{SeO}_2$ ) a 50 mM. Se realizó el estudio de la cinética de la electrodeposición de Selenio sobre un electrodo de carbón vítreo mediante técnicas de voltamperometría cíclica y cronoamperometría a temperaturas de 25, 60°C. Se realizó SEM Y EDS para obtener la morfología y composición del electrodepósito de Se.

## 3. RESULTADOS

En la figura 1 se puede mostrar el estudio mediante la técnica de voltamperometría cíclica se realizó en una ventana de potencial de -1.5 a 1 V a velocidades de 20 a 60  $\text{mVs}^{-1}$  donde se observan la formación de 2 picos

relacionados con la especie metálica Se y con la especie acuosa  $\text{Se}^{2-}$ .



**Figura 1.** Estudio de la velocidad de barrido sobre la voltamperometría cíclica en el sistema ChCl: Etilenglicol a 60°C con 50 mM de  $\text{SeO}_2$  sobre un electrodo de carbón vítreo.

## 4. CONCLUSIONES

Se determinó el mecanismo y la cinética de nucleación electroquímica de selenio sobre un electrodo de carbón vítreo a partir de un disolvente eutéctico profundo usando técnicas electroquímicas.

## 5. REFERENCIAS

- [1] B. Maranowski, et al., *J. Electroanal. Chem.*, **752**, 54 (2015).
- [2] K. Kołczyk, et al., *Key Eng. Mater.*, **682**, 189 (2016).

# Análisis de la nucleación y crecimiento de Pd-Co sobre carbono vítreo a partir de ethaline con el modelo teórico de fases bimetálicas

## Presentación Póster

M. Landa Castro, V. D. García Santana, M. G. Montes de Oca Yemha,  
M. A. Romero Romo, M. Palomar Pardavé\*

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área  
Ingeniería de Materiales. Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C. P. 02200, CDMX,  
México.

E-mail: [mepp@azc.uam.mx](mailto:mepp@azc.uam.mx)

149

## 1. INTRODUCCIÓN

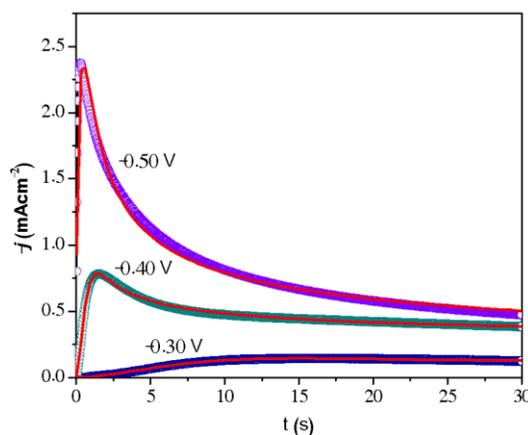
La electrodeposición ha probado ser un procedimiento simple para la preparación de aleaciones, sin embargo, la temperatura, densidad de corriente y disolvente son cruciales en la morfología y composición de la aleación, por lo cual resulta que la electrodeposición de aleaciones es un tanto compleja, así mismo carece de una descripción sólida, Díaz- Morales et. al. [1], desarrollaron un modelo que describe la cinética de la electrodeposición de sistemas bimetálicos, lo cual engloba la reducción de iones metálicos en la solución. Si bien este modelo teórico se ha aplicado a medios acuosos, en los últimos años se ha demostrado que describe bien el proceso desarrollado en disolventes eutécticos profundos (DES) [2].

## 2. METODOLOGÍA

Ethaline es un DES compuesto por (1cloruro de colina: 2 etilenglicol), al cual una vez disuelto, se agregaron especies electroactivas: 50 mM  $\text{CoCl}_2$  + 50 mM  $\text{PdCl}_2$ .

## 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra el ajuste teórico realizado con el modelo teórico aplicado a fases bimetálicas de Díaz-Morales et al., [1] el cual permite obtener parámetros cinéticos como la frecuencia de nucleación ( $A$ ) y la densidad numérica de sitios activos ( $N_0$ ). Los tres transitorios potenciostáticos de densidad de corriente ( $j-t$ ) muestran un buen ajuste teórico confirmando así la posible formación de una aleación.



**Figura 1.** Ajuste teórico, líneas, con el modelo de Díaz-Morales et al [1] a los  $j-t$  experimentales, marcadores, obtenido a los potenciales indicados, en el sistema: Carbono Vítreo /  $\text{Pd(II)-Co(II)}_{\text{DES}}$  a 25 °C.

## 4. CONCLUSIONES

El modelo teórico permite describir los procesos de nucleación y crecimiento de la formación de fases bimetálicas mediante un ajuste a través de una ecuación parametrizada, obteniendo parámetros cinéticos como:  $A$  y  $N_0$ .

## 5. REFERENCIAS

- [1] O. Díaz-Morales, et al., *Journal of Solid State Electrochemistry.*, **17**, 345 (2013).
- [2] M. Landa-Castro, et al., *Journal of Alloys and Compounds.*, **830**, 154650 (2020).

## Electrodeposición de nanopartículas bimetálicas Pd-Zn a partir de reline

### Presentación Póster

M. Landa Castro<sup>1</sup>, E. García Plata<sup>1</sup>, M. A. Romero Romo<sup>1</sup>,

E. Arce Estrada<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>, M. G. Montes de Oca Yemha<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales. Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C. P. 02200, CDMX, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, ESQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, Ciudad de México, CDMX, México.

E-mail: [mgmy@azc.uam.mx](mailto:mgmy@azc.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

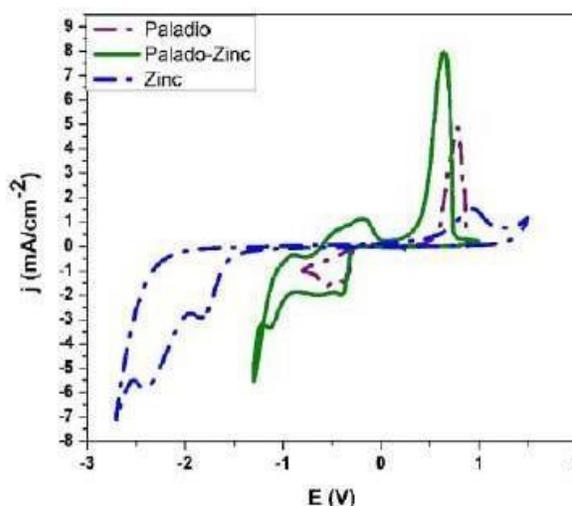
Los nanopartículas (NPs) monometálicas se pueden emplear en muchos campos diferentes, como en electrónica, biomédica, energética, ambiental, catálisis y de materiales [1]. Sin embargo, los bimetales han resultado ser mejores debido al incremento en sus propiedades por la adición de un segundo metal. En el proceso de electrodeposición se empleaban exclusivamente electrolitos acuosos, aprovechando así la fácil disolución de las sales metálicas en este medio. No obstante, el proceso está limitado por los límites de potencial redox del solvente. Por ello se requerían alternativas para llevar a cabo con mayor facilidad dichas reacciones químicas y el surgimiento de los disolventes eutécticos profundos (DES) dio paso a la experimentación con reacciones que no se podían estudiar debido a la difícil solubilidad de sus componentes en el agua [2].

### 2. METODOLOGÍA

Reline es un DES compuesto por (1 cloruro de colina: 2 urea), al cual una vez disuelto, se agregaron especies electroactivas: cloruro de zinc (50 mM  $ZnCl_2$ ) + cloruro de paladio (50 mM  $PdCl_2$ ).

### 3. RESULTADOS

El análisis potenciodinámico de los sistemas mono- y bimetalico en DES, mostraron una diferencia significativa en los valores de potencial, la reducción de Pd(II)-Zn(II) presenta dos picos de reducción en -0.35 y -1.11 V al igual que dos picos de oxidación en 0.22 y 0.64 V, los cuales se atribuyen a la formación de la aleación Pd-Zn, los potenciales de reducción registrados son diferentes a los obtenidos en los sistemas mono-metálicos.



**Figura 1.** Comparación de voltamperogramas en los sistemas mono y bimetalico de  $Zn(II)_{DES}$ ,  $Pd(II)_{DES}$  y  $Pd(II)-Zn(II)_{DES}$  sobre carbono vítreo a 70 °C

### 4. CONCLUSIONES

El estudio potenciodinámico de los sistemas  $Zn(II)_{DES}$ ,  $Pd(II)_{DES}$  y  $Pd(II)-Zn(II)_{DES}$  son una evidencia fehaciente de que se puede llevar a cabo la formación de NPs bimetalicas Pd-Zn debido a la presencia de dos picos de reducción y oxidación en diferentes valores de potencial en comparación a las contrapartes monometálicas.

### 5. REFERENCIAS

- [1] P. Biswas, W. Chang-Yu, *Air & Waste Management Association*, **55**, 708 (2012).
- [2] A. P. Abbott, *Current Opinion Green and Sustainable Chemistry*, **100649** (2022).

# Influencia de la temperatura en los parámetros cinéticos del proceso de electrodeposición de Pd-Ni a partir de ethaline

Presentación Póster

M. Landa Castro, D. Gómez Pérez, M. G. Montes de Oca Yemha,  
M. A. Romero Romo, M. Gutiérrez Arzaluz, M. Palomar Pardavé\*

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales. Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C. P. 02200, CDMX, México.

E-mail: [mepp@azc.uam.mx](mailto:mepp@azc.uam.mx)

151

## 1. INTRODUCCIÓN

La aleación PdNi es un catalizador prometedor en celdas de combustible debido a su buena eficiencia en la oxidación de metanol y etanol [1], sin embargo, los procesos de síntesis involucran pasos complicados, temperaturas y costos altos, como los métodos químicos, por ello la electrodeposición de aleaciones como Pd-Ni son de interés. No existe evidencia en la literatura, sobre el proceso de nucleación y crecimiento electroquímico de nanopartículas bimetalicas Pd-Ni. La descripción de este proceso asociado con fases bimetalicas resulta un tanto complejo, pero se ha demostrado que el modelo teórico de Díaz-Morales et al. [2], ha sido aplicado a  $j-t$  de sistemas bimetalicos obtenidos en medios como los DES [3].

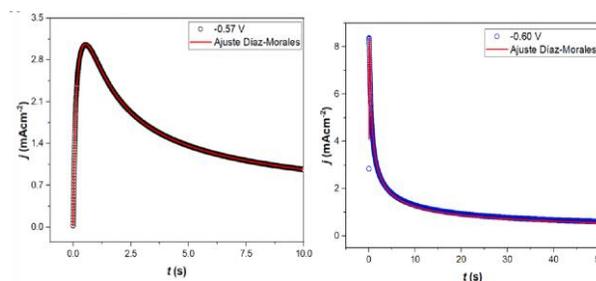
## 2. METODOLOGÍA

Ethaline es un DES compuesto por (1 cloruro de colina: 2 etilenglicol), al cual una vez disuelto, se agregaron especies electroactivas: 50 mM NiCl<sub>2</sub> + 50 mM PdCl<sub>2</sub>, los experimentos se realizaron a 25 y 70 °C.

## 3. RESULTADOS

Los transitorios potenciostaticos de densidad de corriente ( $j-t$ ) obtenidos mediante la aplicación constante de un potencial a dos temperaturas diferentes (25 y 70 °C) a partir del DES ethaline, ver Figura 1, muestran un buen ajuste teórico con el modelo de Díaz-Morales et al. [2], aplicado a sistemas bimetalicos, el cual puede proporcionar información acerca del proceso de nucleación y crecimiento.

También, se hace evidente el aumento en la densidad de corriente por el incremento de temperatura, aumentando la movilidad iónica favoreciendo a su vez el proceso de reducción de Pd(II) y Ni(II).



**Figura 1.** Comparación entre transitorios potenciostaticos de densidad de corriente experimentales (marcadores) obtenidos en el sistema CV/Pd(II)-Ni(II)<sub>DES</sub> sobre carbono vítreo a 25 y 70 °C, con los teóricos (líneas) obtenidos mediante el modelo de Díaz et al [2].

## 4. CONCLUSIONES

El modelo de Díaz-Morales et al. [2], es capaz de describir el comportamiento de la formación de cúmulos bimetalicos Pd-Ni sobre carbono vítreo, se espera que los parámetros cinéticos incrementen su valor a favor del aumento de temperatura.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Z. Qi, et al., *Journal of Power Sources*, **196**, 5823 (2011).
- [2] O. Díaz-Morales, et al., *Journal of Solid State Electrochemistry*, **17**, 345 (2013).
- [3] M. Landa-Castro, et al., *Journal of Alloys and Compounds.*, **830**, 154650 (2020).

# Síntesis de nanocristales de zirconia mediante el método Sol-Gel: Efecto de la constante de las propiedades electroquímicas del medio

## Presentación Póster

C. D. Gutierrez Sanchez, H. J. Dorantes Rosales, L. Téllez Jurado

Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, DIMM. UPALM-Zacatenco,  
Av. IPN S/N, col. Lindavista, C.P. 07738, Ciudad de México, México.

E-mail: [CDGS091092@Hotmail.com](mailto:CDGS091092@Hotmail.com)

152

## 1. INTRODUCCIÓN

El método Sol-Gel el tamaño de las partículas depende principalmente de las concentraciones de agua y catalizador. Se usan alcoholes como solventes, los alcoholes de cadena larga presentan menor polaridad, la cual es directamente proporcional a la constante dieléctrica, lo opuesto a los alcoholes de cadena corta, el tamaño de final de las partículas es inversamente proporcional a la polaridad del solvente [1-2].

El tipo de catalizador, ácido o base influye en el Gel en forma de la velocidad relativa de las reacciones de hidrólisis y la condensación en relación al pH. Los catalizadores ácidos dan tamaños de partícula más pequeños y los catalizadores básicos dan partículas más grandes [4].

En el caso del óxido de zirconio, el pH influye en la estabilidad de las fases de alta temperatura en condiciones normales de presión y temperatura [5].

## 2. METODOLOGÍA

El Sol-Gel se obtuvo con vías ácida y básica, utilizando  $\text{HNO}_3$  e  $\text{NH}_4\text{OH}$ . Una relación molar de propóxido de zirconio, agua y alcoholes de 1: 8: 20 se empleó, también relaciones molares de 0.2 y 0.8 de catalizador respecto al propóxido de zirconio, se utilizaron 2 alcoholes, el metanol y el isopropanol y se adicionaron en una relación molar 1:1.

Las cuatro condiciones, dan como resultado 4 sistemas diferentes,  $\text{ZrO}_2\text{-A2}$  y  $\text{ZrO}_2\text{-A8}$  para los sistemas en base a ácido;  $\text{ZrO}_2\text{-N2}$  y  $\text{ZrO}_2\text{-N8}$ .

## 3. RESULTADOS

Los patrones de difracción en el intervalo de 10 a 80° de las muestras del sistema  $\text{ZrO}_2\text{-N8}$  y  $\text{ZrO}_2\text{-A8}$  tratados térmicamente. Estos 2 sistemas representan los casos opuestos en cuanto a pH.

En el sistema ácido se observa que las reflexiones de la zirconia monoclinica a 28 y 31° no se aprecian hasta las 5 horas de tratamiento térmico y que en el caso de la reflexión de la zirconia tetragonal a 30° es observable en el tiempo más prolongado de tratamiento, 250

horas. En el caso del sistema  $\text{ZrO}_2\text{-N8}$  se observa lo opuesto, las reflexiones de la zirconia monoclinica se observan desde el primer tiempo. La reflexión de la zirconia tetragonal deja de ser apreciable a después de 50 horas de tratamiento.

El efecto del uso de 2 diferentes tipos de alcohol se observa en el tamaño de partícula medido a partir de micrografías MEB de alta resolución a 100,000X.

Lo que se observa un tamaño de partícula nanométrico, se observan tamaños relativamente similares en los 4 sistemas a tiempos cortos y medios de tratamiento térmico, menores a trabajos anteriores usando 1 solo alcohol [5].

## 4. CONCLUSIONES

En este estudio se observó que diferentes condiciones de acidez-basicidad permiten la obtención de nanopartículas de óxido de zirconio, la síntesis ácida permiten una mayor estabilización a temperatura ambiente de la fase tetragonal. Las nanopartículas de óxido de zirconio fueron de tamaño nanométrico de acuerdo a lo que se pretendía obtener.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. Sadasivan, et al., *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, **12**, 5 (1998).
- [2] M. C. Caracoche, et al., *Journal of the American Ceramic Society*, **83**, 377 (2004).
- [3] Solimani, et al., *Processing Technology*, **199**, 10 (2008).
- [4] Silva, et al., **65**, 17 (2019).

## Inmovilización de aminas sobre carbón vítreo como soporte de aptámeros para la posible detección electroquímica de tiroxina

Presentación Póster

C. Corona Elizarrarás<sup>1,2</sup>, C. Slim<sup>2</sup>, S. A. López Juárez<sup>3</sup>, N. Arroyo Currás<sup>4</sup>, S. Griveau<sup>2</sup>, S. Gutiérrez Granados<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas – Noria Alta S/N, Guanajuato, Gto., México, 36050

<sup>2</sup>Chimie ParisTech-PSL – 11 rue Pierre et Marie Curie, Paris, France, 75005.

<sup>3</sup>Universidad de Guanajuato, División de Ciencias e Ingenierías – Calle Loma del bosque 103, Lomas del Campestre, León, Gto., México, 37150

<sup>4</sup>Department of Pharmacology and Molecular Sciences, Johns Hopkins University School of Medicine, 725 North Wolfe St. MD 21205, USA.

E-mail: [c.coronaelizarraras@ugto.mx](mailto:c.coronaelizarraras@ugto.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

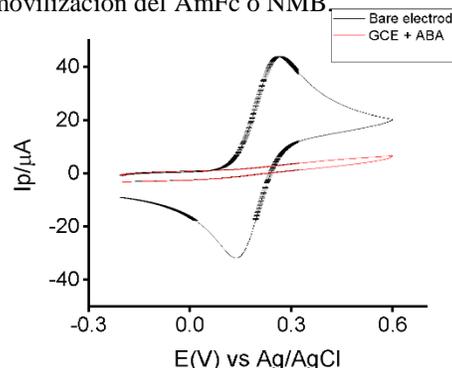
Las hormonas tiroideas (HTs) regulan procesos biológicos vitales como el crecimiento y homeostasis metabólica. La tetrayodotorinonina (tiroxina T4) y también conocida como tiroxina, y 3,3',5'-triyodotironina (T3). Las HTs son aminoácidos yodados. El registro de los niveles de HTs en el cuerpo en tiempo real podría ampliar drásticamente la comprensión de la modulación hormonal. El objetivo es desarrollar un sensor electroquímico a base de aptámeros para la detección de HTs, para un análisis molecular continuo en el cuerpo. Este trabajo explora la funcionalización de electrodos de carbono con monocapas estables que permitan la inmovilización de aptámeros en la superficie de carbono [2, 3]. Se utilizaron el aminoferroceno (AmFc) y el nuevo azul de metileno (NMB) como modelos de molécula electroactiva antes de probar una secuencia de aptámero.

### 2. METODOLOGÍA

Se realizó la modificación de un electrodo de carbono con ácido aminobenzoico (4-ABA) en solución acuosa, usando voltamperometría cíclica. Después, se efectuó la inmovilización de una molécula electroactiva, aminoferroceno o NMB mediante la activación de los grupos carboxílicos usando N-hydroxysuccinimida/Clorhidrato de 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil)carbodiimida (EDC/NHS). Se llevó a cabo una caracterización electroquímica con ferrocianuro en cada etapa del proceso de modificación del electrodo de carbono.

### 3. RESULTADOS

Después de realizar los barridos con 4-ABA, en la figura 1 no se observan más las señales redox del ferrocianuro. Lo que indica que la superficie ha sido modificada, disponible para la posterior inmovilización del AmFc o NMB.



**Figura 1.** Voltamperometría cíclica de un electrodo de carbono desnudo y modificado con 4-ABA en 5 mM  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  en PBS. Velocidad de barrido: 50 mV/s.

### 4. CONCLUSIONES

Las monocapas resultantes tienen grupos carboxílicos disponibles que pueden reaccionar con la terminación amino de las moléculas electroactivas, como el AmFc o el NMB mediante un acoplamiento amida.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. Bernal, *Endocrinology*, **146**, 1698 (2005).
- [2] J. Liu, S. Dong, *Electrochemistry Communications*, **2**, 707 (2000).
- [3] J. Liu, et al., *Langmuir*, **16**, 7471 (2000).

# Electrodeposición de nanopartículas de plata sobre nanotubos de TiO<sub>2</sub> utilizando al disolvente eutéctico profundo Reline

Presentación Póster

P. Morales Gil<sup>1</sup>, M. G. Montes de Oca Yemha<sup>2</sup>, F. Pérez Cruz<sup>2</sup>,  
M. Romero Romo<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Caracterización de Materiales Sintéticos y Naturales, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, CDMX, C.P. 07730, México

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales. Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C. P. 02200, CDMX, México

E-mail: [mepp@azc.uam.mx](mailto:mepp@azc.uam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de materiales con dimensiones y morfologías específicas ha llevado a la investigación hacia la electroquímica, como una forma precisa de controlar estos parámetros. En este trabajo se reporta la formación electroquímica de nanotubos de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>NTs) sobre Ti (Ti/TiO<sub>2</sub>NTs) así como el mecanismo y la cinética de la nucleación y crecimiento potenciales de nanopartículas de plata (AgNPs) sobre Ti/TiO<sub>2</sub>NTs, utilizando al disolventes eutéctico profundo (DES) conocido como reline (mezcla eutéctica entre cloruro de colina y urea) como baño electrolítico conteniendo iones Ag(I).

## 2. METODOLOGÍA

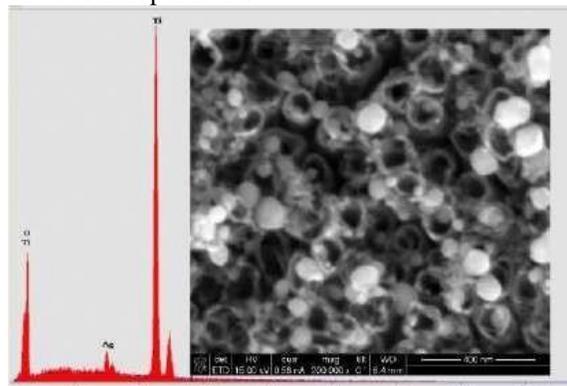
TiO<sub>2</sub>NTs fueron formados sobre la superficie de Ti, previamente electropulido en una disolución acuosa de HClO<sub>4</sub>, mediante anodizado electroquímico en una disolución de agua, glicerol y NH<sub>4</sub>F.

La síntesis de las AgNPs sobre Ti/TiO<sub>2</sub>NTs se realizó mediante electrodeposición por la aplicación de diferentes potencial constantes, a partir de una disolución de AgCl en reline. Los materiales bases y sintetizados en este trabajo fueron caracterizados mediante MEB, EDX, XRD y XPS.

## 3. RESULTADOS

En la Figura 1, se presenta una imagen obtenida mediante MEB y su respectivo espectro EDX, de la superficie del electrodo Ti/TiO<sub>2</sub>NTs después de haber sido sumergido en un disolución 5 mM de AgCl en reline y haber impuesto un potencial de -1.3 V vs Ag QRE durante 30 s a 80 °C. Esta figura muestra claramente la formación de nanopartículas cuasi-esféricas de plata sobre los TiO<sub>2</sub>NTs. El análisis de los transitorios potenciales de corriente, *j-t*, obtenidos

durante la formación de las AgNPs [1] permitió caracterizar el mecanismo y la cinética de nucleación de estas nanopartículas



**Figura 1.** Imagen MEB y correspondiente espectro EDX de la superficie de Ti/TiO<sub>2</sub>NTs decorada con AgNPs mediante electrodeposición utilizando DES.

## 4. CONCLUSIONES

Se muestra que AgNPs pueden ser electrodepositadas sobre TiO<sub>2</sub>NTs utilizando DES como baño electrolítico y su mecanismo caracterizado mediante el análisis de curvas *j-t*.

## 5. REFERENCIAS

[1] M. Palomar-Pardavé, et al., *J. Electroanal. Chem.* **851**, 113453 (2019).

# Desarrollo de un sustrato SERS basado en nanohilos de ZnO sintetizados por anodización electroquímica

## Presentación Póster

S. Fernández Hernández\*, M. G. Soriano Rosales, J. L. Zamora Navarro, J. Hernández Torres, L. García González, L. Zamora Peredo

Centro de Investigación en Micro y nanotecnología, Universidad Veracruzana.

E-mail: [sarahifdez3@gmail.com](mailto:sarahifdez3@gmail.com)

155

### 1. INTRODUCCIÓN

La espectroscopía Raman mejorada por superficie (SERS, *del inglés: Surface-Enhanced Raman Spectroscopy*) es una tecnología que aprovecha la amplificación de las señales Raman, que originan los plasmones localizados en nanopartículas metálicas, para el desarrollo de sensores ópticos capaces de identificar diversas moléculas a concentraciones muy bajas [1]. Por su parte, los sustratos SERS son una plataforma donde se busca distribuir la mayor cantidad de nanopartículas metálicas sobre la superficie de nanomateriales para poder detectar la menor concentración posible [2]. En este trabajo se sintetizaron nanohilos de óxido de zinc (NH ZnO) mediante anodización electroquímica utilizando una solución de agua y bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) como electrolito, se estudió el efecto que tiene la concentración de  $\text{NaHCO}_3$ , el tiempo y voltaje de anodizado. Posteriormente, las muestras fueron tratadas térmicamente para poder estudiar el efecto que tiene la calidad cristalina y la composición química de los NH ZnO sobre el desempeño de los sustratos. Con un procedimiento común para todas las muestras, se depositaron nanopartículas de plata (NP Ag) sobre los NH ZnO por el método de fotoreducción y utilizando una concentración constante de azul de metileno (AM) los sustratos SERS fueron evaluados.

### 2. METODOLOGÍA

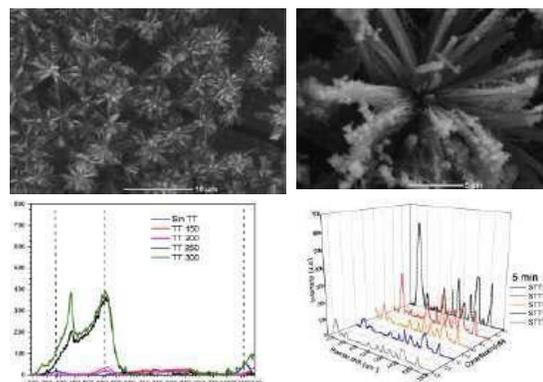
Los sustratos SERS se fabricaron sobre láminas de zinc (Zn) de 1 cm x 1.5 cm, las cuales inicialmente se limpian en acetona por 5 minutos y posteriormente por inmersión en una solución de ácido nítrico y etanol. En la celda electrolítica se colocó una solución de  $\text{NaHCO}_3$  con concentraciones entre 50 y 130 mM, se utilizó barra cilíndrica de grafito como cátodo y una corriente de 10 V, durante un tiempo de anodización cuyos valores fueron de 1, 2, 3, 4 y 5 min. El tratamiento térmico se realizó a temperaturas de 150, 200, 250 y 300 °C y el decorado con NP Ag se realizó con una solución acuosa con 0.01 M de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) durante 15 min y con un láser de 100 mW de potencia y 375 nm de longitud de onda. En diversas etapas, los sustratos fueron caracterizados mediante

microscopía electrónica de barrido (SEM, *del inglés:*

*scanning electron microscopy*) y microscopía Raman. Para los estudios SERS se utilizó una solución acuosa de azul de metileno con una concentración de  $1 \times 10^{-5}$  M.

### 3. RESULTADOS

Mediante SEM se observó una morfología compuesta de NH ZnO que se agrupan en su base y se alinean radialmente, el largo de los NH crece proporcional al tiempo de anodizado y la superficie de la lámina se homogeniza al aumentar la concentración de  $\text{NaHCO}_3$ . Además, se comprobó el depósito de NP Ag sobre los NH ZnO. Mediante espectroscopía Raman se evaluó la calidad cristalina de los NH ZnO en función del tiempo y el tratamiento térmico. Además, se determinó la intensidad SERS de los sustratos para identificar las mejores condiciones de fabricación.



### 4. CONCLUSIONES

Se fabricaron sustratos SERS basados en nanohilos de óxido de zinc con la capacidad de detectar concentraciones de azul de metileno tan bajas como  $1 \times 10^{-9}$  M.

### 5. REFERENCIAS

- [1] *ACS Nano* **14**, 28 (2020).
- [2] *Sensors* **20**, 7066 (2020).

# Nanohilos de ZnO obtenidos por anodización electroquímica: estudio comparativo con dos electrolitos

Presentación Póster

J.A. Belzer Miranda, S. Fernández Hernández, J. L. Zamora Navarro, M. G. Soriano Rosales, L. Zamora Peredo\*

Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana.

E-mail: [luiszamora@uv.mx](mailto:luiszamora@uv.mx)

156

## 1. INTRODUCCIÓN

Los nanohilos de óxido de zinc (NH ZnO) han despertado mucho interés en los últimos años debido a su gran área superficial, estabilidad química, valor alto de energía prohibida, entre otras propiedades que le permiten ser utilizados en diferentes aplicaciones como celdas solares [1], fotocatalisis [2] o sensorado químico [3], entre muchas más. Para lograr un excelente desempeño es necesario tener absoluto control de la morfología de los NH ZnO, ya que la orientación, el diámetro, el largo o la composición de los NH pueden modificar su rendimiento. En este trabajo se sintetizaron nanohilos de óxido de zinc (NH ZnO) mediante anodización electroquímica utilizando dos diferentes electrolitos: bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) y bicarbonato de potasio ( $\text{KHCO}_3$ ). Mediante microscopía electrónica de barrido (SEM, *del inglés: scanning electron microscopy*) y microscopía Raman se estudió el efecto que tiene la concentración del electrolito, el tiempo de anodizado y el tratamiento térmico.

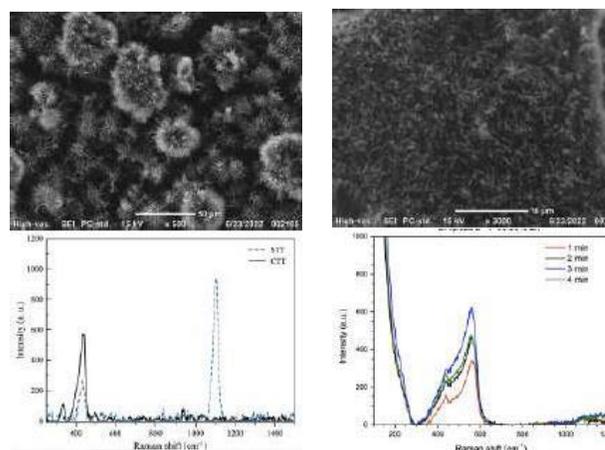
## 2. METODOLOGÍA

Los NH ZnO se fabricaron sobre láminas de zinc de 1 cm x 1 cm, las cuales inicialmente se limpian en acetona por 5 minutos y posteriormente por inmersión en una solución de ácido nítrico y etanol. En la celda electrolítica se colocó una solución de  $\text{KHCO}_3$  o  $\text{NaHCO}_3$  con concentraciones de 50, 70, 90, 110 y 130 mM. Se utilizó barra cilíndrica de grafito como cátodo y una corriente de 10 V, durante un tiempo de anodización cuyos valores fueron de 1, 2, 3, 4 y 5 min. El tratamiento térmico se realizó a 300 °C durante 2 horas. Los NH ZnO fueron caracterizados en diversas etapas mediante SEM y microscopía Raman.

## 3. RESULTADOS

Mediante SEM se observó que en los NH ZnO obtenidos con  $\text{NaHCO}_3$  presentan una morfología tipo "microflor" que consisten en NH que se agrupan en su base y se alinean radialmente de manera desordenada, el largo de los NH crece proporcional al tiempo de

anodizado. Los NH ZnO obtenidos con  $\text{KHCO}_3$  presentan una morfología donde los hilos tienen mayor alineación vertical. Mediante espectroscopía Raman se confirmó la eliminación de hidróxidos y la presencia de la estructura wurzita del ZnO. Además, se observó una correlación muy evidente entre la intensidad Raman del ZnO y la homogeneidad de capa anodizada. Para tiempos cortos de anodización, la intensidad Raman es proporcional a la concentración del electrolito. Mientras que para los tiempos más altos la intensidad no mantiene dicho comportamiento.



## 4. CONCLUSIONES

Se sintetizaron NH de ZnO mediante anodización electroquímica utilizando  $\text{NaHCO}_3$  y  $\text{KHCO}_3$ , alternativamente, a diferentes concentraciones y tiempos de anodización. Se observaron morfologías tipo microflor a tiempos cortos y a tiempos largos se observan nanohilos de ZnO, los cuales tienen mayor alineación vertical cuando el electrolito es  $\text{KHCO}_3$ , aunque a concentraciones altas la capa anodizada se desprende.

## 5. REFERENCIAS

- [1] *Small* **15**, 1900508 (2019).
- [2] *Nanomaterials*, **12**, 114 (2022).
- [3] *Nanomaterials*, **10**, 1940 (2020).

## Mecanismo y cinética de la nucleación y crecimiento de la aleación paladio-cobre sobre carbono vítreo obtenido a partir de Reline

Presentación Póster

B. Maldonado Teodocio, M. G. Montes de Oca, M. Romero Romo, M. Palomar Pardavé\*  
Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San  
Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200, México, CDMX.

E-mail: [mepp@azc.uam.mx](mailto:mepp@azc.uam.mx)

157

### 1. INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre nucleación y crecimiento electroquímico son de importancia para la electroquímica fundamental y aplicada. [1] Usando cronoamperometría (CA) y modelos matemáticos es posible obtener parámetros como son: velocidad de nucleación ( $A$ ), coeficiente de difusión ( $D$ ) y densidad numérica de sitios activos ( $N_0$ ). Con el fin de dilucidar el mecanismo de electrodeposición de Pd-Cu, en este trabajo se emplea el procedimiento descrito por Palomar-Pardavé *et al.* [2] en el que los transitorios de corriente experimentales totales se pueden describir como la suma de las contribuciones individuales.

### 2. METODOLOGÍA

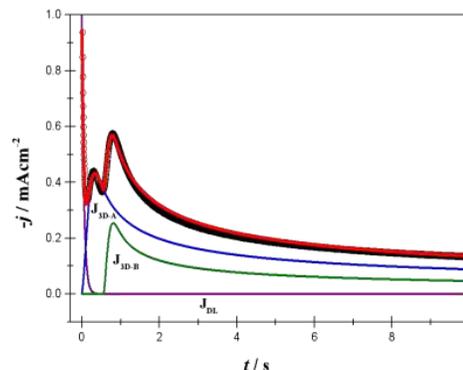
Las sales precursoras de PdCl<sub>2</sub> y CuSO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O se disolvieron en relina. Se utilizó una celda electroquímica con 3 electrodos: carbono vítreo, GCE, contraelectrodo un alambre de Pt, y un alambre de plata como pseudo-electrodo.

### 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra una comparación entre el transitorio de corriente experimental con el teórico obtenido con el modelo de Palomar-Pardavé *et al.* [2], además de las contribuciones individuales al transitorio de corriente teórico del fenómeno de carga de doble capa ( $j_{DL}$ ) y dos nucleaciones consecutivas ( $j_{3D-A}$  y  $j_{3D-B}$ , que se asocian a los procesos de deposición de Pd y Pd-Cu, respectivamente).

**Tabla 1.** Parámetros cinéticos del proceso de deposición de Pd-Cu.

-E / V	$j_{3D-A}$			$j_{3D-B}$		
	A /s <sup>-1</sup>	$10^7 D$ /cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	$10^{19} N_0$ /cm <sup>-2</sup>	A /s <sup>-1</sup>	$10^7 D$ /cm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup>	$10^{19} N_0$ /cm <sup>-2</sup>
0.72	0.7	2.65	2.16	3.6	0.7	3.41



**Figura 1:** Transitorio potenciostático de densidad de corriente experimental (O) y ajuste teórico (—) [2], obtenido a -0.72 V.

### 4. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los transitorios potenciostáticos de densidad de corriente es posible electrodepositar Pd-Cu sobre el GCE, empleando el medio electrolítico (DES, relina). La electrodeposición de Pd-Cu es explicada por una combinación de varios procesos de nucleación. Los parámetros cinéticos de nucleación de Pd-Cu se determinaron con el modelo de Palomar-Pardavé *et al.* [2]

### 5. REFERENCIAS

- [1] E.N. Schulz, et al., *Electrodeposition of rhodium onto a pre-treated glassy carbon surface*, **12**, 583 (2010).
- [2] M. Palomar Pardavé, et al., *New insights into evaluation of kinetic parameters for potentiostatic metal deposition with underpotential and overpotential deposition processes*, **104**, 3545 (2000).

# Estudio electroquímico de una película de titanio depositada mediante pulverización catódica sobre carbón

Presentación Póster

J. H. García Gallegos, M. Cruz Ramírez, J. G. Rivera Morales\*

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Av. La Palma No. 125, Col. Vista Hermosa, San Juan del Río, Querétaro, México.

E-mail: [jgriveram@utsjr.edu.mx](mailto:jgriveram@utsjr.edu.mx)

158

## 1. INTRODUCCIÓN

El Titanio (Ti) y sus aleaciones son de gran interés para la industrias química y biomédica por su gran resistencia a la corrosión, lo cual le confiere sus propiedades de biocompatibilidad. Recientemente, varios investigadores han estudiado la optimización de la superficie del Ti, en particular aumentando el grosor de la capa de óxido y modificando la morfología de la superficie por diferentes métodos para incrementar su resistencia a la corrosión. La oxidación anódica es uno de los métodos más utilizados para construir películas anódicas largas y homogéneas con buenas propiedades eléctricas y porosas a altos voltajes. La modificación de superficie puede ser estudiado por diferentes técnicas electroquímicas como la espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) o voltamperometría cíclica, además de la caracterización morfológica por microscopía electrónica de barrido (SEM) [1].

La capacitancia de doble capa ( $C_{dl}$  /  $Fcm^{-2}$ ) puede ser utilizada como parámetro para comparar distintas superficies de electrodos, además del espesor y tamaño de partículas de Ti depositadas en un sustrato. Con ello, el presente trabajo busca la determinación de correlaciones de tiempo – espesor-  $C_{dl}$  en superficies de Ti para posteriormente la oxidación anódica [2].

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó una deposición de una película de Ti por pulverización catódica, una técnica ampliamente utilizada para depositar películas delgadas sobre sustratos. Las condiciones experimentales para la deposición de Ti sobre un sustrato de carbono (C/Ti) consistieron en una atmósfera de gas argón con una presión de  $2 \times 10^{-2}$  Torr, con un voltaje y la corriente de 85 V y ~1.8 A respectivamente, con una duración de 45 min. Seguido de ello se realizó la caracterización morfológica de la capa de Ti obtenida, además se realizó la caracterización electroquímica de la misma en 0.5 M  $H_2SO_4$ . En una celda convencional de 3 electrodos.

El estudio del depósito de Ti sobre se realizó mediante la técnica de voltamperometría cíclica (CV). Estas pruebas se realizaron en un potencióstato-galvanostato

Zahner. En la celda convencional de 3 electrodos se utilizó una malla de Pt como contraelectrodo, además de un electrodo de referencia de mercurio/sulfato mercurioso ( $Hg/Hg_2SO_4$ ). El electrodo de trabajo una mina de grafito con el depósito de Ti.

## 3. RESULTADOS

La capa depositada de Ti sobre carbono está en el orden de micras (~3  $\mu m$ ). Se obtuvo el voltaperogramacíclico del sustrato de carbón además del electrodo C/Ti. Se seleccionó una ventana de potencial para determinar la capacitancia de doble capa para ambos electrodos y resultó que el valor de  $C_{dl}$  para el electrodo C/Ti es mucho menor que el sustrato de carbón.

## 4. CONCLUSIONES

Se logró obtener un depósito de una película de Ti sobre sustrato de carbón. El espesor de la película es de ~3  $\mu m$  con un tiempo de depósito de 45 min. La capacitancia de doble capa del C/Ti es menor que el sustrato de carbono. Se plantea realizar el anodizado de la película de Ti obtenida.

## 5. REFERENCIAS

- [1] A. Döner, *Emerg. Sci. J.*, **3**, 235.
- [2] K. Gulati, et al., *J. Phys. Chem. C*, **119**, 16033.

# Nucleación y crecimiento de nanopartículas de oro sobre un electrodo de carbono vítreo modificado con Poly5Aphen a partir de un disolvente eutéctico profundo

## Presentación Póster

E. Godoy Colin<sup>1\*</sup>, S. Corona Avendaño<sup>1</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, J. Aldana González<sup>1</sup>,  
A. López Yañez<sup>1</sup>, M. T. Ramírez Silva<sup>2</sup> y M. Palomar Pardavé<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales. C.P. 02200, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Química, Área de Química Analítica. C.P. 09340, Ciudad de México, México.

E-mail: [al2193803826@azc.uam.mx](mailto:al2193803826@azc.uam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Se ha reportado que las nanopartículas de oro, AuNPs, presentan excelente conductividad y actividad catalítica, y que en consideración a sus inherentes dimensiones, estas han demostrado un potencial de aplicación significativo en la construcción de sensores electroquímicos [1]. En este sentido, los disolventes eutécticos profundos o DES (Deep Eutectic Solvent) ofrecen diversas ventajas como medio electrolítico para la electrosíntesis de nanopartículas metálicas, debido a su alta conductividad, baja volatilidad, ventanas de gran potencial, facilidad de preparación, bajo costo y biodegradabilidad que presentan en comparación con los disolventes acuosos y orgánicos convencionales [2]. Es por ello, que en este trabajo se determinó el mecanismo de nucleación y crecimiento involucrado durante la síntesis electroquímica de las AuNP a partir de un DES, sobre un electrodo de carbono vítreo (GCE) modificado con el polímero de la 5-Amino-1-10 fenantrolina (5Aphen), Poly5Aphen.

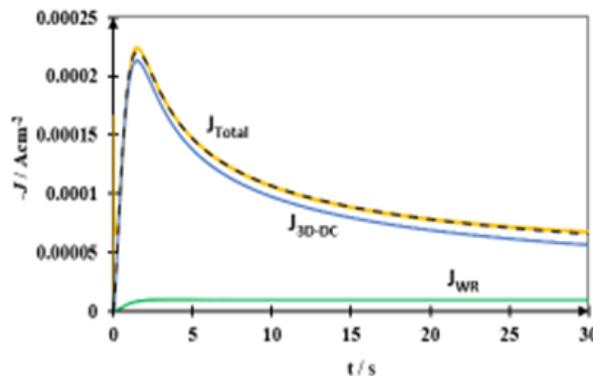
## 2. METODOLOGÍA

El mecanismo de nucleación y crecimiento de las AuNPs sobre el electrodo modificado (GCE/Poly5Aphen) usando un DES formado por la mezcla eutéctica entre Cloruro de Colina-urea, se estudió mediante voltamperometría cíclica (VC) y cronoamperometría (CA).

## 3. RESULTADOS

La Figura 1, muestra la comparación de un transitorio de densidad de corriente (J) potenciostática experimental registrada durante la electrodeposición de Au sobre el GCE/Poly5Aphen y uno teórico [3]

generado por el ajuste no lineal a los datos experimentales.



**Figura 1.** Comparación del transitorio de J total teórica ( ) obtenido después del ajuste no lineal a los datos experimentales (marcadores amarillos) a  $-0.24$  V; junto con las contribuciones individuales (líneas solidas) asociadas a un proceso de crecimiento 3D limitado por la transferencia de masa,  $J_{3D-DC}(t)$  y por un proceso debido a la reducción del agua residual presente en el medio  $J_{WR}(t)$ .

## 4. CONCLUSIONES

El mecanismo de nucleación y crecimiento de las AuNP sobre el electrodo GCE/Poly5Aphen se ajustó a un modelo de nucleación 3D limitado por la difusión y por la reducción de agua residual presente en el medio.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. Aldana-González, et al., *J. Electroanal. Chem.*, **706**, 69 (2013).
- [2] K.P. Prathisha, et al., *Electrochimica Acta*, **187**, 704 (2016).
- [3] B. R. Scharifker, J. Mostany, *J. Electroanal. Chem.*, **177**, 13 (1984).

# Nucleación y crecimiento electroquímico de aleaciones Zn-Fe, Al-Zn y Fe-Al a partir de un disolvente eutéctico profundo

## Presentación Póster

G. Vidal García<sup>1,3\*</sup>, J. Aldana González<sup>1</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, M. T. Ramírez Silva<sup>2</sup>,  
M. Teutli León<sup>3</sup>, P. Morales Gil<sup>4</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Depto. de Materiales, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200 CDMX, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Depto. de Química, Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340 CDMX, México.

<sup>3</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería, C.U. Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio S/N, Col. San Manuel, C.P. 72570 Puebla, México.

<sup>4</sup>Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Caracterización de Materiales Sintéticos y Naturales, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, CDMX, C.P. 07730, México

E-mail: [al2191801566@azc.uam.mx](mailto:al2191801566@azc.uam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de DES (Disolventes Eutécticos Profundos) ha permitido la electrodeposición de metales como Al y sus aleaciones, que en solución acuosa son complicados de reducir, ya que los DES presentan alta conductividad, amplia ventana de potencial de trabajo, alta solubilidad de metales, entre otros. [1]. Actualmente, las aleaciones tienen diversas aplicaciones, por ejemplo, la de Zn-Fe se ha estudiado para la fabricación de membranas para regeneración ósea [2] e implantes reabsorbibles [3]. Mientras que en las aleaciones de Al-Zn se ha investigado su resistencia a la corrosión [4]. Por otro lado, la combinación de Fe-Al se ha empleado para la electrooxidación de clorofenoles [5].

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda con arreglo de tres electrodos, donde el electrodo de trabajo fue de carbono vítreo (GCE). El mecanismo y la cinética de nucleación se estudiaron mediante voltamperometría cíclica (VC) y cronoamperometría (CA) en DES de cloruro de colina/urea con sales de Fe, Al y Zn.

## 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan VCs a distintas temperaturas, los picos catódicos asociados con la reducción de iones de Al y Zn aumentan al incrementar la temperatura, el primer pico catódico crece, mientras que el segundo tiende a desaparecer.

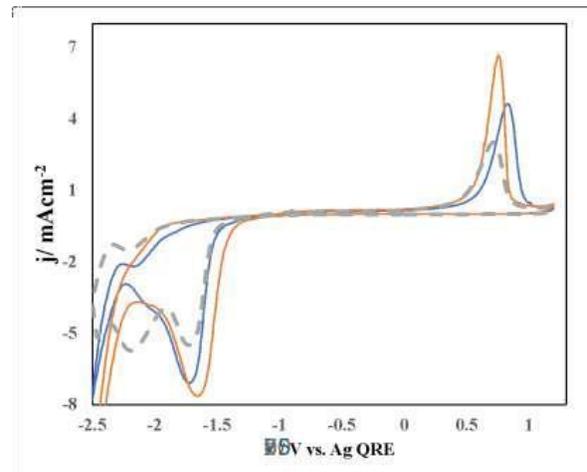


Figura 1. VCs del sistema GCE / 50 mM Al(III) + 50 mM Zn(II) a 50 mVs<sup>-1</sup> y diferentes temperaturas en °C.

## 4. CONCLUSIONES

El incremento de la temperatura benefició la electrodeposición de Al y Zn en forma de aleación, de Zn-Al sobre GCE.

## 5. REFERENCIAS

- [1] A. P. Abbott, et al., *Transactions of the IMF*, **86**, 196 (2008).
- [2] Y. Liu, et al., *Mater. Res. Exp.*, **9**, (2022).
- [3] Y. Su, et al., *Bioact. Mater.*, **17**, 334 (2022).
- [4] M. Manna, et al., *J. Mater. Eng. Perform.*, **30**, 627 (2021).
- [5] M. S. Ureta-Zañartu, et al., *J. Appl. Electrochem.*, **32**, 1211 (2002).

# Síntesis y caracterización de catalizadores para la oxidación de metano usando procesos electroquímicos

## Presentación Póster

L. J. Cortés Chacón<sup>1</sup>, B. Portales Martínez<sup>1</sup>, E. F. Reguera Ruíz<sup>1</sup>, M. González Montiel<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, CICATA, Unidad Legaria

<sup>2</sup>CONACYT- Instituto Politécnico Nacional, CICATA, Unidad LegariaE-

mail: [laurajulianacorteschacon@gmail.com](mailto:laurajulianacorteschacon@gmail.com)

161

## 1. INTRODUCCIÓN

La oxidación del metano en la actualidad se realiza en infraestructuras centralizadas usando procedimientos tediosos energéticamente y económicamente, debido a que requieren altas temperaturas y presiones dada la estabilidad del metano. Ha surgido entonces interés en examinar la posibilidad de oxidar directamente el metano electroquímicamente en condiciones de reacción suaves, mitigando la sobreoxidación de los productos, que es uno de los principales retos del proceso [1].

Se han documentado estudios que indican cierto tipo de catalizadores a base de níquel y vanadio como activos para la adsorción y la activación de los enlaces C-H en el metano y de hecho se han probado en diferentes sistemas de reacción electroquímicos, con la ayuda de una carga externa.

Este trabajo sintetiza y caracteriza catalizadores de óxidos de níquel-vanadio, con la finalidad de explotar las habilidades que ofrecen estos dos compuestos para la obtención de una oxidación controlada de metano, haciendo uso de un sistema de reacción electrocatalítico que proporciona la correcta elección de parámetros de control, con la finalidad de entender de manera adecuada dichos procesos oxidativos.

## 2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron catalizadores de níquel y vanadio a partir de dos tipos de síntesis, para evaluar su performance en la oxidación de metano. Las síntesis utilizadas son 1) vía hidrotermal y 2) rápida precipitación usando super óxido de potasio y las sales precursoras de níquel y vanadio (cloruros). Los catalizadores se caracterizaron usando DRX, microscopía SEM/EDS y espectroscopias IR, Raman y XPS. Los electrodos de trabajo (catalizadores) se montaron en tela de carbón para formar el ánodo. Las pruebas de oxidación del metano se llevan a cabo en una celda tipo H usando electrolito acuoso con tres electrodos. Donde el electrodo de trabajo es el

catalizador, el electrodo de referencia es de Ag/AgCl y el contraelectrodo es de platino. Se probaron varios potenciales entre 0.58V y 2V (evitando la región de interferencia con la reacción de evolución de oxígeno del agua). Se usó saturación de argón para analizar la oxidación del agua y la saturación del metano para analizar la oxidación del metano con la oxidación del agua.

## 3. RESULTADOS

A través de los análisis espectroscópicos y estructurales se obtuvieron las condiciones ideales de síntesis y deposición en tela de los catalizadores. Se eligió el tipo de celda ideal para probar el sistema electrocatalítico. Así mismo, se están realizando pruebas electroquímicas preliminares para obtener los parámetros de tiempo y voltaje ideales que prevengan sobre oxidación del metano.

## 4. CONCLUSIONES

De las caracterizaciones realizadas (IR, DRX, Raman, XPS, microscopía SEM y análisis EDS), se puede observar que los materiales obtenidos por las vías sintéticas realizadas difieren en estructura y morfología. Lo anterior repercute en su respuesta electrocatalítica.

## 5. REFERENCIAS

[1] J. C. Fornaciari, et al., *ACS Energy Letters* **5**, 2954 (2020).

## Síntesis y caracterización electroquímica de nitruro de carbono: efecto del tratamiento térmico

Presentación Póster

V. Nuevo Juárez, P. I. Garduño Granados, F. A. Gómez Gómez<sup>1</sup>, A. A. Flores Caballero<sup>1</sup>, A. Manzo Robledo\*

Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio de electroquímica y corrosión. Departamento de Ingeniería Química. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE)-IPN, Distrito Federal, México, 07300

E-mail: [amanzor@ipn.mx](mailto:amanzor@ipn.mx)

162

### 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo, se analizaron semiconductores basados en nitruro de carbono grafitizado ( $g\text{-C}_3\text{N}_4$ ) y fueron sintetizados a temperaturas de 450, 500 y 550 °C, ITO fue empleado como sustrato conductor. Además, técnicas electroquímicas tales como Voltametría Cíclica, Mott-Schottky e Impedancia para aplicaciones en foto-electrocatalisis.

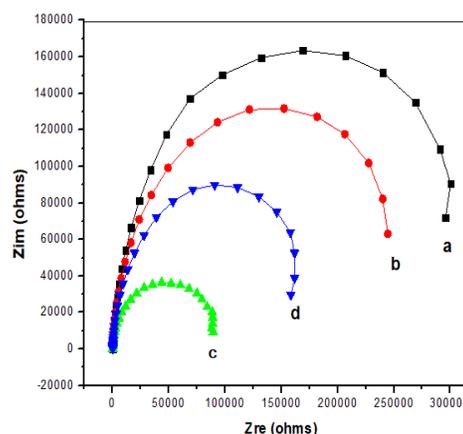
### 2. METODOLOGÍA

Los catalizadores fueron sintetizados a partir de melamina en tratamiento térmico de 450, 500 y 550 °C durante 4 horas. El material obtenido fue depositado sobre un sustrato conductor (ITO), mediante spin coating [1]. La caracterización electroquímica fue llevada a cabo en una celda de tres electrodos en presencia de  $\text{NaHCO}_3$  0.1M como electrolito soporte, saturado con Argón para desplazar el oxígeno disuelto. Como electrodo de trabajo (WE) se empleó una placa de vidrio conductor (ITO), como contraelectrodo (CE) una placa de grafito y  $\text{Ag}(\text{AgCl})$  como electrodo de referencia (RE). La fuente de iluminación empleada fue un led comercial de 5W y una fuente de poder.

### 3. RESULTADOS

Los mecanismos de resistencia interfacial observados por impedancia electroquímica (ver Figura 1), demuestran que a potenciales catódicos, la resistencia a la transferencia de carga disminuye cuando la superficie es excitada con luz visible en comparación al sustrato conductor en oscuridad [2].

Por otro lado, la resistencia a la transferencia de carga está afectada por la temperatura de calcinación del precursor, tal como fue confirmado por difracción de rayos x.



**Figura 1.** Diagrama de Nyquist en condiciones de iluminación, potencial aplicado ca. -0.3V en  $\text{NaHCO}_3$  0.1 M a  $\text{pH} = 8.6$  para: a) ITO, b)  $g\text{-C}_3\text{N}_4\text{-}450^\circ\text{C}$ , c)  $g\text{-C}_3\text{N}_4\text{-}500^\circ\text{C}$ , d)  $g\text{-C}_3\text{N}_4\text{-}550^\circ\text{C}$ .

### 4. CONCLUSIONES

Nitruro de carbono a partir de melamina fue sintetizado aplicando diferentes temperaturas de calcinación de acuerdo a los resultados mostrados, donde la transferencia de carga es una función de la temperatura del tratamiento térmico, como fue demostrado usando impedancia electroquímica, en condiciones de iluminación y oscuridad.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A.A. Flores, et al., *The Cerium/Boron Insertion Impact in Anatase Nano-Structures on the Photo-Electrochemical and Photocatalytic Response*. *Surfaces*, **4**, 55 (2021).
- [2] Radecka, M. et al., *Photoelectrochemical cell studied by impedance spectroscopy*. *Physica B: Condensed Matter*, **351**, 121 (2004).

## Estudio electroquímico de ligantes polidentados frente a iridio

### Presentación Póster

E. Y. Varela Espinoza, S. Gutiérrez Granados, O. Serrano Torres\*

Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química,  
Unidad Pueblito de Rocha, Campus Guanajuato, Cerro de la Venada s/n col. Pueblito de Rocha  
C.P. 36040, Guanajuato, Gto. México.

E-mail: [ey.varelaespinoza@ugto.mx](mailto:ey.varelaespinoza@ugto.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los ligantes polidentados tienen una gran importancia en sistemas biológicos debido a los átomos donadores que contienen en su estructura como nitrógeno, oxígeno y azufre. Ligantes derivados de grupos benzoxazol, benzotiazol o tiazol han sido utilizados en productos como antibióticos o fungicidas[1]. Los complejos que estos ligantes pueden formar con metales han sido de gran interés, ya que también se ha observado que presentan actividad biológica como posibles compuestos anticancerígenos[2,3].

Nuestro grupo de investigación se ha dado a la tarea de investigar el comportamiento electroquímico de estos ligantes polidentados frente a metales como el IrCl<sub>3</sub>.

### 2. METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis de los ligante mediante métodos convencionales y se caracterizaron mediante espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN), fluorescencia y espectrometría demasas.

### 3. RESULTADOS

Se encontraron las condiciones óptimas para la síntesis del ligantes polidentados, algunos obtenidos como aceites viscosos y otros como sólidos con buenos rendimientos. A los ligantes se le realizaron estudios electroquímicos mediante la técnica de voltamperometría cíclica y se estudio su comportamiento frente a IrCl<sub>3</sub>. Los ligantes polidentados presentan un comportamiento electroquímico similar entre ellos, observándose 2 procesos de reducción de los cuales dependen los picos de oxidación obervados, estos procesos pueden

ser atribuidos a los grupos amino de los ligantes polidentados (Figura 1).

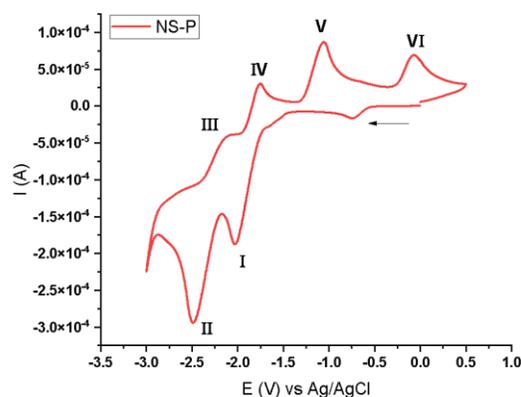


Figura 1. Voltamperograma de NS-P 0.01M en DMSO y NBu<sub>4</sub>BF<sub>4</sub> (0.1M) como electrolitro soporte.

### 4. CONCLUSIONES

En la presente contribución se reporta el estudio electroquímico de ligantes polidentados y su comportamiento frente a IrCl<sub>3</sub>.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M.A. Neelakantan, S.S. Marriappan, J. Dharmaraja, T. Jeyakumar, K. Muthukumar, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **71**, 628 (2008).
- [2] S.J. Lucas, R.M. Lord, R.L. Wilson, R. M. Phillips, V. Sridharan, P.C. McWoman, *Dalton Transactions*, **41**, 13800 (2012).
- [3] J.A. García-Vazquez, J. Romero, A. Sousa. *Coordination Chemistry Reviews*, **193**, 691 (1999).

## DIVISIÓN 5.

# ELECTROQUÍMICA AMBIENTAL (EAM)

## Sistema fotocapacitivo para captación/acumulación de luz visible preparado con placas de acero modificadas con composites C|TiO<sub>2</sub> nanoestructurados

Presentación Oral

L. L. Martínez Rodríguez<sup>1</sup>, J. I Valdez Nava<sup>1</sup>, E. Bustos<sup>1</sup>, F. Espejel Ayala<sup>1</sup>, S. Sepúlveda<sup>2</sup>, J. Manríquez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Parque Tecnológico Querétaro s/n, Sanfandila, Pedro Escobedo, 76703, Qro., México.

<sup>2</sup>Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Nuevo León, N.L., México.

E-mail: [jmanriquez@cideteq.mx](mailto:jmanriquez@cideteq.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los capacitores electrolíticos almacenan carga eléctrica con alta entrega de potencia en periodos de tiempo más cortos que las baterías [1]. En este trabajo se prepararon cátodos de acero inoxidable (SS) modificados con películas nanoparticuladas de TiO<sub>2</sub> y composites de C|TiO<sub>2</sub> en proporciones m/m de C/TiO<sub>2</sub>=0.01 y 0.1 (donde C=carbón). Acto seguido, electrodos ópticamente transparentes de FTO (F-doped SnO<sub>2</sub>), modificados con películas nanoparticuladas de TiO<sub>2</sub> sensibilizado a la absorción de luz visible con ayuda del tinte "Black Dye" (TiO<sub>2</sub>|BD), fueron empleados como fotoánodos para ensamblar sistemas fotocapacitivos sin membrana de intercambio iónico. El desempeño de los sistemas fotocapacitivos fue evaluado mediante cálculos de energía y potencia específicas (en Wh/kg y W/kg, respectivamente) y su ulterior comparación con diagramas de Ragone [2].

### 2. METODOLOGÍA

La preparación de cátodos base composites C|TiO<sub>2</sub> se realizó mediante depósito electroforético (EPD, 2V/cm por 40s) sobre placas de SS AISI 304, más sinterizado a 450°C por 1 h en aire [3]. El proceso de EPD se realizó empleando suspensiones coloidales que contenían proporciones (m/m) de C/TiO<sub>2</sub> = 0.01 y 0.1, o bien, TiO<sub>2</sub> sin C con fines de comparación. Los sistemas fotocapacitivos fueron ensamblados en un arreglo tipo sándwich empleando los cátodos recién descritos y los fotoánodos de TiO<sub>2</sub>|BD.

### 3. RESULTADOS

Los valores de energía (E<sub>sp</sub>) y potencia (P<sub>sp</sub>) específicas calculados para cada sistema fotocapacitivo fueron compilados en la Tabla 1. Una comparación de los datos compilados en dicha Tabla reveló que los sistemas fotocapacitivos con cátodos base TiO<sub>2</sub> (sin C) y C|TiO<sub>2</sub> (proporción C/TiO<sub>2</sub>=0.01

m/m) mostraron valores de E<sub>sp</sub> y P<sub>sp</sub> comparables entre sí. En contraste, el sistema fotocapacitivo con cátodos base C|TiO<sub>2</sub> (proporción C/TiO<sub>2</sub>=0.1 m/m) mostró una P<sub>sp</sub> (46.14 W/kg) dos veces mayor que para el sistema fotocapacitivo base TiO<sub>2</sub> sin C (23.07 W/kg), mientras que la E<sub>sp</sub> (7.64 Wh/kg) del sistema fotocapacitivo con cátodos base C/TiO<sub>2</sub>=0.01 m/m fue comparable al del sistema fotocapacitivo con cátodos base TiO<sub>2</sub> sin C (10.94 Wh/kg).

**Tabla 1.** Energía (E<sub>sp</sub>) y potencia (P<sub>sp</sub>) específicas para los sistemas fotocapacitivos estudiados.

cátodo proporción C TiO <sub>2</sub>	E <sub>sp</sub> (Wh/kg)	P <sub>sp</sub> (W/kg)
0	10.94	23.07
0.01	10.45	19.88
0.10	7.64	46.14

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indicaron que los sistemas fotocapacitivos con cátodos de SS modificados con películas base C/TiO<sub>2</sub>=0.1 m/m mejoran al doble la entrega de potencia cuando se comparan con la entrega de potencia para los sistemas fotocapacitivos con cátodos base TiO<sub>2</sub> sin C. Asimismo, esta respuesta fotocapacitiva se obtuvo sin necesidad de usar una membrana de intercambio iónico entre cátodo y fotoánodo, confirmando una ventaja más en el diseño de estos foto-dispositivos con respecto al de los capacitores electrolíticos tradicionales.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. Sarangapani, B. V. Tilak, C. P. Chen, *J. Electrochem. Soc.*, **143**, 3791 (1996).
- [2] H. Kelly-Holmes, *Advert. as Multiling. Commun.*, **45**, 1 (2016).
- [3] J. Manríquez, L.A. Godínez, *Thin Solid Films*, **515**, 3402 (2007).

## Remoción del colorante de tenería azul ácido 113 por electrocoagulación

### Presentación Oral

A.A. Márquez Vargas<sup>1</sup>, O. Coreño<sup>2</sup>, J. L. Nava Montes de Oca<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Universidad de Guanajuato,  
Av. Juárez 77,

Centro, 36000, Guanajuato, Guanajuato, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Guanajuato, Av. Juárez 77, Centro, 36000,  
Guanajuato, Guanajuato, México.

E-mail: [aa.marquezvargas@ugto.mx](mailto:aa.marquezvargas@ugto.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN.

La contaminación del agua es un problema que ha incrementado considerablemente en los últimos años. Industrias como la tenería producen enormes cantidades de agua residual coloreada, que ha menudo es desechada sin un correcto tratamiento [1]. Estas aguas residuales se caracterizan por su alta concentración de demanda química de oxígeno (DQO) hasta 23000 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>, y cloruros hasta 6000 mg Cl<sup>-</sup> L<sup>-1</sup> [2]. Estos efluentes pueden contener colorantes como el azul ácido 113 (AB 113). Diversos estudios han usado la electrocoagulación (EC) como proceso de separación para el tratamiento de efluentes con altos contenidos de DQO [2].

En este contexto, se evaluó la eficiencia del proceso EC en el tratamiento de efluentes sintéticos con altos contenidos de DQO y cloruros. Se caracterizó la influencia de la hidrodinámica en términos del número de Reynolds (Re), la velocidad de flujo lineal ( $u$ ), el tiempo de floculación ( $\tau_f T_f$ ) además de la densidad de corriente ( $j$ ) aplicada en la eficiencia de remoción del colorante BG.

### 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo experimental se usó un reactor EC de flujo ascendente abierto a la atmósfera, con electrodos de acero 1018 con área electroactiva de 64 cm<sup>2</sup>. El reactor EC fue acoplado a un sistema hidráulico. En este sistema se evaluó la variación del tiempo de floculación (4–40 min), la influencia de  $u$  (0.69 – 3.47 cm s<sup>-1</sup>) y  $j$  (6 – 18 mA cm<sup>-2</sup>) en la dosis decoagulante, así como la concentración inicial (250 ≤ C<sub>0</sub> ≤ 1000 mg O<sub>2</sub> L<sup>-1</sup>) en la remoción de color y DQO. Además, se realizó el cálculo del consumo energético (CE) y el costo total de operación (CO). Se caracterizaron los flocs secos mediante las técnicas espectroscópicas SEM, EDS, OEA, XRD y FTIR.

### 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos mostraron que la EC es capaz de remover eficientemente el DQO y color. El análisis del  $\tau_f T_f$  mostró que 5 min es el más favorable para la remoción del AB 113. Mientras que el análisis de la influencia de  $j$  y  $u$  sobre la dosis de coagulante, la remoción de DQO y color muestra el favorecimiento con respecto al incremento de  $j$  y al decremento de  $u$  hasta 0.69 cm s<sup>-1</sup> [3].

**Tabla 1.** Resumen de los resultados obtenidos después de la EC a 6 mA cm<sup>-2</sup> y 0.69 cm s<sup>-1</sup>.

DQO inicial	% Remoción de DQO		% Remoción de color	
	EC 1	EC 2	EC 1	EC 2
250	45	76	56	96
500	26*	49	64	95

\*Resultados obtenidos a 14 mA cm<sup>-2</sup>.

### 4. CONCLUSIONES

Las eficiencias de remoción de DQO y color fueron de 76 y 96%, respectivamente, a 6 mA cm<sup>-2</sup> y 0.69 cm s<sup>-1</sup> después de la segunda EC. El análisis de los flocs indica que el mecanismo de remoción del AB 113 es por adsorción del colorante sobre el floc. El proceso EC mostró la viabilidad técnica y económica para el tratamiento de efluentes con colorantes.

### 5. REFERENCIAS

- [1] G. Lofrano, S. Meriç, G.E. Zengin, D. Orhon, *Science of the Total Environment*, **461**, 265 (2013).
- [2] A. Benhadji, M. Taleb Ahmed, R. Maachi, *Desalination*, **277**, 128 (2011).
- [3] M. Rosales, O. Coreño, J.L. Nava, *Chemosphere*, **211**, 149 (2018).

# Empleo de campos magnéticos para el control de la fotogeneración de radical hidroxilo en electrodos de TiO<sub>2</sub> nanoparticulados autodopados con Ti<sup>3+</sup>

Presentación Oral

J. I. Valdéz Nava<sup>1</sup>, L. L. Martínez Rodríguez<sup>1</sup>, E. Bustos<sup>1</sup>, F. Espejel Ayala<sup>1</sup>, G. Trejo Córdoba<sup>1</sup>, S. Sepúlveda<sup>2</sup>, J. Manríquez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Parque Tecnológico Querétaro s/n, Pedro Escobedo, 76703, Qro., México.

<sup>2</sup>Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología de la FIME-UANL, Apodaca, 66629, N.L., México

E-mail: [jmanriquez@cideteq.mx](mailto:jmanriquez@cideteq.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La fotogeneración de radical hidroxilo ( $\cdot\text{OH}$ ) para Procesos Avanzados de Oxidación aplicados al tratamiento de aguas residuales es atractiva por su alto potencial de reducción ( $E^\circ = +2.3\text{V}$  vs. SHE). Sin embargo, este potencial implica baja selectividad en los intermediarios de reacción, complicando la mineralización de contaminantes orgánicos de mayor peso molecular [1]. Por tanto, el control *ex profeso* de la rapidez de fotogeneración de  $\cdot\text{OH}$  constituye un camino poco explorado para promover la mineralización de contaminantes mejorando la selectividad en los intermediarios de oxidación.

## 2. METODOLOGÍA

Electrodos de TiO<sub>2</sub> nanoparticulados auto-dopados con Ti<sup>3+</sup> fueron preparados mediante depósito electroforético (2V/cm, 40s, malla (cátodo) y placa (ánodo) de acero inoxidable (ss) en una celda con suspensión de TiO<sub>2</sub> P25), y posterior sinterizado a 450°C por 30 min en aire [2]. Los ssTiO<sub>2</sub> fueron seleccionados como material fotocatalítico de referencia, para estudiar la fotogeneración de  $\cdot\text{OH}$  en medio acuoso ácido (pH 2) en ausencia y presencia de campos magnéticos (CMs) con intensidad variable bajo iluminación UV simultánea de 365 nm. La cinética de fotogeneración de  $\cdot\text{OH}$  en ssTiO<sub>2</sub> fue evaluada capturando el espín del  $\cdot\text{OH}$  con coumarina (COU) adicionada al medio de reacción [3].

## 3. RESULTADOS

La aplicación de CMs de pequeña intensidad (125 gauss) a los ssTiO<sub>2</sub> mientras se iluminan con luz UV fue apropiada para disminuir 2 veces la pseudo-constante de primer orden de Langmuir-Hinshelwood para la Reacción 2 (4OH-COU=4-hidroxi-coumarina) en presencia ( $k_{LH} = 0.072\text{min}^{-1}$ ) y ausencia ( $k_{LH} =$

$0.013\text{min}^{-1}$ ) de CMs, que tiene lugar luego de la fotogeneración de OH vía Reacción 1 ( $h^+_{\text{tr}} =$  trampas de huecos) [3].



## 4. CONCLUSIONES

Resultados de voltamperometría cíclica, espectroscopia de fotoluminiscencia, difracción de rayos X, y microscopía de fuerza atómica, revelaron que la cinética de fotogeneración de  $\cdot\text{OH}$  se inhibe de forma controlada como función del tiempo de aplicación de CMs y luz UV porque: los polarones magnéticos fotogenerados en el TiO<sub>2</sub> (Ti<sup>3+</sup>V<sub>o</sub>Ti<sup>4+</sup>, donde V<sub>o</sub> indica vacancia de oxígeno) se alinean con los CMs [4,5], induciendo una fuerza motriz que permite desplazar mecánicamente los bordes de grano (BG) del TiO<sub>2</sub> [6], y provocar que los  $h^+$  viables para fotogenerar  $\cdot\text{OH}$  (Reacción 2) decrementsen más rápido en presencia de CMs.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S.Z. Alsheheri, *Des. Monomers Polym.*, **24**, 22 (2021).
- [2] S. Murcio-Hernández et al., *Arabian J. Chem.*, **13**, 1641 (2020).
- [3] A. Wafia et al., *J. Photochem. Photobiol. A*, **404**, 112913 (2021).
- [4] X. Zou et al., *Chem. Eur. J.*, **19**, 2866 (2013).
- [5] B. Choudhury et al., *RSC Adv.*, **4**, 29314 (2014).
- [6] W.W. Mullins, *Acta Metallurgica*, **4**, 421 (1956).

## Eliminación del antibiótico sulfametoxazol por activación de persulfato anódicamente generado en electrodo BDD

Presentación Oral

J. F. Rodríguez\*, O. M. Cornejo, J. L. Nava

Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Av. Juárez 77, Zona Centro, C.P. 36000, Guanajuato, Guanajuato, México.

E-mail: [jf.rodruiguezruiz@ugto.mx](mailto:jf.rodruiguezruiz@ugto.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia de los procesos electroquímicos de oxidación avanzada (PEOAs) depende de la generación de diversos radicales reactivos y altamente oxidantes para la degradación de compuestos orgánicos [1]. Actualmente, los PEOAs han centrado su interés en la producción de variedad de radicales en el seno de la solución. Dentro de este contexto, los radicales sulfato ( $\text{SO}_4^{\cdot-}$ ) producidos a partir de la activación de persulfato resultan ser una opción prometedora ya que son más estables y poseen mayor tiempo de vida que los radicales hidroxilo ( $\cdot\text{OH}$ ) [2]. La activación de iones persulfato (PS) para generar  $\text{SO}_4^{\cdot-}$  puede llevarse por su reacción con  $\text{H}_2\text{O}_2$  electrogenerado [1,2]. El presente estudio versa sobre la eliminación de sulfametoxazol (SMX) mediante la activación de PS anódicamente formado en BDD con  $\text{H}_2\text{O}_2$  generado en un electrodo de difusión de aire (GDE) en un reactor FM01-LC.

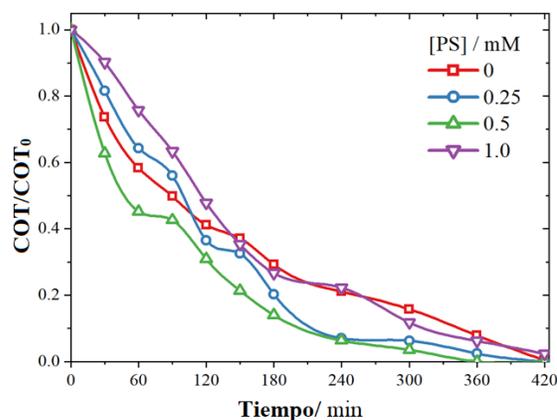
### 2. METODOLOGÍA

La eliminación de SMX se llevó a cabo en una planta de flujo en modo batch con recirculación. La planta de flujo se equipó con un reactor FM01-LC ensamblado con un electrodo BDD como ánodo y un GDE como cátodo. Las electrólisis duraron 7 horas y se cuantificó la concentración de SMX y carbono orgánico total (COT) a lo largo del tiempo. La influencia del electrolito soporte, densidad de corriente y concentración inicial de persulfato fueron estudiados sistemáticamente.

### 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra la mineralización de SMX a diferentes concentraciones de PS inicial ( $[\text{PS}]_0$ ). Puede apreciarse que para la oxidación anódica sobre BDD ( $[\text{PS}]_0 = 0$  mM) se alcanza la completa mineralización de la materia orgánica a  $t = 420$  min. No obstante, a  $[\text{PS}]_0 = 0.25$  mM la mineralización se lleva a cabo más rápidamente alcanzando un 98% en 360 min. Por otra parte a  $[\text{PS}]_0 = 0.5$  mM la completa mineralización es

alcanzada a  $t = 360$  min lo que evidencia la influencia de los radicales  $\text{SO}_4^{\cdot-}$  y  $\cdot\text{OH}$  homogéneos sobre los radicales hidroxilo heterogéneos generados sobre BDD a  $[\text{PS}]_0 = 0$  mM. Sin embargo, cuando la  $[\text{PS}]_0$  es incrementada a 1.0 mM la mineralización es más lenta debido al favorecimiento de reacciones secundarias que promueven el consumo de los radicales generados en el seno de la solución.



**Figura 1.** Efecto de la concentración inicial de PS en la mineralización de SMX. Solución: 0.1 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $[\text{SMX}] = 20 \text{ mg L}^{-1}$ ,  $\text{pH} = 3$ ,  $j = 10 \text{ mA cm}^{-2}$ ,  $Q = 3 \text{ L min}^{-1}$ ,  $T = 298 \text{ K}$ .

### 4. CONCLUSIONES

La eliminación de SMX mediante la activación de PS fue realizada de manera satisfactoria. El proceso de eliminación de PS mejoró con la adición de 0.5 mM de PS logrando la mineralización del 100% del SMX en 360 min.

### 5. REFERENCIAS

- [1] K.C. Araujo, K.N. Silva, M.K. Monteiro, D. R. Da Silva, M.A Quiroz, E.V. Dos Santos, C.A. Martínez-Huitle. *J. Electrochem. Soc.* **169**, 033506 (2022)
- [2] M. Nashat, M. Mossad, H. El-Etriby, M.G. Alalm. *Chemosphere*, **286**, 131579 (2022)

# Remoción de nanoplasticos por fotoelectrocatalisis usando Ni/Cu-TiO<sub>2</sub> anodizado como fotoánodos

Presentación Oral

J. M. Hernández López\*, L. P. Domínguez-Jaimes, A. Q. Cerdán Pasarán, G. A. Flores Escamilla,  
J. J. Ruiz Valdés

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas. Av. Universidad S/N  
Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza C.P. 66455, Nuevo León, México.

E-mail: [juan.hernandezlz@uanl.edu.mx](mailto:juan.hernandezlz@uanl.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La presencia de nanoplasticos (NPs) en los ecosistemas y su toxicidad para la salud humana y la vida animal, ha desencadenado la búsqueda de medidas efectivas para su remoción. El proceso de fotocatalisis con TiO<sub>2</sub> ha demostrado ser una alternativa sustentable; sin embargo, los altos tiempos de tratamiento y la limitada absorción de fotones en el rango de luz UV lideran una baja eficiencia y el desaprovechamiento de la energía solar [1].

Para contrarrestar las anteriores desventajas, este trabajo tiene como objetivo modificar capas anódicas de TiO<sub>2</sub> con metales de transición (Ni y Cu) para mejorar su fotorespuesta en el rango de luz visible, al mismo tiempo que prueba, por primera vez, la tecnología de fotoelectrocatalisis para la reducción de contaminantes NPs del agua.

## 2. METODOLOGÍA

Capas anódicas de TiO<sub>2</sub> fueron obtenidas bajo condiciones potenciostáticas (60 V durante 60 min) usando una solución de NH<sub>4</sub>F 0.3 M, H<sub>2</sub>O 1.5 M y etilenglicol. Luego, fueron modificadas con Ni ó Cu mediante electrodeposición, usando una solución que contenía KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 0.1 M y Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>/ Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 1 mM. Las capas resultantes se caracterizaron utilizando SEM, EDS, reflectancia difusa UV-Vis y cronoamperometrías.

Finalmente, las capas de TiO<sub>2</sub> modificadas (Ni/Cu-TiO<sub>2</sub>) se emplearon en la remoción fotoelectrocatalítica de NPs (0.9%<sub>p/p</sub>) en agua, bajo irradiación de luz visible y aplicando un potencial de 0.2 eV por 25 h. El seguimiento de esta remoción se realizó mediante turbidimetría.

## 3. RESULTADOS

Los resultados de SEM indicaron que los depósitos de Ni y Cu se ubicaron preferencialmente en la estructura externa de la capa anódica de TiO<sub>2</sub>. Sin embargo, el análisis EDS reveló que el contenido de Cu fue 10 veces mayor, comparado con el Ni depositado. Lo anterior permitió reducir el bandgap del TiO<sub>2</sub> de 3.1 a

2.9 eV. Así mismo, los resultados de reflectancia difusa UV-vis mostraron que la absorción de luz mejoró en el rango de luz visible, posiblemente por la formación de hetero-uniones con los óxidos de Ni y Cu.

Análogamente, la densidad de fotorespuesta aumentó en todos los tratamientos con respecto al TiO<sub>2</sub> sin modificar, alcanzando un valor de 6  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  para Ni-TiO<sub>2</sub> y de 9.7  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  para Cu-TiO<sub>2</sub>.

Finalmente, las pruebas fotoelectrocatalíticas (FEC) mostraron una mayor eficiencia en la remoción de NPs comparadas con proceso de fotocatalisis simple (FC) como se resume en la Tabla 1. Esto se debe principalmente a que el proceso de FEC promueve la separación de los electrones fotoinducidos y evita su recombinación con los huecos, produciendo una mayor cantidad de •OH.

**Tabla 1.** Remoción de NPs usando fotocatalisis y fotoelectrocatalítica en presencia de luz visible.

	TiO <sub>2</sub>	Ni-TiO <sub>2</sub>	Cu-TiO <sub>2</sub>
FC (%)	8.3 ± 1.1	14.8 ± 1.3	13.5 ± 1.3
FEC (%)	14.2 ± 1.1	23.4 ± 1.4	17.7 ± 1.3

## 4. CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra que las capas anódicas de Ni/Cu-TiO<sub>2</sub> pueden ser empleadas como fotoánodos de notable actividad fotoelectrocatalítica para la remoción de NPs del agua. La presencia de Ni ó Cu en la estructura del TiO<sub>2</sub> mejora la separación de las cargas fotogeneradas y la absorción de luz en el rango visible. Además, el efecto sinérgico entre la fotocatalisis y la electrocatalisis mejora la eficiencia del material semiconductor.

## 5. REFERENCIAS

[1] M. A. Hanif, N. Ibrahima, F. A. Dahalan, U. F. Md Ali, M. Hasan, A. A. Jalil. *Science of The Total Environment*, **810**, 152115 (2022).

# Optimización de parámetros experimentales para la detección y cuantificación de $Pb^{2+}$ y $Cd^{2+}$ en agua empleando voltamperometría de pulso diferencial

Presentación Oral

A. García Vanegas<sup>1</sup>, N. A. Medellín Castillo<sup>2</sup>, M. M. Aguilera Flores<sup>1</sup>, S. M. Durón Torres<sup>3</sup>, V. Ávila Vázquez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Blvd. del Bote 202 Cerro del Gato Ejido La Escondida, Col. Ciudad Administrativa 98160 Zacatecas, Zac., México. Phone. 01-492-92-42-419.

<sup>2</sup> Programa Multidisciplinario en Ciencias Ambientales, Av. Dr. Manuel Nava, Lomas de San Luis, San Luis, S.L.P.

<sup>3</sup> Unidad Académica de Ciencias Químicas -Carretera Zacatecas - Guadalajara, Km 6, La Escondida, 98160 Zacatecas, Zac.

E-mail: [agarcia1703@alumno.ipn.mx](mailto:agarcia1703@alumno.ipn.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación por  $Pb^{2+}$  y  $Cd^{2+}$  en agua representa una problemática ambiental con graves efectos en la salud humana y su calidad [1].

En este contexto, se ha buscado implementar técnicas analíticas alternativas que permitan detectarlos y cuantificarlos. La voltamperometría de pulso diferencial (VPD) es una alternativa ampliamente usada, para ello se evalúa el uso de electrodos que emplean carbón a base de biomasa que sustituyan al mercurio u otros elementos empleados en los mismos [2]. Se aplicó un diseño experimental para identificar las condiciones óptimas del análisis, se identificaron los Límites de Detección (LD) y cuantificación (LC) para su validación con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa nacional e internacional.

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó una tinta electroquímica con el carbonizado de biomasa añadiendo etanol y Nafión (Sigma Aldrich), se depositó sobre un electrodo de carbón vítreo.

Se realizó la optimización del tiempo de preconcentración (tp/s), la velocidad de agitación (va/rpm), altura de pulso (alt.p/mV) y ancho del pulso (anch. p/ms) para VPD a través de un Diseño Experimental Central Compuesto de un bloque.

Se realizó una curva de calibración para  $Cd^{2+}$  y  $Pb^{2+}$  para identificar LD y LC con los parámetros experimentales optimizados.

## 3. RESULTADOS

La Tabla 1, muestra los valores óptimos experimentales para los análisis de  $Pb^{2+}$  y  $Cd^{2+}$  empleando VPD.

Tabla 1. Factores optimizados.

VPD	pt/s	Va/rpm	Alt.p/mV	Anch. p/ms
$Cd^{2+}$	1362.47	924.52	42.45	50.23
$Pb^{2+}$	1365	936.7	42.5	50

Los LD fueron de 0.88 ppb y 5.83 ppb y LC de 2.94 ppb y 19.45 ppb para  $Cd^{2+}$  y  $Pb^{2+}$  respectivamente.

## 4. CONCLUSIONES

La optimización de parámetros de VPD influyó en la disminución de los LD y LC, valores por debajo de la NOM-127-SSA1-202, lo que permite validar el uso de la técnica en la determinación de  $Pb^{2+}$  y  $Cd^{2+}$  en agua.

## 5. REFERENCIAS

- [1] H. Rezaei, A. Zarei, B. Kamarehie, A. Jafari, Y. Fakhri, F. Bidarpoor, M. A. Karami, M. Farhang, M. Ghaderpoori, H. Sadeghi, N. J. Shalyari. *Toxicol. Environ. Health Sci.* **11**, 54 (2019).
- [2] S. Phal, H. Nguyễn, A. Berisha, S. Tesfalidet. *Sensing and Bio-Sensing Research.* **34**, 100455 (2021).

# Caracterización electroquímica de una celda de combustible microbiana para la producción de energía a partir de la degradación de tebuconazol

## Presentación Oral

K. E. Castañeda Martínez, M. M. Aguilera Flores, H. C. Correa Aguado, V. Ávila Vázquez\*  
Instituto Politécnico Nacional – Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus  
Zacatecas. Blvd. del Bote 202 Cerro del Gato Ejido La Escondida, Col. Ciudad Administrativa  
98160 Zacatecas, Zac., México. Phone. 01-492-92-42-419.

E-mail: [yav\\_tab@hotmai.com](mailto:yav_tab@hotmai.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

El incremento en la demanda de alimentos, lleva a una mayor producción de agroquímicos. Dentro de estos se encuentran los fungicidas, con un 58% de la producción total de plaguicidas en México [1]. El tebuconazol es un fungicida sistémico del grupo de los triazoles. Contaminante emergente, recalcitrante, extremadamente persistente y difícilmente biodegradable [2]. Los residuos de este pueden causar efectos adversos a la salud humana y ser tóxicos para los organismos acuáticos.

Estos compuestos se han vuelto de interés para su estudio en tecnologías de energía alternativa atractiva y prometedora como lo son las Celdas de Combustible Microbianas (CCM), dispositivos bioelectroquímicos donde se da la conversión de la energía química de un sustrato en energía eléctrica a través del metabolismo de microorganismos exoelectrógenos [3] permitiendo la valorización de recursos. Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficiencia en la generación de energía eléctrica a partir del fungicida tebuconazol empleando una Celda de Combustible Microbiana.

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizaron dos celdas de cámara simple de ánodo sumergido y cátodo expuesto al aire de 170 mL. Se empleó el fungicida Matiz® 250 CE con tebuconazol como ingrediente activo con 100 y 1000 ppm, solución buffer de fosfatos y suelo como inóculo. Se empleó una resistencia de 1000  $\Omega$ . En el ciclo de degradación se monitoreó el voltaje a circuito abierto cada 12 h. La caracterización electroquímica se realizó empleando Voltamperometría lineal, Espectroscopia de Impedancia Electroquímica y Cronoamperometría.

## 3. RESULTADOS

Se presentan las densidades de potencia (DP) y densidades de corriente (I) máximas obtenidas.

**Tabla 1.** Resultados de la eficiencia energética en las CCM.

CCM (ppm)	$E_{\text{máx}}$ (mV)	$DP_{\text{máx}}$ ( $\text{mW}/\text{m}^2$ )	$I_{\text{máx}}$ ( $\text{mA}/\text{m}^2$ )
100	529	0.24	0.81
1000	649	0.06	0.2

## 4. CONCLUSIONES

La CCM con 100 ppm de tebuconazol presentó mejor aprovechamiento del sustrato obteniendo una DP de  $0.24 \text{ mW}/\text{m}^2$  y una  $I_{\text{máx}}$  de  $0.81 \text{ mA}/\text{m}^2$ . El ciclo de degradación para las celdas con ambas concentraciones fue de 21 días.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera EMIM, 29-09-2021.
- [2] E. López, S. Cisneros, y J. Ochoa, *Researchgate*, **3**, 1(2016).
- [3] K. Obileke, H. Onyeaka, E. L. Meyer, y N. Nwokolo, *Electrochemistry Communications*, **125**, 107003 (2021).

# Remoción de As, F<sup>-</sup> y SiO<sub>2</sub> de agua subterránea por electrocoagulación en un nuevo reactor electroquímico empleando electrodos híbridos de Al-Fe

Presentación Oral

L. F. Castañeda\*, J. L. Nava\*

Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Av. Juárez 77, Zona Centro, C.P. 36000, Guanajuato, Guanajuato, México.

E-mail: [lfcu@ugto.mx](mailto:lfcu@ugto.mx); [jlnm@ugto.mx](mailto:jlnm@ugto.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una gran preocupación mundial por la escasez de agua. Una reserva de agua para consumo humano son las aguas subterráneas; sin embargo, en varias zonas áridas, el problema es aún más crítico debido al agotamiento de estas reservas y al cierre de varios pozos profundos por contaminación de especies solubles por causas geogénicas [1]. Se conoce que el consumo de agua contaminada con arsénico (As) y fluoruro (F<sup>-</sup>), en concentraciones mayores a 10 µg L<sup>-1</sup> y 1.5 mg L<sup>-1</sup> de acuerdo con la OMS, respectivamente, puede conllevar a diversos problemas en la salud. La sílica hidratada (SiO<sub>2</sub>) no se encuentra normada actualmente, pero tiene un efecto adverso sobre la salud humana y en algunos procesos unitarios industriales que utilizan este tipo de agua [2]. Uno de los estados con esta problemática es Guanajuato, donde las aguas subterráneas presentan concentraciones altas de As (40–130 µg L<sup>-1</sup>), F<sup>-</sup> (2.5–9 mg L<sup>-1</sup>), y SiO<sub>2</sub> (50–300 mg L<sup>-1</sup>) [3-4]. Debido a lo anterior, este trabajo trata sobre la remoción de As, F<sup>-</sup> y SiO<sub>2</sub> en un diseño nuevo de reactor de electrocoagulación (EC) de placas paralelas en modo horizontal, abierta a la atmósfera y con un arreglo de electrodos en forma de serpentín a nivel laboratorio, con electrodos de sacrificio alternados de aluminio y hierro, esto en pozos ubicados en 2 diferentes zonas dentro del estado de Guanajuato.

## 2. METODOLOGÍA

Las pruebas de EC fueron realizadas a velocidades lineales promedio entre  $1.2 \leq u \leq 4.8$  cm s<sup>-1</sup> y densidades de corriente entre  $5 \leq j \leq 7$  mA cm<sup>-2</sup>. Una vez producido el coagulante in-situ dentro del reactor, la mezcla de agua-flocs pasa a una prueba de jarras y es mezclada a 30 rpm por 15 min para permitir el crecimiento de los agregados. Después, se deja que los agregados sedimenten por 1 hr, y la solución clarificada es analizada.

## 3. RESULTADOS

En la tabla 1 se muestra la caracterización inicial del agua subterránea a tratar, encontrando que de acuerdo con la recomendación internacional de la OMS, el pozo 1 tiene una concentración de As cuatro veces mayor a lo recomendado y en el caso del pozo 2 una concentración elevada de arsénico y F<sup>-</sup>.

**Tabla 1.** Caracterización inicial del agua de pozo muestreada.

Parámetros	Valores	
	Pozo 1	Pozo 2
Arsénico	41 µg L <sup>-1</sup>	26 µg L <sup>-1</sup>
Fluoruro	0.6 mg L <sup>-1</sup>	1.65 mg L <sup>-1</sup>
Sílica hidratada	84 mg L <sup>-1</sup>	160 mg L <sup>-1</sup>
Sulfatos	20 mg L <sup>-1</sup>	5 mg L <sup>-1</sup>
Fosfatos	0.2 mg L <sup>-1</sup>	0.3 mg L <sup>-1</sup>
Conductividad	496 µS cm <sup>-2</sup>	450 µS cm <sup>-2</sup>
pH	8.2	7.5

## 4. CONCLUSIONES

El uso de electrodos alternados de Al y Fe en un nuevo diseño de reactor de EC, permitieron la remoción simultánea de As, F<sup>-</sup> y SiO<sub>2</sub> de agua subterránea por encima del 90%, con costos de operacionales del proceso de electrocoagulación asequibles.

## 5. REFERENCIAS

- [1] R., Chandrajith, S., Diyabalanage, *Groundw. Sustain. Dev.*, **10**, 100359 (2020).
- [2] L.F. Castañeda, O. Coreño, J.L. Nava, G. Carreño, *Chemosphere*, **244**, 125417 (2020).
- [3] R.L. Lopez, O. Coreño, J.L. Nava, *J. Water. Process. Eng.*, **32**, 100923 (2019).
- [4] L.F. Castañeda, O. Coreño, J.L. Nava, *Electrochim. Acta.* **331**, 135365 (2020).

# Impacto de la intensidad del estímulo eléctrico en la producción de hidrógeno y ácidos carboxílicos en un proceso de electrofermentación

Presentación Oral

C. Valencia Ojeda<sup>1\*</sup>, R. Cardeña Davila<sup>1,2</sup>, L. F. Cházaro Ruiz<sup>1</sup>, E. Razo Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., San Luis Potosí, México.

<sup>2</sup>Instituto Tecnológico Regional Centro Sur, Universidad Tecnológica, Durazno, Uruguay

E-mail: [casandra.valencia@ipicyt.edu.mx](mailto:casandra.valencia@ipicyt.edu.mx)

|173

## 1. INTRODUCCIÓN

La fermentación oscura se posiciona como una de las alternativas más prometedoras para la producción de hidrógeno (H<sub>2</sub>) y ácidos carboxílicos gracias a su operación simple, su alta tasa de producción y la capacidad de utilizar diversos sustratos [1,2]. La electrofermentación es un bioproceso en el que la fermentación convencional se somete a un estímulo eléctrico mediante la polarización de electrodos inmersos en el medio de fermentación, lo cual permite redireccionar las rutas metabólicas [3,4]. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de distintos valores de potencial del electrodo de trabajo en un sistema de producción de H<sub>2</sub> utilizando suero de leche como sustrato.

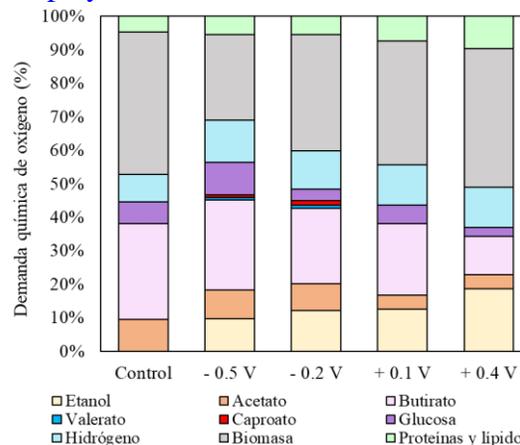
## 2. METODOLOGÍA

Los experimentos se llevaron a cabo en un sistema de reactores en lote con un arreglo de tres electrodos, con control de temperatura y agitación. Se utilizó un inóculo mixto tratado térmicamente y suero de leche (5 g lactosa/L) como sustrato. Se seleccionaron los siguientes valores de potencial controlado en el electrodo de trabajo: -0.5, -0.2, +0.1, y +0.4 V (vs. NHE), estos se aplicaron desde el inicio hasta el final de la electrofermentación. El efecto de los potenciales aplicados se evaluó en términos de la velocidad de producción de H<sub>2</sub> y el rendimiento de la producción de H<sub>2</sub> y metabolitos.

## 3. RESULTADOS

**Tabla 1.** Desempeño en la producción de H<sub>2</sub>.

Experimento	Velocidad de producción (L H <sub>2</sub> /L-d)	Rendimiento (mol H <sub>2</sub> /mol glucosa)
Control	2.21 ± 0.35	1.55 ± 0.28
- 0.5 V	4.04 ± 0.77	2.49 ± 0.25
- 0.2 V	3.46 ± 0.12	2.05 ± 0.08
+ 0.1 V	3.18 ± 0.28	2.11 ± 0.26
+ 0.4 V	3.75 ± 0.61	2.11 ± 0.22



**Figura 1.** Balance de demanda química de oxígeno al final de la electrofermentación.

## 4. CONCLUSIONES

La electrofermentación mejora la velocidad de producción y los rendimientos de H<sub>2</sub>, además de que se estimula la aparición de fermentación tipo etanol en todos los potenciales de trabajo evaluados. Bajo la influencia de los potenciales negativos se reduce la generación de biomasa microbiana y se estimula el proceso de elongación de la cadena de los ácidos carboxílicos. Los potenciales positivos aumentan la producción de etanol. La variación del potencial eléctrico durante la electrofermentación puede incrementar los rendimientos de algunos metabolitos específicos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. Manish, R. Banerjee, *Int. J. Hydrogen Energy*, **33**, 279 (2008).
- [2] D. Das, T.N. Veziroglu, *Int. J. Hydrogen Energy*, **33**, 6046 (2008).
- [3] R. Moscoviz, J. Toledo-Alarcón, E. Trably, N. Bernet, *Trends Biotechnol.*, **34**, 856 (2016).
- [4] K. Rabaey, R.A. Rozendal, *Nat. Rev. Microbiol.*, **8**, 706 (2010).

# Fotocatálisis asistida con voltaje de ketorolaco con nanotubos de dióxido de titanio

## Presentación Oral

L. E. Coy Aceves, S. Oyarzabal Rodríguez, M. Cerro Lopez \*

Universidad de las Américas Puebla.

E-mail: [monica.cerro@udlap.mx](mailto:monica.cerro@udlap.mx)

|174

## 1. INTRODUCCIÓN

El ketorolaco es un medicamento antiinflamatorio no esteroideo que se ha detectado en desechos líquidos de hospitales. Como es un contaminante persistente, es difícil de remover por métodos convencionales y se ha identificado en efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. Se ha demostrado que esta sustancia es genotóxica para especies acuáticas como la carpa [1]. La degradación de esta clase de compuestos requiere de métodos como la oxidación avanzada. Entre las variaciones que existen de estos procesos, los fotocatalizadores heterogéneos son frecuentemente investigados por su escalabilidad para aplicarse de manera práctica [2].

En este trabajo se realizó la degradación de ketorolaco en un proceso de fotoelectrocatalisis heterogénea con voltaje inducido con un electrodo de nanotubos de dióxido de titanio. Se encontró que este método de oxidación avanzada puede reducir la concentración de ketorolaco en solución acuosa.

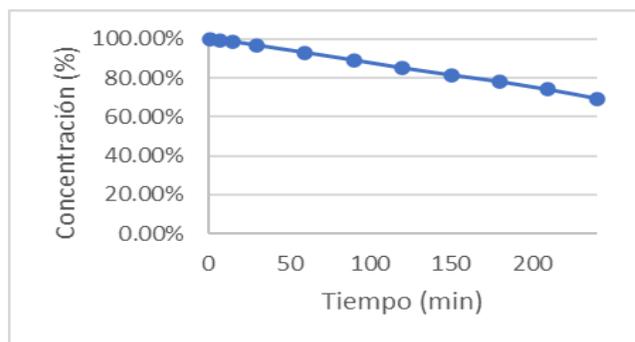
## 2. METODOLOGÍA

Los nanotubos de dióxido de titanio fueron sintetizados sobre un electrodo de titanio a través de una técnica de anodización electroquímica previamente reportada, en donde se usó una solución de sulfato de sodio y fluoruro de sodio en una mezcla de glicerol y agua destilada como electrolito y una placa de titanio como contraelectrodo, aplicando un potencial de 30 V por 4 h [3]. El área geométrica del catalizador es de 1 cm<sup>2</sup>. La fotoelectrocatalisis para la degradación de ketorolaco se realizó en un volumen de 50 ml de una solución de sulfato de sodio 0.05 M y ketorolaco a 15.6 ppm. La iluminación se realizó con una lámpara de luz UV a 365 nm, la temperatura se fijó en 25 °C y se aplicó un potencial de 1.3 V durante 4 h. La concentración de ketorolaco se monitoreó a través de la medición de su absorbancia a 322 nm.

## 3. RESULTADOS

El cambio de la concentración de ketorolaco durante la

fotoelectrocatalisis heterogénea con el electrodo de nanotubos de dióxido de titanio se ilustra en la figura 1.



**Figura 1.** Concentración de ketorolaco durante la fotoelectrocatalisis.

Se puede observar en estos resultados que se removió aproximadamente un 30 % del ketorolaco presente en la solución.

## 4. CONCLUSIONES

En esta investigación se degradó ketorolaco a través de una fotoelectrocatalisis heterogénea con nanotubos de dióxido de titanio. Este material puede modificarse a través de la deposición de diversos materiales para mejorar su desempeño, por lo que esto puede explorarse en trabajos futuros.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. Galar-Martínez et. al. *Environmental Toxicology*, **31(9)**, 1035 (2015).
- [2] G. Lama, J. Mejjide, A. Sanromán y M. Pazos, *Catalysts*, **12(344)**, 1 (2022).
- [3] J.S.B. Martinez et. al., *Environmental Science and Pollution Research*, **29(29)**, 42130 (2022).

## Producción electroquímica de estruvita y remoción simultánea de contaminantes

### Presentación Oral

K. B. Nájera Yerena, E. Rodríguez Núñez<sup>2</sup>, V. Pérez Moreno<sup>2</sup>, A. I. Cárdenas Robles<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Corregidora, Corregidora, Qro, México.

<sup>2</sup>CEACA-Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro, México.

<sup>3</sup>CONACYT- Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, Qro, México.

E-mail: [cardenas.arely.i@gmail.com](mailto:cardenas.arely.i@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN.

El nitrógeno y fósforo en cuerpos de agua propician el desarrollo de plantas superficiales (eutrofización) y la disminución de la calidad del agua. Dentro de las técnicas de tratamiento de agua para la remoción de estos compuestos se encuentra la precipitación electroquímica de ambos nutrientes, fmando estruvita, un mineral cristalino empleado en el sector agrícola como fertilizante [1]. La formación de estruvita electroquímicamente representa una fuente alterna de fósforo ante la presente demanda y escasez de este elemento como una forma viable para el tratamiento de aguas contaminadas con nitrógeno y fósforo [2].

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica conformada por un ánodo de magnesio (AZNB31, 97% Mg) y un cátodo de acero inoxidable 316, con una solución  $\text{NaNH}_4\text{PO}_3$  0.05 M y NaCl 1 g  $\text{L}^{-1}$  como electrolito soporte de acuerdo a lo mencionado por Hung y Under (2013) [3] aplicando 3 intensidades de corriente 5, 45 y 61 mA. Se evaluaron los parámetros en un periodo de 6 horas: Nitrógeno amoniacal [4] y fósforo en forma de fosfatos (NMX-AA-029-SCFI-2001), pH, conductividad eléctrica, magnesio soluble (NMX-AA-072-SCFI-2001) y pérdida de masa en el ánodo [3].

## 3. RESULTADOS

**Tabla 1.** Efecto de las distintas intensidades de corriente en la remoción de nutrientes y formación de estruvita

i (mA)	% de remoción		$\text{Mg}^{2+}$ (mol $\text{L}^{-1}$ )	Estruvita (g)
	N	P		
5	11.84 ± 1.38	21.12 ± 2.59	ND	0.05 ± 0.01
45	65.54 ± 2.87	73.31 ± 3.36	8.75 ± 0.01	1.18 ± 0.11
61	72.18 ± 5.94	87.21 ± 0.91	14.875 ± 3.71	1.79 ± 0.18

ND: Concentración no detectable.

## 4. CONCLUSIONES

Se logró un porcentaje de remoción de nitrógeno y fósforo en agua superior al 70 % aplicando una corriente eléctrica de 61 mA.

## 5. REFERENCIAS

- [1] K. P. Fattah, F. J. Chowdhury, Journal of Environmental Engineering and Science, 10, 19(2015).
- [2] T. Zhang, R. Jiang, Y. Deng, Physico- Chemical Wastewater Treatment and Resource Recovery, 1, 135(2017).
- [3] A. Hug, K. M. Udert, Water research, 49, 289 (2013).
- [4] J. I. Pacheco, O. E. Ramos, Universidad Mayor deSan Andrés, 117, Bolivia (2018).

## Aplicación de un proceso de electrocoagulación para el tratamiento de efluentes de la industria azucarera

### Presentación Oral

L. A. Estévez Sánchez<sup>1</sup>, J. A. Cobos Murcia<sup>2</sup>, V. E. Reyes Cruz<sup>2</sup>, N. Gutiérrez Casiano<sup>3</sup>, E. Hernández Aguilar<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana, Maestría en Manejo y Explotación de los Agrosistemas de la Caña de Azúcar, Carretera Peñuela-Amatlán Km 177, 94500, Córdoba, Ver.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales ICBI-UAEH Carr. Pachuca-Tulancingo km. 4.5, 42184, Mineral de la Reforma, Hgo.

<sup>3</sup>Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas Orizaba, Ote. 6 núm. 1009, Rafael Alvarado, 94340, Orizaba, Ver.

E-mail: [eduhernandez@uv.mx](mailto:eduhernandez@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

En el sector agroindustrial México tiene un rol importante a nivel mundial siendo el 7mo. productor de azúcar, sin embargo, esta misma industria demanda el 52% del agua utilizada a nivel industrial en México, con lo que se generan grandes volúmenes de efluentes contaminados [1]. Debido a esta problemática, el presente estudio aplicó un proceso de electrocoagulación a los efluentes de un ingenio azucarero ubicado en la zona centro del estado de Veracruz para determinar el grado de contaminación y la remoción de los contaminantes.

### 2. METODOLOGÍA

El proceso de electrocoagulación fue implementado en un reactor Imhoff en modo de operación continua con un volumen de 20L utilizando electrodos de aluminio con una configuración monopolar en paralelo. El diseño experimental propuesto fue un 3<sup>2</sup> para lo cual se aplicó una intensidad de corriente de 1.5, 2.5 y 5 Amperes (A) mientras que los tiempos de retención hidráulica (TRH) fueron de 90, 120 y 150 min. La medición de las variables se realizó como se especifica en las normas oficiales mexicanas.

### 3. RESULTADOS

La máxima remoción de DQO obtenida fue de 69% aplicando una intensidad de corriente 1.5 A y un TRH de 120 min. Para el caso de la turbidez se obtuvo un máximo de 78% de remoción empleando 1.5 A y un TRH de 120 min. En el caso de los sólidos totales se alcanzó una remoción máxima de 60% empleando 5 A y un TRH de 120 min. Para los sólidos suspendidos se obtuvo un 94% de remoción empleando 5 A y un TRH de 120 min. Finalmente para los sólidos disueltos se

obtuvo un máximo de remoción de 55% empleando 1.5 A y un TRH de 120 min.

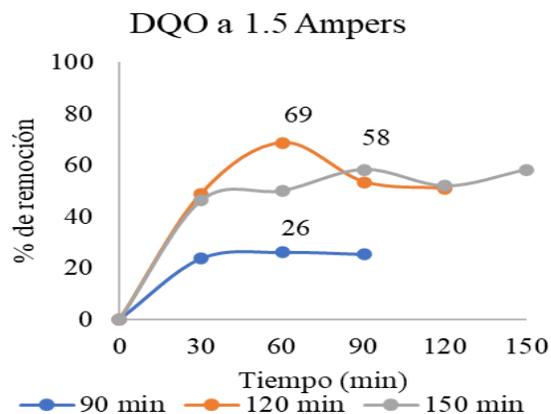


Figura 1. Remoción de DQO a 1.5 Amperes

### 4. CONCLUSIONES

Las variables DQO, Turbidez y sólidos disueltos, mostraron una mayor remoción aplicando una intensidad de corriente de 1.5 A mientras que las variables sólidos suspendidos y sólidos disueltos mostraron el mayor porcentaje de remoción utilizando 5 A, además se observó que los máximos de remoción obtenidos fueron con un TRH de 120 min.

### 5. REFERENCIAS

[1]. D. T. Mousa, M. H. El-Naas, M. Nasser y M. J. Al-Marri, *Journal of Environmental Management*, **186**, 24 (2017).

# Fotoelectro-degradación de microplásticos de polietileno (PE) empleando un fotoánodo de diamante dopado con boro modificado con dióxido de titanio

Presentación Oral

P. Espinoza Montero\*, W. Quilumbaquin, L. Loor Urgilés, P. Alulema Pullupaxi  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Ciencias Químicas, Quito, 170525,  
Ecuador

E-mail: [pespinoza646@puce.edu.ec](mailto:pespinoza646@puce.edu.ec)

## 1. INTRODUCCIÓN

La presencia de microplásticos (MPs) en efluentes naturales y aguas de consumo es un problema de contaminación hídrica que afecta a la salud humana y el ambiente [1]. Por lo tanto, es fundamental el estudio de nuevas tecnologías para eliminar eficientemente los MPs del agua [2]. En este trabajo se estudió la degradación de MPs de polietileno (PE) mediante fotoelectrocatalisis (FEC) empleando un fotoánodo preparado por deposición electroforética de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub> - Anatasa Degussa P25) sobre diamante dopado con boro (BDD).

## 2. METODOLOGÍA

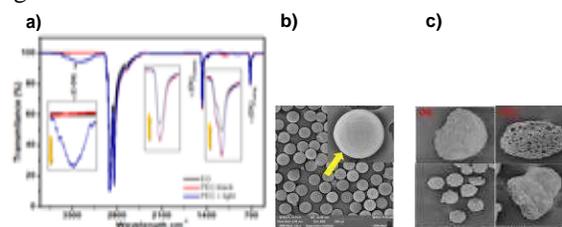
El fotoánodo TiO<sub>2</sub>/BDD se preparó mediante deposición electroforética para formar una película de TiO<sub>2</sub> sobre el BDD, y se evaluó su respuesta electroquímica mediante voltametría cíclica y fotocorriente. Para la degradación de MPs se empleó una muestra de polietileno (MPs-PE), este proceso se realizó por oxidación electroquímica (OE) con BDD y FEC con TiO<sub>2</sub>/BDD en oscuridad y luz UVC. El comportamiento de esta etapa se estudió a través de SEM y espectroscopía FTIR para evaluar cambios morfológicos y estructurales de la estructura polimérica de los MPs-PE.

## 3. RESULTADOS

El fotoánodo TiO<sub>2</sub>/BDD mostró una mejor respuesta electrocatalítica respecto al BDD desnudo, frente al par redox [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>-3/-4</sup> debido al incremento de sitios activos y a la fotocorriente generada por la película de TiO<sub>2</sub> en el BDD.

La degradación de MPs-PE mostró resultados satisfactorios luego de 10 h de tratamiento por OE y FEC. De acuerdo con los espectros FTIR de la Fig. 1a, se evidencia cambios en las señales características del MPs-PE, esto se debe a que el radical hidroxilo (·OH) ataca a los terminales -CH<sub>3</sub> de la cadena polimérica, y posteriormente el enlace -CH<sub>2</sub> del polímero continúa oxidándose. En consecuencia, los polímeros de cadena corta oxidados se liberan al medio. En FEC, se

evidencia una señal característica del grupo funcional C-OH. Adicionalmente, las imágenes SEM muestran que antes de la degradación los MPs-PE tienen una forma esférica con un tamaño de partícula entre 220 ± 5 μm, Fig. 1b. Luego de la degradación por OE y FEC, se evidencian cambios en la superficie y tamaño de los MPs-PE. Luego de 10 h de tratamiento por FEC se evidencia un considerable cambio en la superficie de los MPs-PE, los cuales muestran una apariencia rugosa con cavidades y un deterioro notable en su morfología, Fig. 1c.



**Figura 1.** a) Espectro FTIR; imágenes SEM de MPs-PE b) antes y c) después de la degradación por OE y FEC por 10 h.

## 4. CONCLUSIONES

El estudio actual muestra que el fotoánodo TiO<sub>2</sub>/BDD tiene una mejor actividad electroquímica en comparación con el electrodo BDD. Además, se demuestra que la FEC provoca cambios significativos en la estructura química de la cadena polimérica de los MPs-PE, evidenciando deformaciones en la superficie y mayor rugosidad. Por lo tanto, este trabajo presenta los primeros pasos para la implementación de la FEC para remediar aguas contaminadas con MPs-PE.

## 5. REFERENCIAS

- [1] T. M. B. F. Oliveira, F. W. P. Ribeiro, S. Morais, P. de Lima-Neto, and A. N. Correia, *Curr. Opin. Electrochem.*, **31**, 100866 (2022)
- [2] P. Alulema-Pullupaxi et al., *Chemosphere*, **281**, 130821 (2021).

## Medidas de potencial de circuito abierto para evaluar la remoción de mercurio(II) en soluciones de cianuro

### Presentación Oral

L. M. Tami Pimiento<sup>1</sup>, L. M. Joya Herrera<sup>1</sup>, C. C. Viáfara Arango<sup>1-3</sup>, A. M. Meléndez<sup>1,3\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Materiales y Nanociencias (CMN), Grupo de Investigaciones en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente, Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta, Santander, Colombia. C.P. 681011.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Corrosión, Universidad Industrial de Santander, Piedecuesta, Santander, Colombia. C.P. 681011.

<sup>3</sup>Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Santander, Colombia. C.P. 680002.

E-mail: [amelende@uis.edu.co](mailto:amelende@uis.edu.co)

### 1. INTRODUCCIÓN

En Colombia y varios países de América Latina hay problemas de contaminación por mercurio(II) en cuerpos de agua generados por la minería aurífera artesanal y de pequeña escala (MAAPE), que emplea mercurio elemental y soluciones de cianuro para extraer Au de minerales sulfurosos [1]. Con la finalidad de remediar estas aguas residuales se propone el uso de materiales avanzados para realizar la remoción de mercurio (II) por un método redox de amalgamación [2]. Espumas bimetálicas de nanodendritas de CuZn fueron sintetizadas electroquímicamente y caracterizadas por microscopía óptica y confocal, mapeo elemental por EDS, medidas del área superficial electroquímicamente activa y difracción de rayos X. Las espumas fueron utilizadas para remover Hg(II) de un agua residual sintética. Así mismo, se realizaron medidas de potencial de circuito abierto (OCP) correlacionándolas con los cambios que experimentan las espumas durante el proceso. Los resultados muestran que es posible estimar la velocidad de reacción y los fenómenos que ocurren durante el proceso de amalgamación.

### 2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron tres espumas bimetálicas CuZn y una de Cu por el método de plantilla dinámica de hidrógeno, las cuales se usaron para remover Hg(II) de una solución con cianuro que simula un agua residual de la MAAPE. La remoción de Hg(II) por amalgamación se siguió a través de medidas de OCP y medidas de absorción atómica.

### 3. RESULTADOS

A mayor concentración de Zn en las espumas, el OCP se hace más negativo, debido a que el potencial del par

Zn(II)/Zn es mayor que el del par Cu(II)/Cu. De acuerdo con los cambios de coloración de las espumas metálicas, es posible asociar los fenómenos que ocurren en la interfase espuma/solución, de tal manera que a potenciales alrededor de -0.5 V inicia la reducción de mercurio y las velocidades de la reacción de desplazamiento se igualan al alcanzar un OCP (potencial mixto) de -0.75 V vs Ag/AgCl. El incremento final en el potencial hacia valores positivos, se asocia con una disolución no significativa de la amalgama formada.

### 4. CONCLUSIONES

La remoción de Hg(II) de una solución modelo, que contiene cianuro y otros metales pesados que simula un agua residual de la MAAPE, fue posible con el uso de espumas metálicas de nanodendritas. Se demostró que las medidas de OCP pueden ser asociadas con la velocidad de remoción, siendo el potencial un parámetro que permite determinar los principales procesos que ocurren en la interfase: reducción de Hg(II) y oxidación de la amalgama formada. Así, las medidas de OCP pueden ser usadas para determinar las condiciones para remover Hg(II) de soluciones con cianuro.

### 5. REFERENCIAS

- [1] L.J. Esdaile y J.M. Chalker, *Chemistry–A European Journal*, **24**, 6905 (2018).
- [2] W.W. Fisher, *Hydrometallurgy*, **16**, 55 (1986).

# Tratamiento electroquímico al agua residual sintética de hemodiálisis por electrocoagulación y electrooxidación

Presentación Oral

V. J. González-Nava<sup>1</sup>, F. J. Bacame Valenzuela<sup>1</sup>, M. Y. Reyes Vidal<sup>1</sup>, S. Sepúlveda Guzmán<sup>2</sup>, E. Bustos<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup>Centro de investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Querétaro, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL, Nuevo León, México.

E-mail: [ebustos@cideteq.mx](mailto:ebustos@cideteq.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales provenientes del tratamiento por hemodiálisis (HD) son significativas debido a que, en el mismo, se utilizan altas cantidades de dializado [1]. En este proyecto de investigación se realizó el estudio electroquímico con el acoplamiento de las tecnologías de electrocoagulación (EC) y electrooxidación (EO) para el tratamiento de agua sintética de hemodiálisis, las cuales usualmente presentan alto contenido en metales pesados, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), medicamentos (como la amoxicilina, AMX) y conductividad eléctrica [2].

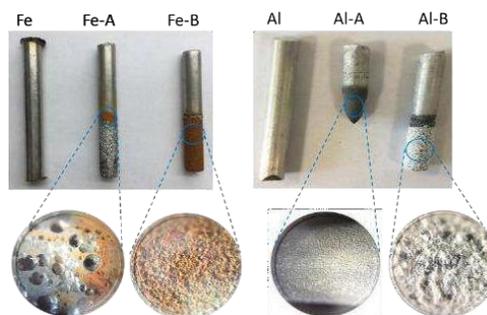
## 2. METODOLOGÍA

La experimentación se realizó utilizando dos soluciones: ácida (pH = 5: NaCl 2.9466 mol L<sup>-1</sup>, KCl 0.0737 mol L<sup>-1</sup>, CaCl<sub>2</sub> 0.0588 mol L<sup>-1</sup>, y MgCl<sub>2</sub> 0.0178 mol L<sup>-1</sup>), así como básica (pH = 8: NaCl 0.4039 mol L<sup>-1</sup>, y NaHCO<sub>3</sub> 0.7845 mol L<sup>-1</sup>). Para la EC de AMX (10 ppm) se utilizó un arreglo electroquímico circular concéntrico empleando dos electrodos diferentes como ánodo (Fe<sup>o</sup> y Al<sup>o</sup>), con un cátodo de malla de titanio aplicando 3.0 V por 1 h de electrolisis. Posteriormente, el agua tratada por EC se filtró para separar los lodos, y al sobrenadante se le realizó un tratamiento por EO utilizando un arreglo electroquímico similar al de EC con un ánodo de IrO<sub>2</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>|Ti y un contraelectrodo de malla de titanio. La superficie de los electrodos se caracterizó por SEM-EDX y la degradación de la AMX fue seguida por UHPLC-UV-Vis.

## 3. RESULTADOS

El estudio por voltamperometría cíclica se realizó en el medio ácido (pH = 5.06 y  $\int = 227 \text{ mS cm}^{-1}$ ), así como en el medio básico (pH = 8.18 y  $\int = 81.3 \text{ mS cm}^{-1}$ ) utilizando los electrodos de Fe<sup>o</sup> y Al<sup>o</sup> en una celda convencional de tres electrodos. En estas pruebas en la solución básica para cada uno de los electrodos (Fe<sup>o</sup> y Al<sup>o</sup>) no se observaron corrientes de oxidación,

mientras que utilizando el medio ácido si se observaron corrientes de oxidación, lo que favorece la electrocoagulación de la AMX, sobre todo con el Fe<sup>o</sup> a 3.0 V y 1 h de electrolisis se obtienen los mejores resultados (Figura 1), con una eficiencia de remoción de AMX del 77.2 % (pH = 8.21,  $\sigma = 217.26 \text{ mS cm}^{-1}$ ). Posteriormente se filtró el agua tratada con el fin de separar los sólidos suspendidos remanentes de la EC, y el sobrenadante se trató por EO utilizando como ánodo IrO<sub>2</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>|Ti, en donde se observó una eficiencia de degradación de la AMX del 90 % (pH = 8.14,  $\sigma = 179.83 \text{ mS cm}^{-1}$ ).



**Figura 1.** Apariencia de los electrodos de Fe y Al después de la EC en medio ácido (A) y básico (B).

## 4. CONCLUSIONES

El acoplamiento de la EC y la EO dio resultados favorables en la degradación de la AMX, así como en la disminución de la conductividad eléctrica, sobre todo al emplear el medio sintético ácido y ánodo de Fe<sup>o</sup> en la EC, así como de IrO<sub>2</sub>-Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>|Ti en la EO, con un contra-electrodo de malla de Ti en ambos procesos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. Mahdavi, et al., *Desalin. Water Treat.*, **193**, 274 (2020).
- [2] A. Moratalla, S. Cotillas, E. Lacasa, P. Cañizares, M Rodrigo and C. Sáez, *Molecules*, **26**, 6813 (2021).

## Degradación electroquímica de amoxicilina empleando ánodos del tipo $\text{MO}_x|\text{Ti}$ y cátodos de carbón

Presentación Oral

M. J. Yáñez Ángeles, F. J. Bacame Valenzuela, M. Y. Reyes Vidal, E. Bustos Bustos\*  
Centro de investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. Parque Tecnológico  
Querétaro, s/n, Sanfandila, Pedro Escobedo, Qro., 76703, México.

E-mail: [myanez@cideteq.mx](mailto:myanez@cideteq.mx); [ebustos@cideteq.mx](mailto:ebustos@cideteq.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante las dos últimas décadas, la presencia y/o acumulación de fármacos en cuerpos de agua ha venido en aumento, generando impactos negativos tanto a la biota como a la salud humana. Es por esta razón que en los últimos años ha aumentado la importancia de probar e implementar procesos de remoción para estos productos farmacológicos en plantas de tratamiento de aguas [1]. Los antibióticos ocupan el tercer puesto en volumen de uso de todos los fármacos empleados en medicina humana, y el 70 % de los empleados en medicina veterinaria [2]. Por lo tanto, en esta investigación se realizó la degradación electroquímica a nivel laboratorio de amoxicilina (AMX) como un antibiótico comúnmente presente en aguas residuales de clínicas y hospitales, empleando ánodos del tipo  $\text{MO}_x|\text{Ti}$  y cátodos de carbón que se compararon con Ti.

### 2. METODOLOGÍA

Se realizaron curvas hidrodinámicas para establecer el dominio por transporte de masa para la electro-oxidación de AMX  $10 \text{ mg L}^{-1}$ , utilizando como electrodo de trabajo una barra de  $\text{IrO}_2\text{-Ta}_2\text{O}_5|\text{Ti}$ , y como cátodo una tela de carbón que se comparó con una malla de Ti, en presencia y ausencia de  $\text{O}_2$  con el propósito de promover la generación de  $\text{H}_2\text{O}_2$  [4] para favorecer la degradación de AMX; ambos electrodos se caracterizaron por voltamperometría cíclica, espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), espectroscopía Raman, y SEM-EDS. En cuanto a la eficiencia de degradación electroquímica de la AMX se midió por cromatografía de líquidos de ultra-alta resolución acoplada a espectrofotometría UV-Vis (UHPLC-UV-Vis), así como carbono orgánico total (TOC) y demanda química de oxígeno (DQO); también se midió la generación de radicales  $\cdot\text{OH}$  y  $\text{H}_2\text{O}_2$  por UV-Vis como agentes oxidantes de la AMX.

### 3. RESULTADOS

El electrodo de  $\text{IrO}_2\text{-Ta}_2\text{O}_5|\text{Ti}$  presentó una superficie mesoporosa característica obtenida por SEM-EDS por la presencia del electrocatalizador de  $\text{IrO}_2$  comprobada por voltamperometría cíclica, así como por el conductor protónico de  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  comprobado por EIS. En el caso específico del  $\text{IrO}_2$ , promueve la generación de radicales  $\cdot\text{OH}$  para incrementar la degradación de AMX, como se ha reportado anteriormente en el grupo de investigación [3], lo cual se favoreció al incorporar al sistema la tela de carbón en presencia de  $\text{O}_2$  al generar  $\text{H}_2\text{O}_2$ , llegando a una degradación del 100 % después de 1h de electrólisis comprobada por UHPLC-UV-Vis.

### 4. CONCLUSIONES

La degradación electroquímica de AMX se logra al 100 % en 1h de electrólisis en presencia de ánodos de  $\text{IrO}_2\text{-Ta}_2\text{O}_5|\text{Ti}$  y cátodos de tela de carbón con oxígeno.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Sánchez, D. C. (2021). Bogotá, Colombia: Facultad de Ingeniería Ambiental - Universidad Santo Tomás.
- [2] A. K. Samarh, M. T. Meyer & A. B. Boxall, *Chemosphere*, **65**, 725 (2006).
- [3] Cuestas, I. L. (2019). Tesis de Maestría en Electroquímica, CIDETEQ.
- [4] I. Sirés, E. Brillas, M., A. Oturan, M. A. Rodrigo y M. Panizza, *Environmental Science and Pollution Research*, **21(14)**, 8336 (2014).

## Degradación electroquímica de tolueno empleando nanotubos de TiO<sub>2</sub>

### Presentación Oral

K. V. Bolaños Romero, A. Sandoval González, J. C. Zárate Valdovinos, G. Oza,  
J. Manriquez Rocha y E. Bustos\*

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., Parque Tecnológico  
s/n, San Fandila, Pedro Escobedo, Querétaro. C.P. 76730.

E-mail: [ebustos@cideteq.mx](mailto:ebustos@cideteq.mx)

| 181

### 1. INTRODUCCIÓN

El tolueno es un solvente muy utilizado en la producción de pinturas, diluyentes, barnices, adhesivos, entre otros; al igual que en la gasolina para mejorar el octanaje. Este compuesto generalmente se libera al ambiente mediante el escape de los autos o por el uso de productos que lo contienen. Una exposición continua y a niveles altos puede provocar daños permanentes en el cerebro [1]. Los nanotubos de TiO<sub>2</sub> proporcionan un incremento en la relación superficie/volumen, así como de transporte de electrones de manera eficiente en el sustrato metálico de Ti [2], lo que favorece para la degradación electroquímica de compuestos orgánicos como el tolueno.

### 2. METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis de los nanotubos de TiO<sub>2</sub> siguiendo la metodología reportada por Ensaldo, *et. al.* (2018) [3], empleando como electrolito una solución de etilenglicol al NH<sub>4</sub>F 0.3% (w/w); la anodización se llevó a cabo a tres tiempos distintos (15, 30 y 60 min) a 30 y 60 V, empleando como contraelectrodo acero inoxidable y Ti. Transcurrido el respectivo tiempo de anodización, el electrodo se dejó reposar en una solución de NaOH 0.1 M y para finalizar se introdujo a tratamiento térmico en la mufla durante 2 h a 600 °C. Para evaluar la remoción de tolueno se llevaron a cabo electrólisis a diferentes tiempos, empleando como ánodo los electrodos sintetizados con TiO<sub>2,nt</sub> y como cátodo acero inoxidable y Ti, en una solución de acetona y metanol con una concentración inicial de 0.16 y 1 ppm empleando como electrolito soporte KCl 0.1 M, el potencial elegido fue de 2.0 V; durante las electrólisis se tomaron muestras a diferentes tiempos para verificar la eficiencia de remoción electroquímica del tolueno. La caracterización de las superficies desnudas y modificadas se realizó mediante espectroscopia Raman y SEM-EDS, mientras que la evaluación de la remoción electroquímica de tolueno se realizó mediante cromatografía de gases con detección de plasma (CG-BID).

### 3. RESULTADOS

De acuerdo a los espectros Raman, el electrodo con 30 min. de anodizado presenta las fases anatasa y rutilo del TiO<sub>2</sub>, y de acuerdo con los resultados de EDS este mismo electrodo contiene más oxígeno que los sintetizados a 15 y 60 minutos de anodizado, lo que posiblemente ayuda a la mayor degradación de tolueno. En cuanto a la remoción electroquímica de este compuesto empleando el ánodo modificado con TiO<sub>2,nt</sub> se obtuvo un 82.61, 87.01, y 87.8 % para los electrodos con un tiempo de anodizado de 15, 30 y 60 min respectivamente, mientras que empleando el ánodo de titanio desnudo se obtuvo una remoción de tolueno menor, del 71.96%.

### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, los electrodos modificados con TiO<sub>2,nt</sub> que presentan una combinación de fase anatasa y rutilo favorecen la remoción electroquímica de tolueno en más del 80 % alcanzando hasta un 87% aplicando 2 V por 15 min, lo cual se presenta como una opción más para la degradación electroquímica de este tipo de contaminantes en el ambiente.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, *Public Health Statement Toluene*, 1, Atlanta: Department of Health and Human Services (2015).
- [2] A.S. González *et. al.*, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **19**, 5211 (2019).
- [3] M. K. Ensaldo-Rentería *et. al.*, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **6**, 1182 (2018).

# Desarrollo de un fotoánodo con base en un conductor óptico flexible recubierto de TiO<sub>2</sub> para degradación de contaminantes en agua

## Presentación Oral

M. L. Razo Negrete<sup>1</sup>, E. Castaño<sup>2</sup>, K. Esquivel<sup>1</sup>, L. A. Godínez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro.

<sup>2</sup>Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las Campanas C.P. 76010, Santiago de Querétaro, Querétaro.

E-mail: [monica.lizbeth.razo@uaq.edu.mx](mailto:monica.lizbeth.razo@uaq.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los procesos fotoelectroquímicos son unas de las alternativas de mayor interés para la degradación de contaminantes orgánicos en agua. Las investigaciones en este tipo de procesos se basan en el desarrollo de nuevos diseños de reactores que permitan mayor eficiencia en la remoción de contaminantes [1,2]. Se ha demostrado que la inmovilización de un fotocatalizador sobre la superficie de un electrodo, junto con la iluminación de manera interna, constituyen dos de los factores más importantes para la degradación de contaminantes [3,4]. Entre las principales desventajas de los sistemas actuales destacan la fragilidad, altos costos e iluminación ineficiente. En el presente proyecto se desarrolla un novedoso ánodo con iluminación interna, flexible y de bajo costo, para su aplicación en el acoplamiento de reacciones fotoelectrocatalíticas y fotoelectro-Fenton, con alta eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos en agua.

## 2. METODOLOGÍA

El fotoánodo fue desarrollado con base en una tira flexible de leds UV comercial. Ésta fue modificada a fin de brindarle propiedades de conductividad eléctrica y de fotocatalisis. Como material conductor se utilizó cinta de grafito, fijándola a lo largo de la tira de leds. Posteriormente, sobre la superficie se depositó una película del fotocatalizador TiO<sub>2</sub>. El desempeño del fotoánodo fue evaluado en función de su capacidad de degradación de colorante anaranjado de metilo, mediante la aplicación de voltaje y luz UV durante 1 hora.

La solución de estudio fue 5 mg/l de anaranjado de metilo a pH 3. Los potenciales fueron aplicados respecto al par Ag/AgCl.

## 3. RESULTADOS

Los datos de la Tabla 1 muestran que, por sí sola, la iluminación UV genera la degradación del 38% del colorante presente en la solución. La máxima degradación se alcanza con el mínimo potencial aplicado, lo que representa una ventaja en términos de costos energéticos.

**Tabla 1.** Porcentajes de remoción de colorante sobre el fotoánodo con iluminación UV y los voltajes aplicados.

Voltaje	% Remoción
0.0	38
0.5	65.7
1.0	60.7
1.5	58.3
2.0	56.7

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares demuestran que el fotoánodo desarrollado exhibe actividad fotoelectrocatalítica para la remoción de colorante anaranjado de metilo. De esta manera se presenta una alternativa para la implementación de nuevos diseños de reactores fotoelectroquímicos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] V. Becerril-Estrada, *Electrochimica Acta*, **340**, 135972 (2020).
- [2] K. Esquivel, *Water Research*, **43**, 3593 (2009).
- [3] S. García-Segura, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, **31**, 1 (2017).
- [4] E. Mousset, *Environmental Chemistry Letters*, **18**, 1301 (2020).

## Remoción de fármacos SARS-CoV-2 mediante Sono-foto Fenton utilizando zeolita-Fe modificada electroquímicamente

### Presentación Oral

M. Castañeda Juárez<sup>1</sup>, J. L Espinoza Morán<sup>2</sup>, V. Martínez Miranda<sup>1</sup>, I. Linares Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias de Agua (IITCA), Universidad Autónoma del Estado de México, Km.14.5, carretera Toluca-Ixtlahuaca, C.P 50120 Toluca, Estado de México.

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Xicotepec de Juárez, Avenida Universidad Tecnológica No. 1000 Tierra Negra, 73080 Xicotepec de Juárez, Puebla.

E-mail: [monse.castanedajuarez@gmail.com](mailto:monse.castanedajuarez@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

El 11 de marzo de 2020, la OMS declaró pandemia la enfermedad por COVID-19 causada por el virus SARS-CoV-2. Hasta el día de hoy ha causado más de 5.4 millones de contagios. Al principio de la pandemia no se disponía de ningún tratamiento farmacéutico y se reutilizaron diferentes fármacos como antibióticos y antivirales [1]. La dexametasona, azitromicina e ivermectina fueron aprobados por la FDA para casos de emergencia. El cuerpo humano puede metabolizar del 60 al 70% de los compuestos farmacéuticos activos y el resto son excretados a través de la orina y heces [2]. Como consecuencia del uso sin precedente de estos fármacos, han sido detectados en el medio ambiente, ocasionando daños a la vida acuática y a la salud humana. Los procesos de oxidación avanzada se basan en la generación in situ de radicales hidroxilo que tienen la capacidad de degradar la materia orgánica [3].

### 2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el tratamiento de sono-fotoFenton se utilizó un reactor que opera en modo continuo donde se acopló una lámpara de UV a un baño de ultrasonido y zeolita clinoptilolita modificada con hierro. Las variables que se analizaron fueron tiempo de retención hidráulico, concentración inicial y dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> mediante un diseño de experimentos

### 3. RESULTADOS

Los resultados muestran que la remoción de dexametasona depende significativamente de la dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, bajas concentraciones conducen a una baja eficiencia. La producción de HO<sup>•</sup> depende de la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, de la temperatura y presión alcanzada en el medio. La ventaja de este sistema es la baja cantidad requerida de Fe. La eficiencia de

remoción más alta fue alcanzada a tiempo de retención de 90 min. Los resultados indican que a mayor tiempo de retención hidráulica, mayor porcentaje de remoción, tal es el caso de los experimentos corridos a 90-140 min, en donde se alcanzó la máxima eficiencia independientemente de la concentración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

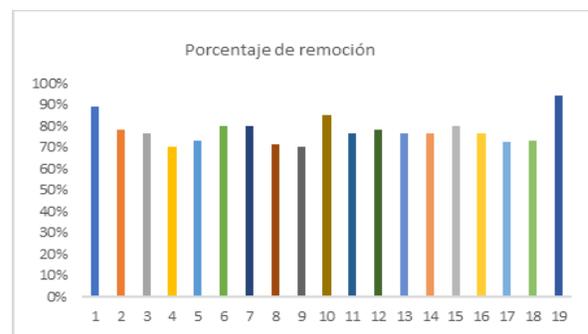


Figura 1. Remoción de dexametasona en el proceso sono-fotoFenton .

### 4. CONCLUSIONES

La remoción de dexametasona fue llevada a cabo de forma exitosa bajo el proceso de Sono-fotoFenton, en donde la dosis de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> es la variable de mayor influencia. El uso del software, permite optimizar el número de experimentos, acortar el tiempo de análisis y reducir los costos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] U. Muhammad, M. Farooq, and K. Hanna. *Science of the Total Environment*, **745**, 141 (2020).
- [2] A. Moratalla, S. Cotillas, E. Lacasa, P. Cañizares, M.A Rodrigo, and C. Sáez. *Molecules*, **26**, 22 (2021).
- [3] E. Mousset, H. Wei, S. Wei, L. Shien, J Léa and O.Lefebvre. *Water research*, **200** (2021).

# Análisis de la permeación de flúor de agua de uso y consumo humano a través de membranas de intercambio iónico

## Presentación Oral

D. Tirado Torres, L. P. Muñoz Luna, E. Delgadillo Ruiz, J. C. Baltazar Vera, L. G. Alvarado Montalvo, G. E. Cea Barcia, N. Ramirez Ramirez, L.A. Arias Hernández, G Vazquez Rodríguez\*  
División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Av. Juárez 77 CP.  
36000 Guanajuato, Guanajuato, México.

E-mail: [vazquez.g@ugto.mx](mailto:vazquez.g@ugto.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre las técnicas recientemente utilizadas en el tratamiento de efluentes y residuos se encuentran las asistidas por membranas de intercambio iónico. El principio está basado en separar dos fases por una barrera permeable y/o semipermeable. Una de las fases es impulsada mediante una fuerza que promueve el paso de las especies de una de las fases, a la otra a través de la barrera [1]. En el centro y norte de México existe una asociación mineralógica relacionada a los yacimientos. Históricamente se han registrado concentraciones totales de flúor en agua de pozo mismas que superan la NOM-127-SSA1-2021 [2]. La eliminación de ciertas especies químicas presentes en el agua, se puede llevar a cabo por un proceso de electrodiálisis. El presente trabajo persigue analizar la permeación de flúor a través de membranas de intercambio aniónico y papel celofán, analizando muestras de agua proveniente de los pozos de consumo humano en el estado de Guanajuato.

## 2. METODOLOGÍA

El agua subterránea fue obtenida de un pozo del municipio de Guanajuato, en la localidad de San José del Rodeo. El montaje experimental para el análisis cronopotenciométrico y curvas de polarización se basó en el reportado por Marder, et.al. La determinación del número de transporte de Flúor se obtiene de la pendiente de la curva y la ecuación de Sand [3].

## 3. RESULTADOS

Para el caso de agua de pozo en la membrana de intercambio aniónico y papel celofán, se puede observar una mayor saturación de precipitados de fases mineralógicas característico en agua cruda preferentemente en el lado catódico. Este comportamiento sugiere la disociación generada por un pH ácido cerca del ánodo y alcalino cerca del cátodo. Debido a la mayor movilidad del ión  $H^+$  sobre el ión  $OH^-$ , el frente ácido viaja con mayor velocidad

y por lo tanto el flujo electroosmótico se dirige preferencialmente hacia el cátodo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Numero de transporte de flúor en agua sintética y agua de pozo.  $\delta$  desviación estándar.

Muestra	$I_{lim}/mV$	$tF^-$
Membrana de intercambio aniónico		
Agua sintética	$1.6\pm 0.3$	$0.9\pm 0.05$
Agua de pozo	$6.9\pm 0.5$	$0.78\pm 0.1$
Papel celofán		
Agua sintética	$2.3\pm 0.5$	$0.7\pm 0.3$
Agua de pozo	$11.9\pm 0.5$	$0.52\pm 0.55$

## 4. CONCLUSIONES

El agua de pozo presenta un patrón de electromigración de especies en el lado catódico de la celda de electroremediación y con ello la generación de precipitados que merman la calidad de conducción a través de la membrana. En el caso de papel celofán comercial, se observa el transporte de flúor en agua sintética. Cuando se analiza agua de pozo en esta membrana el número de transporte disminuye, sin embargo este resultado refleja una mezcla de especies relacionadas a las especies mineralógicas.

## 5. REFERENCIAS

- [1] T. Xu, *J. Membr. Sci.*, **263**, 1 (2005).
- [2] NOM-127-SSA1-2021.
- [3] L. Marder, E. M. Ortega-Navarro., V. Perez Herranz, *J. Membr. Sci.*, **284**, 267 (2006).

# Efecto del electrolito soporte en una electro-oxidación y electro-oxidación solar de carbamazepina comercial

## Presentación Oral

E. A. Hernández Rodríguez<sup>1\*</sup>, L. A. Castillo Suárez<sup>2</sup>, E. A. Teutli Sequeira<sup>3</sup>, V. Martínez Miranda<sup>2</sup>, G. Vázquez Mejía<sup>2</sup>, F. Santoyo Tepole<sup>4</sup>, A. Benavides<sup>5</sup>, I. Linares Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. Querétaro, Qro..

<sup>2</sup>Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, UAEMéx. Toluca, Edo. de Méx.

<sup>3</sup>Cátedras CONACYT-IITCA.

<sup>4</sup>Escuela Nacional De Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad De México.

<sup>5</sup>Departamento de Administración Pública, Universidad del Norte de Texas, Estados Unidos.

E-mail: [erodriguez@cideteq.mx](mailto:erodriguez@cideteq.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La carbamazepina (CBZ) es un anticonvulsivo de uso frecuente en el tratamiento de la epilepsia y el trastorno bipolar [1]. Debido a su uso a gran escala y resistencia al tratamiento convencional del agua, la CBZ ha sido detectada en entornos acuáticos, incluida el agua potable [2]. Los métodos electroquímicos, como la electro-oxidación (EO) y electro-oxidación solar (EOS), representan una opción viable para el tratamiento de este tipo de compuestos, ya que se dan una serie de reacciones Redox, que se encargan de generar el  $\bullet\text{OH}$  [3], y al complementar con el uso de electrolitos soportes como el NaCl y CaCl<sub>2</sub> estos procesos se ven favorecidos tanto como con la incidencia de radiación UV [4].

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizó un reactor de borosilicato de vidrio con un ánodo de BDD y cátodo de Fe, que fueron colocados en paralelo. Se trató una solución acuosa de CBZ comercial a diferentes concentraciones con procesos de EO y EOS, para este último se diseñó un concentrador parabólico cilíndrico (CPC). A las muestras se les realizaron análisis de HPLC, UV-Vis, IR, N-NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> y pruebas de toxicidad.

## 3. RESULTADOS

La efectividad de la oxidación de CBZ fue mejor con NaCl como electrolito de soporte (99.77%) que con CaCl<sub>2</sub> (58.70%), a [CBZ]<sub>0</sub> de 5.5 mg/L y 0.39 A (1.69 mA/cm<sup>2</sup>). Fenómeno que se adjudica al hecho de que al usar CaCl<sub>2</sub>, este medicamento puede formar complejos solubles con Fe y Ca. Con la protección del grupo amida, la oxidación de CBZ ocurre principalmente a través de la materia orgánica. Por otro

lado, con NaCl, la oxidación se lleva a cabo por la descomposición del grupo amida, lo que provoca un aumento en la producción de NO<sub>3</sub>.

Por otro lado, en presencia de luz solar la efectividad del proceso aumentó del 77.25% al 90.77%, lo que indica que la radiación UV causa una tasa de descomposición inicial más rápida de CBZ, así como un costo energético bajo (\$3.59/m<sup>3</sup>).

## 4. CONCLUSIONES

Se pudo observar que la EO y EOS son procesos efectivos para la degradación de una presentación comercial de CBZ. En donde las más altas eficiencias de eliminación fueron principalmente resultado de la oxidación indirecta.

## 5. REFERENCIAS

- [1] F. Ali, J. Ali, N. S. Shah, M. Sayed, & H. M. Khan, *Process Safety and Environmental Protection*, **117**,307 (2018).
- [2] A. Bahlmann, W. Brack, R. J. Schneider, & M. Krauss, *Water Research*, **57**, 104 (2014).
- [3] E. Brillas & I. Sirés, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, **70**, 112 (2015).
- [4] S. W. da Silva, G. L. Bordignon, C.Viegas, M. A. S. Rodrigues, A. Arenzon, & A. M. Bernardes, *Chemosphere*, **119**, S101 (2015).

## Evaluación del proceso de electro adsorción y desorción de hierro en materiales de carbón para el proceso electro-Fenton

Presentación Oral

M. L. Salazar López<sup>1</sup>, L. S. Ramirez<sup>1</sup>, I. Robles<sup>1</sup>, L. A. Godínez<sup>2\*</sup>

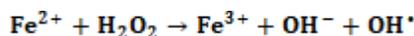
<sup>1</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro, s/n, Sanfandila, C.P. 76703, Pedro Escobedo, Qro.

<sup>2</sup> Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de Las Campanas SN, Querétaro, Querétaro 76010, México

E-mail: [luis.godinez@uaq.mx](mailto:luis.godinez@uaq.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El reactivo de Fenton consiste en una mezcla de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y Fe<sup>2+</sup> para producir el <sup>•</sup>OH, de acuerdo con [1,2]:



El Fe<sup>2+</sup> se oxida a Fe<sup>3+</sup> y es necesario regenerarlo para continuar produciendo el <sup>•</sup>OH. La electro-adsorción de Fe<sup>3+</sup> consiste en un proceso de adsorción inducido por la aplicación de corriente o potencial en la superficie del material y que al aplicar un potencial de reducción (electro-desorción) se regenera a Fe<sup>2+</sup> [3].

Los materiales de carbón (MC) se han utilizado para adsorber y electro-adsorber metales, aumentando la eficiencia de remoción en este último [4].

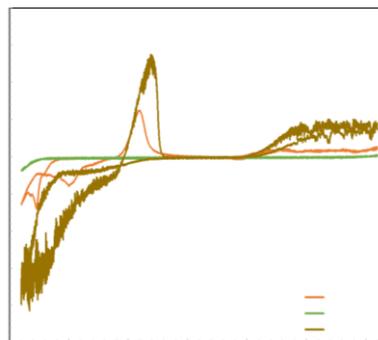
Este trabajo tiene como objetivo evaluar MC para la electro-adsorción, electro-desorción de Fe y su utilización en un sistema electro-Fenton.

### 2. METODOLOGÍA

Se identificó la RRO, la oxidación y reducción de Fe por medio de voltamperometría cíclica (VC) en MC (carbón vítreo (CV), carbón activado (CA), tela (TC), esponja (EC), Filtro (FC) de carbón). Se aplicaron 4 potenciales para evaluar la electro-adsorción y electro-desorción de Fe en los MC. Se cuantificó el Fe por medio de la técnica de Fenantrolina.

### 3. RESULTADOS

Se identificaron las zonas de predominio Fe<sup>3+</sup> y Fe<sup>2+</sup> en los diagramas de pourbaix a pH 3 y 7, por medio de VC se identificaron los potenciales donde ocurren reacciones de Fe. En la Figura 1 se presenta el CV donde, a -0.4 V vs Ag|AgCl muestra la oxidación y a -1.1 V vs Ag|AgCl la reducción del Fe.



**Figura 1.** Voltamperometría cíclica de CV (WE) en [0.01] de FeSO<sub>4</sub> y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> [0.05] a pH 3, RE: Ag|AgCl y CE: grafito, a 50 mV/s y T<sub>a</sub>.

En el CA no presentó señales correspondiente al Fe, en el FC y la EC las respuestas se sobreponen, mientras que en TC y CV las señales se encuentran en el mismo intervalo. Al aplicar los diferentes potenciales, se presentó una mayor electro-adsorción de Fe en la EC. La EC presentó una producción de 12 mM/g de material en 1 h, seguido por el FC.

### 4. CONCLUSIONES

Los MC que presentaron electro-adsorción de Fe fueron: EC y FC, de la misma manera, tienen mayor producción de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, por lo que son una alternativa viable para realizar el proceso electro-Fenton.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. Ramírez, L.A. Godínez, M. Méndez, Y. Meas, F.J. Rodríguez, *J. Appl. Electrochem.*, **40**, 1729 (2010).
- [2] R. Ameta, A. K. Chohadia, A. Jain, P.B. Punjabi, *Academic Press Elsevier*, 49 (2018).
- [3] K.Y. Foo, B.H. Hameed, *J. Hazard. Mater.*, **170**, 552 (2009).
- [4] A. Macías-García, M. Gómez Corzo, M. Alfaro Domínguez, M. A. Franco, J. Martínez Naharro, *J. Hazard. Mater.*, **328**, 46 (2017)

## Sistemas galvánicos hierro/grafito para la reducción de Cr(VI) presente en agua sintética y agua residual de galvanoplastia

Presentación Oral

H. Barranco, Y. Reyes Mercado, V. Lugo Lugo\*

División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Recursos de la Tierra, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, Av. de las Garzas No.10, Colonia el Panteón, Lerma de Villada, 52005 Lerma, Estado de México.

E-mail: [violelugol@gmail.com](mailto:violelugol@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Una importante variedad de industrias producen aguas residuales contaminadas con metales pesados, el cromo, es uno de los más tóxicos, dado que, en su estado hexavalente es corrosivo, altamente cancerígeno y penetra fácilmente las membranas celulares. Para el tratamiento de este contaminante se han utilizado sistemas electroquímicos de reducción eficientes, los cuales producen agentes reductores in situ y alcanzan una eficiencia de remoción mayor al 90%. Los sistemas galvánicos son sistemas electroquímicos emergentes sustentables ya que no necesitan energía externa para su funcionamiento [1]

### 2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo en 4 etapas; a) acondicionamiento de ánodos de hierro y cátodos de carbono (grafito), b) construcción de celda galvánica Fe/C (1 L, relación Fe/C 1:3.5), c) obtención de cinéticas de reducción de Cr(VI) ( $C_0 = 5$  mg/L, pH=2, y 400 rpm) y d) análisis de modelos cinéticos.

### 3. RESULTADOS

Durante el proceso de reducción del cromo hexavalente presente en agua sintética utilizando sistemas galvánicos de reducción Fe/G (hierro/grafito), se obtuvo un porcentaje de reducción de cromo (VI) del 93.6% en 40 minutos de tratamiento (Figura 1a). Por otra parte al tratar cromo hexavalente presente en agua real obtenida de tinas de enjuague de galvanoplastia con el mismo sistema, se observó una disminución más rápida de la concentración inicial, logrando un porcentaje de reducción de Cromo (VI) del 94.8 % a los 20 minutos de tratamiento (Figura 1b). El modelo cinético de primer orden presentó los mayores coeficientes de correlación lineal (0.99) en ambos casos.

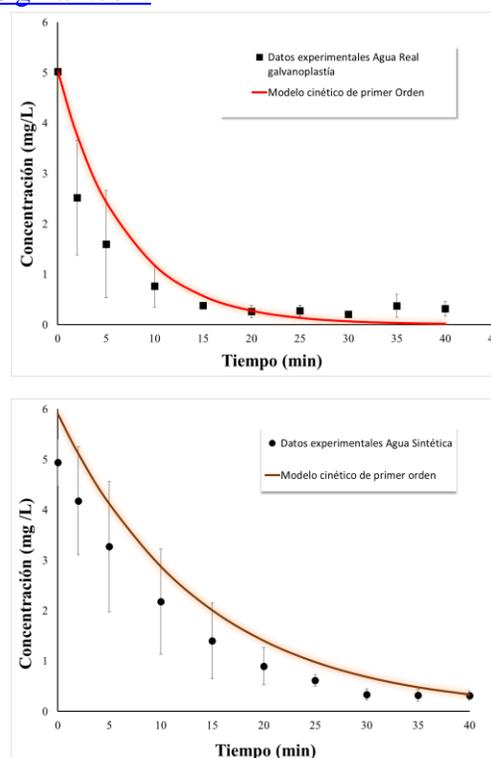


Figura 1. Reducción de Cr(VI) utilizando agua sintética y agua residual real de galvanoplastia.

### 4. CONCLUSIONES

El sistema galvánico (Fe/C) es eficiente para reducir Cr(VI) en más del 93% y la velocidad de reducción es mayor en sistemas con agua real, probablemente debido a la mayor concentración de cloruros que actúan como electrolito soporte.

### 5. REFERENCIAS

[1] V. Lugo-Lugo, L. A. Bernal-Martínez, F., Ureña-Núñez, I. Linares-Hernández, P. T. Almazán-Sánchez, & P. de JB. Vázquez-Santillán. *Fuel*, **138**, 203 (2014).

## Proceso galvánico de oxidación avanzada (G-POA) tipo Fenton para la degradación de paracetamol

Presentación Oral

V. Lugo Lugo<sup>1\*</sup>, H. García Arrellano<sup>1</sup>, S. Y. Gutiérrez Peña<sup>1</sup> y L.A. Bernal Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Recursos de la Tierra, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, Av. de las Garzas No.10, Colonia el Panteón, Lerma de Villada, 52005 Lerma, Estado de México.

<sup>2</sup>División de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Carr. Toluca-Atacomulco Km 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, 50700 Jocotitlán, Estado de México

E-mail: [violelugo@gmail.com](mailto:violelugo@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

En la época actual la contaminación del agua ha evolucionado y los sistemas de tratamiento de aguas residuales y potabilización resultan insuficientes, sobre todo si se enfrentan a contaminantes persistentes, recalcitrantes y emergentes e incluso virus. Por ejemplo, la presencia de fármacos como el paracetamol es cada vez más común en agua residual e incluso potable. Es así como en esta investigación se estudió la degradación de paracetamol utilizando un Proceso galvánico de oxidación avanzada (G-POA) llamado *Galvano-Fenton (Fe/C)*, el cual no utiliza energía eléctrica ni costosos electrodos para generar especies oxidantes, por lo cual es considerado sustentable [1].

### 2. METODOLOGÍA

Se divide en 4 etapas; a) acondicionamiento de ánodos de hierro y cátodos de grafito, b) construcción de celda galvánica Fe/C (1 L, relación Fe/C 1:2), c) obtención de cinéticas de oxidación por HPLC ( $C_0 = 20-120$  mg/L, pH=2.8-4.5, adición de  $H_2O_2$  y 400 rpm) y d) análisis de modelos cinéticos de primer y segundo orden.

### 3. RESULTADOS

Para determinar la capacidad de oxidación del par galvánico propuesto Fe/C, se realizaron cinéticas de oxidación a pH y concentraciones iniciales de paracetamol de 2.8 y 20-120 mg/L (Figura 1) encontrando que el tiempo de oxidación es directamente proporcional al aumento de la concentración inicial del fármaco, necesitando 1 min para remover el 98.7 % de paracetamol cuando la concentración es baja (20 mg/L) y hasta 120 min para oxidar el 90 % de una concentración de 120 mg/L.

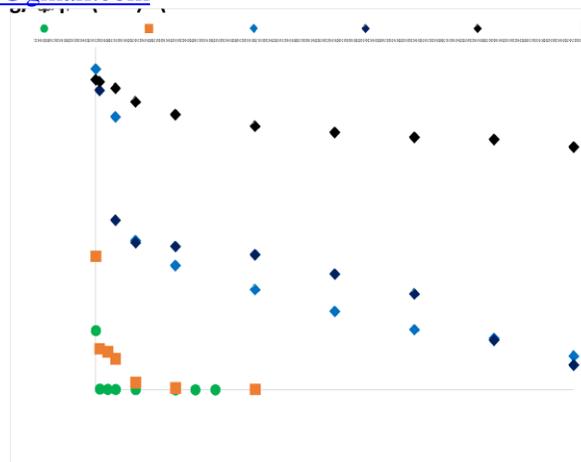


Figura 1. Cinéticas de degradación de paracetamol

Posteriormente se determinó el efecto del pH en el tiempo de oxidación, observando que a pH de 3.5 se logra el 90% de oxidación. Con el ajuste a modelos cinéticos de segundo orden ( $R > 0.92$ ) se obtuvieron constantes de velocidad del orden de 0.39-0.004 (L/mg s). Por medio de HPLC se observaron una gran cantidad de subproductos de degradación.

### 4. CONCLUSIONES

El sistema Galvano-Fenton (Fe/C) es eficiente para degradar paracetamol con la ventaja de que no produce subproductos metálicos tóxicos, sin embargo, en la mayoría de los sistemas electroquímicos no se logra la mineralización completa.

### 5. REFERENCIAS

[1] L. A. Castillo-Suárez, V. Lugo-Lugo, I. Linares-Hernández, V. Martínez-Miranda, M. Esparza-Soto, y M. L. Á. Mier-Quiroga, *Solar Energy*, **188**, 989 (2019).

## Optimización y modelado de la remoción del color presente en aguas residuales de la industria de las carnes frías mediante electrocoagulación

Presentación Oral

J. P. Morales Rivera<sup>1\*</sup>, J. del Real Olvera<sup>2</sup>, V. Zuñiga Grajeda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería e Innovación Tecnológica, Universidad de Guadalajara, Campus Tonalá, Jalisco, México.

<sup>2</sup> Tecnología ambiental, centro de investigación y asistencia en tecnología y diseño del estado de Jalisco.

E-mail: [juan.morales9853@academicos.udg.mx](mailto:juan.morales9853@academicos.udg.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

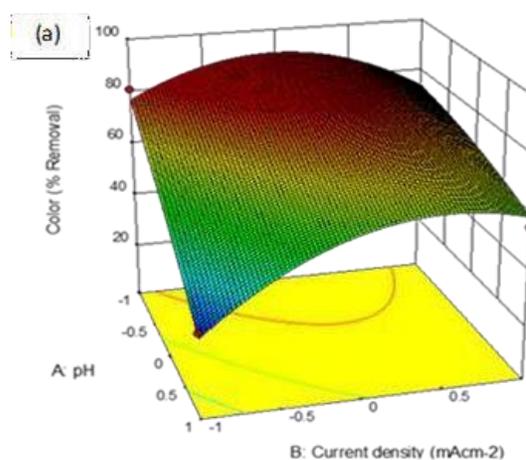
Las aguas residuales que provienen de las carnes frías, son aguas residuales que contienen valores considerables de contaminantes como color 8043 u. pt-co entre otros [1]. La Electrocoagulación es una técnica empleada para tratar esta clase de aguas residuales por su simplicidad operativa y menos demanda de espacio [2]. La metodología de superficie de respuesta es un sistema estadístico que permite modelar y optimizar diversas matrices estadísticas [3].

### 2. METODOLOGÍA

Se propuso una matriz experimental de tres parámetros y tres niveles para cada uno (pH de 5, 7 y 9, densidad de corriente de 2, 4 y 6 mAcm<sup>-2</sup> y tiempo de residencia de 20, 40 y 60 minutos), para un total de 17 experimentos aplicados a un modelo de tipo caja behnken, dentro de simulación empleando el software Design-Expert Software 10.0.1 (STAT-EASE Inc., Minneapolis, MN, USA).

### 3. RESULTADOS

Una vez simulada la matriz experimental para la remoción del color por electrocoagulación se definió un ANOVA para determinar los parámetros más preponderantes dentro del proceso en este caso fueron el pH y la densidad de corriente al arrojar valores p menores a <0.0001. Por otro lado también se diseñaron gráficos de superficie de respuesta en 3D que permiten apreciar de forma más precisa el efecto de los diversos parámetros en la remoción del color de las aguas industriales de las carnes frías como se muestra a continuación.



Finalmente se logró obtener una optimización numérica que nos arrojó los mejores parámetros operativos para el proceso de remoción.

### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se logró demostrar que la electrocoagulación se puede aplicar en aguas residuales orgánicas con características similares a las encontradas a las que tienen las carnes frías para remover el color y se demostró la practicidad de modelar una serie de datos para facilitar la proyección de las mejores condiciones operativas que en este caso fueron pH de 6.2 densidad de corriente 4.1 mAcm<sup>-2</sup> y tiempo de tratamiento 49.11 minutos logrando una remoción del 93.56%.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. P. Morales Rivera, *Processes*, **8**, 1139 (2020).
- [2] A. K. Zanki, *Conference Series: Materials Science and Engineering*, **888**, 012033 (2020).
- [3] J. N. Hakizimana, *Desalination*, **404**, 1 (2017).

# Propuesta de diseño de un método químico para el tratamiento de la merma en la industria de bebidas carbonatadas

## Presentación Oral

A. Rodríguez Lehovéc\*, Y. Córdova Bautista, L. L. Díaz Flores, J. A. Gómora Jiménez

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

E-mail: [lehovec12@hotmail.com](mailto:lehovec12@hotmail.com)

| 190

## 1. INTRODUCCIÓN

Según datos de las Naciones Unidas [1], el 80 % de las aguas residuales se reincorporan a la naturaleza en todo el mundo sin ser tratadas. Además, se ha reportado [2], que las producciones de aguas residuales en todo el mundo es de 359.4 mil millones de metros cúbicos por año de los cuales el 63 % se recolecta y el 52 % es tratado. Recientemente, existe una creciente demanda de nuevas tecnologías de tratamiento de agua a medida que se contaminan las fuentes de agua dulce [3]. Una alternativa para los tratamientos de agua son los procesos electroquímicos como la electrocoagulación (EC) y electro-oxidación (EO) [4].

El propósito de este trabajo es presentar una alternativa de diseño para el tratamiento de la merma utilizando técnicas: electroquímicas (EC y EO), y convencionales (coagulación química y adsorción química) con la intención de disminuir la Demanda Química de Oxígeno (DQO en mg/L) de la merma de una industria de bebidas carbonatadas.

## 2. METODOLOGÍA

Este trabajo se realizó mediante una metodología de cinco etapas: 1) Muestreo en sitio, 2) Determinar las variables de diseño, 3) Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la merma 4) Tratamiento de la merma, 5) Evaluar las propiedades fisicoquímicas de la merma tratada y 6) análisis estadístico para la optimización de los factores que maximizan la eliminación de la DQO.

## 3. RESULTADOS

Se estableció un proceso de EC, el mejor tratamiento indica que la remoción en DQO está en un rango de 43-47 %, nitrógeno total 21.95 % y los sólidos suspendidos totales (TSS) 26.36 %.

Se determinó un proceso para la electro-oxidación. Los resultados indican que la remoción en DQO está en el rango de 31.22-39.32 %, mientras que el nitrógeno total y TSS en 26.98 % y 22.37 %.

Los resultados de remoción con la coagulación química demuestran que la DQO fue 33.23 %, nitrógeno total

39.79 %, mientras que los TSS aumentaron.

Por otra parte, la experimentación de EC-Coagulante químico utilizando amargos de salmuera demuestra que la eficiencia en remoción en DQO fue 33.68 %, nitrógeno total 8.96 %, mientras que los TSS incrementaron significativamente.

Se realizaron pruebas de carbón activado después de un tratamiento de EC. Este proceso fue el que obtuvo los menores resultados de los tratamientos realizados. Finalmente, se trató la merma sin un previo tratamiento de EC usando carbón activado. La remoción está en un rango de 27.74 % a 63.69 % en DQO, esto dependerá de la composición orgánica e inorgánica de la merma.

## 4. CONCLUSIONES

Se puede decir que la aplicación de las técnicas EC y EO son útiles para la degradación de ciertos contaminantes. La coagulación química usando cal permite reducir color y olor. Los procedimientos con electrocoagulación con carbón activado y coagulantes presentan algunas ventajas con los procesos de EC y EO. Sin embargo, la adsorción reduce significativamente los parámetros fisicoquímicos

## 5. REFERENCIAS

- [1] United Nations, *Water Quality and Wastewater*, United Nations, (2018).
- [2] E. R. Jones, M. T. Van Vliet, M. Qadir y M. F. Bierkens, *Earth System Science Data*, **12**, 237 (2021).
- [3] M. Vepsäläinen y M. Sillanpää, *Advanced Water Treatment Electrochemical Methods*, Ed., Oxford: ELSEVIER, (2020).
- [4] Fraunhofer IGB, *Treatment and purification of process (waste)water*, Stuttgart, (2019).

# Remediación electrocinética de suelos aplicando líquidos iónicos como promotores de la migración

## Presentación Oral

A. R. Lara Hernández, N. V. Gallardo Rivas, U. Páramo García

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Prol. Bahía de Aldhair y Av. De las Bahías, Parque de la Pequeña y Mediana Industria, 89600, Altamira, Tamaulipas, México

E-mail: [angelarahdz7@gmail.com](mailto:angelarahdz7@gmail.com)

| 191

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la industria petrolera enfrenta una serie de problemáticas que van desde derrames de crudo en suelo hasta su proceso de recuperación del ecosistema [1]. La remediación electrocinética es una técnica novedosa y eficiente basada en la aplicación de un campo eléctrico para la remoción de contaminantes, empleando un par de electrodos hacia donde migran las especies [2]. Esta técnica puede ser mejorada con el uso de líquidos iónicos, moléculas orgánicas de doble polaridad que interactúan con los hidrocarburos [3]. En el presente trabajo se estudiaron los procesos de remediación electrocinética de suelos contaminados con hidrocarburo aplicando líquidos iónicos con base imidazol de cadena alquílica variada.

## 2. METODOLOGÍA

Se determinaron las propiedades fisicoquímicas del hidrocarburo: densidad, gravedad API, análisis S.A.R.A y composicional mediante la normatividad A.S.T.M correspondiente. El suelo fue contaminado con petróleo crudo (10%w) y se colocó en una celda de acrílico de 400 g. de capacidad. La remediación electrocinética se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones: 8V, 0 a 8 h. de tratamiento y líquidos iónicos con base imidazol con variación de cadena alquílica (C<sub>6</sub>, C<sub>12</sub>, C<sub>18</sub>). Se cuantificaron los componentes del petróleo en las diferentes secciones de la celda así como sus cambios de pH y diferencia de potencial.

## 3. RESULTADOS

Se analizaron los resultados de los espectros UV-vis y mediante la absorbancia máxima se cuantificaron los grupos característicos. En la Tabla 1 se muestra la concentración de cada componente del hidrocarburo. Se observa una mayor proporción de bencénicos en comparación con los nafténicos debido a la naturaleza del crudo.

**Tabla 1.** Concentración de fracciones de hidrocarburos en secciones de la celda.

C6IMI	Concentración (mg L <sup>-1</sup> )		
	Benc.	Naft.	Naft. Mono.
CAS	20.78	15.06	8.55
CAI	21.13	16.98	9.11
CES	32.44	23.40	16.91
CEI	33.21	24.52	17.68
ANS	87.33	49.38	32.18
ANI	87.57	50.17	32.73

Se observa que la sección anódica (ANS-ANI) presentó elevadas concentraciones de los componentes de hidrocarburo, esto asociado a la naturaleza del líquido iónico para promover la migración de las especies hacia el ánodo.

## 4. CONCLUSIONES

Tras el proceso de remediación electrocinética aplicando el líquido iónico C6IMI, los contaminantes orgánicos se desplazaron hacia la sección anódica por la naturaleza de la molécula y la formación de micelas de estabilidad termodinámica. Estos cuerpos son los responsables del transporte de las especies contaminantes hacia el punto anódico.

## 5. REFERENCIAS

- [1] G. I. Alba, M. C. Cuevas, E. Bustos, *Int. J. Electrochem. Sci*, **8**, 4735 (2013).
- [2] R. E. Saichek, K. R. Reddy, *Environ. Sci. Technol.*, **35**, 115 (2005).
- [3] Y. Li, L. Jiang, *J. of Environmental Chemical Engineering*, **9**, 105 (2021).

# Aplicación de nanoalambres de silicio decorados con nanopartículas de cobre en la descomposición fotoelectrocatalítica de naranja de metilo con luz visible

Presentación Oral

C. Hernández Rodríguez\*, A. X. Maldonado Pérez, J. J. Pérez Bueno

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C., Parque Tecnológico Querétaro S/N C.P. 76703, Sanfadila, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

E-mail: [jperez@cideteq.mx](mailto:jperez@cideteq.mx)

| 192

## 1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la población humana ha traído como consecuencia la contaminación de las aguas principalmente a través de las industrias, entre las que se encuentran la textil. Por ello es necesario su tratamiento y remediación para mantener un ambiente limpio [1]. Los fotocatalizadores se han utilizado en la degradación de contaminantes debido a su potencial para eliminar compuestos orgánicos del agua [2]. En este trabajo se utilizaron nanoalambres de silicio ( $\text{Si}_{\text{NWs}}$ ) y  $\text{Si}_{\text{NWs}}$  decorados con nanopartículas de cobre ( $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$ ) como fotocatalizadores para la remoción de naranja de metilo (NM) en presencia de luz visible. La imposición de una corriente durante varias horas permitió la degradación del NM, siguiendo la cinética mediante UV-Vis.

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizó un sistema de tres electrodos en una celda electrolítica, empleando como electrodos de trabajo  $\text{Si}_{\text{NWs}}$ ,  $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$  y silicio cristalino (c-Si). Se empleó NM a concentración de 20 ppm como molécula de prueba empleando  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.5 M como electrolito. Se impuso una corriente de 5 mA durante 25 min, recolectando muestra para su medición por UV-Vis. Este procedimiento se repitió hasta recolectar siete muestras. La fuente de luz para la fotoelectrocatalisis fue una lámpara LED de 328 W/m<sup>2</sup>.

## 3. RESULTADOS

La eficiencia de la remoción del NM obtenida varió en función del electrodo de trabajo y de las condiciones de luz. Como se aprecia en la Tabla 1, la remoción fue mayor en presencia de luz, siendo superior con los  $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$ . Esto podría explicarse con una mejor separación de cargas, lo cual podría haber producido mayores cantidades de especies reactivas de oxígeno, responsables de la oxidación del NM [3]. La cinética encontrada para cada caso se ajustó al modelo de pseudo-primer orden [4], encontrándose varias constantes de velocidad en cada

caso. Los hallazgos indican que la cinética fue más rápida en presencia de luz y con  $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$ .

**Tabla 1.** Porcentajes de remoción de NM con los diferentes fotocatalizadores estudiados.

Sustrato	Oscuridad	Luz
Control	1.48	0.0
c-Si	7.3	32.9
$\text{Si}_{\text{NWs}}$	71.83	75.85
$\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$	88.04	92.24

## 4. CONCLUSIONES

La remoción del NM fue posible realizarla con los fotoelectrocatalizadores propuestos de  $\text{Si}_{\text{NWs}}$  y  $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$ . Se obtuvo una mayor eficiencia de la remoción en presencia de luz y con los  $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$ . Además, la cinética de pseudo-primer orden encontrada fue mayor también con los  $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$  bajo la irradiación de luz visible.

## 5. REFERENCIAS

- [1] C. Jayakrishnan, et al., *J Mater Sci Mater Electron*, **33**, 9732 (2022).
- [2] M. A. Qamar, M. Javed, S. Shahid, M. Sher, *Mater Res Bull*, **147**, 111630 (2022).
- [3] W. He, Y. Liu, G. Wang., *J Mater Sci Mater Electron*, **29**, 14065 (2018).
- [4] C. Fu, et al., *J Alloys Compd*, **692**, 727 (2017).

# Sensores electroquímicos elaborados con nanotubos de carbono multipared y porfirinas para la detección de metales (Al, As y Cr) en agua

## Presentación Oral

M. M. Tostado Plascencia\*, A. Rodríguez Arreola, M.A. Carreón Álvarez, R. Castañeda Valderrama, P.I. López Picazo, M. Sanchez Tizapa

Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, Centro Universitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, Ameca, Jalisco México, C.P. 46600.

E-mail: [miriam.tostado@academicos.udg.mx](mailto:miriam.tostado@academicos.udg.mx)

193

## 1. INTRODUCCIÓN

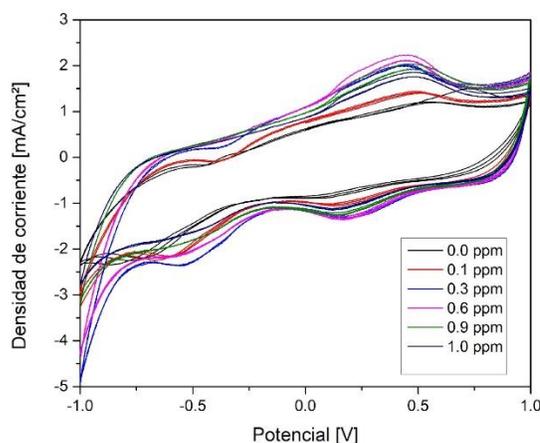
En el presente trabajo se describe la elaboración de sensores electroquímicos con base en nanocompuestos híbridos sintetizados con nanotubos de carbono multipared y porfirinas, y su posterior puesta a prueba en la detección de metales como el aluminio, arsénico y cromo.

## 2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron los compuestos a utilizar siguiendo la metodología descrita en [1] y [2]. Los electrodos se elaboraron mezclando polvo de nanotubos de carbono con porfirinas de origen comercial y natural con polímeros, la pasta resultante se depositó en un vidrio conductor (FTO) de 1 cm<sup>2</sup>, posteriormente, los electrodos se hornearon a 300 °C por una hora en aire [3]. Para la realización de las pruebas de detección de metales se utilizó la técnica de voltamperometría cíclica utilizando un equipo Voltalab PGZ100, utilizando un electrodo de referencia Ag|AgCl, una malla de platino como electrodo auxiliar y como electrolito soporte se utilizaron ácidos en función del metal a valorar, añadiendo al electrolito alícuotas de solución de cada metal para medir los cambios en la respuesta electroquímica.

## 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran resultados de voltamperometría de nanotubos funcionalizados con protoporfirina IX en una solución de arsénico (III). Se observan picos de oxidación y reducción que dependen de la concentración del metal, en especial el pico de oxidación a 0.5 V presenta mayor resolución. Con las pruebas realizadas se pudo determinar que los electrodos sintetizados con base en nanotubos de carbono con porfirinas, pueden ser utilizados para la detección de los metales propuestos.



**Figura 1.** Voltamperograma del material CNT funcionalizados+Protoporfirina IX en solución de arsénico (III).

## 4. CONCLUSIONES

Los sensores elaborados con base en nanotubos de carbono y porfirinas sintéticas son los que presentaron mejores resultados y mejor resolución en la detección de metales pesados.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M.M. Tostado-Plascencia, et al, *Diam. Relat. Mater.*, **70**, 65 (2016).
- [2] M.M. Tostado-Plascencia et al., *Diam. Relat. Mater.*, **89**, 151 (2018).
- [3] M. Sanchez et al, *The Journal of Physical Chemistry C*, **113**, 21635 (2009).

# Mejora de la calidad del agua con tratamiento de electrocoagulación y membrana

## Presentación Oral

M. Victoria Montiel, R. M. Gomez Espinosa, G. Roa Morales\*

Centro de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Facultad de Química UAEM.  
Carretera Toluca-Atlaconulco, km 14.5, C.P. 50200, San Cayetano, Toluca, Estado de México.

E-mail: [mvictoriam001@alumno.uaemex.mx](mailto:mvictoriam001@alumno.uaemex.mx); [rmgomez@uaemex.mx](mailto:rmgomez@uaemex.mx); [groom@uaemex.mx](mailto:groom@uaemex.mx)

194

## 1. INTRODUCCIÓN

El río conocido como Fábrica María que encuentra ubicado en la comunidad de Fabrica María en el municipio de Oztolotepec, Estado de México contempla a su paso los escurrideros de manantiales y ojos de agua, recurso que es aprovechado por los pobladores aledaños, para agua de riego, recreativo y para el desarrollo de actividades económicas como lo es la piscicultura y turismo. Con el objetivo de mejorar la calidad del agua del recurso hídrico, se aplica tratamiento electroquímico combinándolo con tratamiento de membranas funcionalizadas con ácido acrílico.

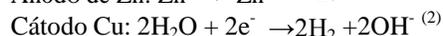
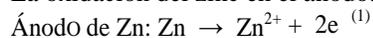
## 2. METODOLOGÍA

Se construyó un reactor "Batch" de 1L de capacidad, teniendo en cuenta las condiciones óptimas de operación descritas en Hakizimana et al 2017 [1]. Consiste en un par de electrodos de Cu y de Zn de una dimensión de 10 cm de largo y 2.5 cm de ancho, dispuestos en paralelo. Los electrodos son conectados a una fuente de alimentación que suministra una densidad de corriente de 0.04A/cm<sup>2</sup> durante 8 minutos tomando muestras cada 4 min. Posteriormente se realiza un tratamiento por contacto con membrana funcionalizada con ácido acrílico, con el fin de eliminar cualquier residuo de metal y/o contaminantes que aún persistan [2]. Se analizaron muestras antes y después del tratamiento con Carbono Orgánico Total (TOC), turbidez, conductividad y pH.

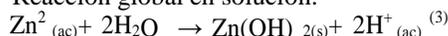
## 3. RESULTADOS

Durante el tratamiento de electroquímico las reacciones que suceden son las que se muestran a continuación

La oxidación del zinc en el ánodo:



Reacción global en solución:



Los resultados preliminares en una primera etapa la electrocoagulación y en una segunda el tratamiento con membranas funcionalizadas con ácido acrílico, muestra una reducción del Carbono Orgánico Total (COT), conductividad y turbidez, del 59%, 10%, 99% respectivamente y el pH disminuye un 0.38.

**Tabla 1.** Resultados del tratamiento de electrocoagulación por tiempo y el tratamiento combinado Electrocoagulación&Membrana.

MUESTRA	COT (mg/L)	pH	Conductividad (μS/cm)	Turbidez (FAU)
Inicial	5.506	7.59	1.275	215
Minuto 4	2.788	8.37	1.285	33
Minuto 8	2.245	8.78	1.354	3
Combinado	2.236	7.21	1.145	1

## 4. CONCLUSIONES

El método de tratamiento de electrocoagulación ha tenido excelentes resultados en cortos periodos de tiempo como se puede visualizar en la Tabla 1, al acoplar los dos tratamientos nos dan resultados preliminares prometedores.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. J. García-García, R. M. Gómez-Espinosa, R. N. Rangel, R. R. Romero, and G. R. Morales. *Environmental Science and Pollution Research*, 1(2021).
- [2] J. N. Hakizimana, B. Gourich, M. Chafi, Y. Stiriba, C. Vial, P. Drogui, & J. Naja. *Desalination*, **404**, 1 (2017).

## Variación en la producción de ácidos orgánicos en medio ruminal mediante control potencioestático de electrodos metálicos

### Presentación Oral

B. Cercado<sup>1</sup>, R. López Hernández<sup>2</sup>, A. Shimada Miyasaka<sup>2</sup>, Y. Meas Vong<sup>1</sup>, J. Cassanova Moreno<sup>1</sup>, O. Mora Izaguirre<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C.

<sup>2</sup>Laboratorio de Rumiología y Metabolismo Nutricional, FESC, UNAM

E-mail: [bcercado@cideteq.mx](mailto:bcercado@cideteq.mx)

195

### 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías bioelectroquímicas microbianas incluyen aquellas dependientes del campo eléctrico creado entre electrodos metálicos inmersos en una suspensión de microorganismos [1]. En dichos sistemas, los productos de interés son los metabolitos producidos por la suspensión microbiana; tales metabolitos pueden tener un valor comercial, representar un producto energético, o bien, ser la materia prima para otro (bio)proceso. La producción de metabolitos entonces puede ser controlada por el potencial aplicado a los electrodos; este proceso bioelectroquímico ha sido aplicado en fermentaciones convencionales para la producción de etanol, ácidos orgánicos y biogás [2]. Su aplicación también se ha extrapolado recientemente al rumen de bovinos para mejorar su nutrición [3]. El presente trabajo extiende la aplicación para alimentación animal en un sistema bioelectroquímico bajo control potencioestático.

### 2. METODOLOGÍA

El medio ruminal se obtuvo de un bovino canulado alimentado en pastoreo. Las celdas electroquímicas tuvieron un volumen de 100 mL y fueron instaladas con un electrodo de trabajo en malla de níquel, contraelectrodo en malla de platino y como referencia un electrodo de Ag/AgCl. El sistema se monitoreó vía potencial de circuito abierto, así como por cronoamperometría empleando 4 valores de potencial (-0.325 V, -0.2 V, 0.2 V, 0.325 V). Los productos de la celda fueron analizados mediante valores de pH, conductividad, y la proporción de ácidos grasos volátiles: acético, propiónico y butírico empleando cromatografía de gases.

### 3. RESULTADOS

La producción promedio de ácidos grasos volátiles en bovinos depende de la alimentación, para forraje al 100 % se reporta hasta 80 mM acetato, 20 mM propionato y 12 mM butirato. Las concentraciones anteriores

fueron inferiores a las obtenidas bajo estimulación electroquímica del medio ruminal (Tabla 1).

**Tabla 1.** Producción de ácidos grasos volátiles en líquido ruminal bajo control potencioestático.

Tratamiento	Acético (mM)	Propiónico (mM)	Butírico (mM)
0.200 V, 48 h	101.9 ± 4.9	31.3 ± 1.7	32.9 ± 1.4
-0.325 V, 24 h	87.7 ± 4.9	28.3 ± 1.7	20.1 ± 1.4
-0.325 V, 48 h	88.6 ± 4.9	29.6 ± 1.7	22.5 ± 1.4

### 4. CONCLUSIONES

La producción de ácidos orgánicos en un sistema ruminal bajo control potencioestático fue superior a la reportada para bovinos en un proceso natural, lo cual representa una estrategia electroquímica eficaz para uso en alimentación animal.

### 5. REFERENCIAS

- [1] U. Schroder, F. Harnisch, L. T. Angenent, *Energy and Environmental Science*, **8(2)**, 513 (2015).
- [2] K. Chandrasekhar, K. Amulya, S.V. Mohan, *Waste management*, **45**, 57 (2015).
- [3] M. Aguilar-Gonzalez, G. Buitron, A. Shimada, J. Ayala-Sumuano, L. Gonzalez-Davalos, A. Echavarria, O. Mora, *Journal of Animal Physiology & Animal Nutrition*, **1** (2022)

# Factibilidad técnica para la producción de corriente a partir de orina humana en muestras con diferentes concentraciones de glucosa y proteína

## Presentación Oral

B. Cercado<sup>1</sup>, N. Ramírez Quintero<sup>2</sup>, J. Casanova Moreno<sup>1</sup>, D. Elinos Calderón<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C.

<sup>2</sup>Universidad Abierta y a Distancia de México.

E-mail: [bcercado@cideteq.mx](mailto:bcercado@cideteq.mx)

196

## 1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías bioelectroquímicas microbianas se han dirigido mayoritariamente a la remoción de contaminantes en aguas residuales con la concomitante producción de energía en forma de electricidad o combustibles gaseosos. Entre los efluentes contaminantes se encuentra la orina humana la cual contiene microorganismos y elementos químicos favorables para la producción de electricidad. El concepto de uso de orina en celdas de combustible microbianas data del 2012 [1] y ha sido desarrollado hasta aplicación tecnológica en Inglaterra [2]. La composición de la orina humana es compleja y varía en función de diversos factores atribuidos al individuo como pueden ser edad, estado de salud, régimen alimenticio, entre otros. Debido a la variabilidad en la composición de orina, en este trabajo se analizaron muestras reales con diferentes concentraciones de glucosa y proteínas para determinar los límites de corriente que pueden alcanzarse en un sistema electroquímicamente controlado.

## 2. METODOLOGÍA

Muestras de orina en 4 diferentes lotes fueron obtenidas de un laboratorio de análisis clínicos; la caracterización en contenido de glucosa, proteína y pH fue proporcionada en un reporte. Adicionalmente, se midió la demanda química de oxígeno. Las muestras de orina se colocaron en celdas de tres electrodos con un volumen líquido de 100 mL, fieltro de carbón como electrodo de trabajo, malla de acero inoxidable como contraelectrodo y un electrodo de referencia de Ag/AgCl. La producción de corriente a partir de las muestras de orina se determinó via cronoamperometría y se analizó potencial de circuito abierto, voltametría cíclica y espectroscopía de impedancia electroquímica al inicio y al final de cada prueba. Observaciones por microscopía de luz transmitida se realizaron sobre algunas de las muestras para detección de microorganismos.

## 3. RESULTADOS

El potencial de circuito abierto varió hacia potenciales más negativos en un periodo de 72 h, señalando la posibilidad de obtener bioelectrodos en las muestras de orina. La densidad de corriente máxima alcanzada fue 1190.6 mA m<sup>-2</sup>, mientras que la mínima fue 162.5 mA m<sup>-2</sup> para concentraciones de glucosa de 2000 mg L<sup>-1</sup> en ambos casos. Respecto a la concentración de proteína, la muestra con 2000 mg L<sup>-1</sup> permitió una producción de 363.2 mA m<sup>-2</sup>, en tanto que la muestra con 30 mg L<sup>-1</sup> arrojó un valor de 658.8 mA m<sup>-2</sup>. Las observaciones al microscopio mostraron únicamente abundantes levaduras en las muestras de 250 g L<sup>-1</sup> de glucosa y en 30 g L<sup>-1</sup> de proteína, por lo que no se puede atribuir a dichos microorganismos la producción total de la corriente observada.

## 4. CONCLUSIONES

La producción de corriente en control potencioestático no presentó relación con las concentraciones de glucosa ni de proteína en las muestras de orina, lo cual sugiere que existen otros factores, principalmente relativos a la microflora de las muestras, que inciden en el desempeño del sistema bioelectroquímico.

## 5. REFERENCIAS

- [1] P. Kuntke, K.M. Smiech, H. Bruning, G. Zeeman, M. Saakes, T.H.J.A. Sleutels, H.V.M Hamelers, C.J.N Buisman, *Water Research*, **46**, 2627 (2012).
- [2] I.A. Ieropoulos, P. Ledezma, A. Stinchcombe, G. Papaharalabos, C. Melhuish, J. Greenman, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **37**, 15312 (2013).

# Estudio de la fotodegradación del rojo carmín a partir de un sistema de calentamiento-destilación solar modificado con una placa galvanizada

## Presentación Oral

E. C. Tarango Brito<sup>1</sup>, C. E. Barrera Díaz<sup>2\*</sup>, L. I. Ávila Córdoba<sup>3\*</sup>, P. Balderas Hernandez<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química

<sup>2</sup> Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM

<sup>3</sup> Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ingeniería

<sup>4</sup> Centro Conjunto de Química Sustentable UAEM-UNAM, Laboratorio de Química Ambiental

E-mail: [cari\\_tarango93@outlook.es](mailto:cari_tarango93@outlook.es)

## 1. INTRODUCCIÓN

Calidad de agua:

La presencia de colorantes como contaminantes frecuentes del agua es de particular importancia, se estima que su producción anual ronda las 700.000 toneladas [1]. Estos son fotosensibles y cuando se exponen a la luz se degradan [2]. Con el uso de ZnO como fotocatalizador se puede obtener una degradación cercana al 60% [3]. La destilación solar ha demostrado ser una opción para la obtención de agua ultrapura, y presenta ventajas, como la facilidad de fabricación, mínima necesidad de mano de obra y operación prácticamente libre de mantenimiento. Por lo tanto, en el presente estudio, se utilizó un sistema acoplado de calor solar-destilación-fotocatalizador de ZnO para tratar aguas residuales con colorante.

Tabla 1. Calidad de agua

H <sub>2</sub> O	pH	Cond. [mS/cm]	DQ O	Turb UNT	TS [mg/L]
Agua inicial	6.31	0.03	37	0	0.016
Agua rt	7.06	0.12	47	33	0.076
Agua D	6.60	0.03	0.98	5	0.012

## 2. METODOLOGÍA

1. Preparación del agua residual sintética, 2. Diseño y construcción del sistema acoplado, 3. Evaluación de temperatura y eficiencia, 4. Estudio de la fotodegradación del colorante con placa galvanizada con y sin tratamiento térmico. 5. Evaluación de la calidad del agua residual (Rt) y destilada (D) después del tratamiento.

## 4. CONCLUSIONES

En el sistema acoplado se obtuvo mejor eficiencia máxima de operación del 87.2% con un porcentaje del 93% de fotodegradación del colorante en 2h cuando se modifica mediante una placa galvanizada con tratamiento térmico. Mientras que, los parámetros de la calidad de agua cumplieron con las características establecidas en la normatividad mexicana.

## 3. RESULTADOS

Optimización de parámetros:

Los parámetros óptimos en el destilador para tener la máxima eficiencia de 87.2%, fueron: temperatura inicial (To) 14.0°C (al ingreso del calentador solar parabólico), volumen inicial (Vo) 250 mL y tiempo de residencia (tr) 5h.

Fotodegradación del colorante:

El sistema acoplado con una placa galvanizada con tratamiento térmico presentó una fotodegradación del 93%, mientras que con una placa sin tratamiento del 25.8%

## 5. REFERENCIAS

- [1] P. E. Zaruma Arias, J. B. Proal Nájera, I. Chaires Hernández, H. I. Salas Ayala, *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, **19**, 38 (2018).
- [2] F. Yonny, H. Fasoli, M. Giai, H. Álvarez, *Hig. Sanid. Ambient.*, **8**, 331 (2008).
- [3] Gallegos, M. V. Aparicio, F. Carlos L., Mártire, D. O. Peluso, M. A., Thomas, H. J. Sambeth, J. E., *Simposio Materiales y Tecnologías para la Industria Metalmeccánica y Aeroespacial*, S16, Córdoba Argentina (2016).

## Control del almacenamiento y obtención de carga eléctrica en una celda electroquímica microbiana en operación intermitente

Presentación Oral

E. Canché Dzib\*, B. Cercado

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C., Pedro Escobedo, Querétaro, México.

E-mail: [jcanche@cideteq.mx](mailto:jcanche@cideteq.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Bioelectroquímicos Microbianos son tecnologías recientes que apuestan a la diversificación de la generación de energía eléctrica y sus aplicaciones mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos. Sin embargo, la corriente generada en estos dispositivos se encuentra limitada por la electroactividad microbiana y otros parámetros de diseño y proceso, por lo que debe ser incrementada para lograr su aplicabilidad.

La operación intermitente de las celdas microbianas ha demostrado aumentar la corriente producida debido al almacenamiento de carga eléctrica durante la desconexión del dispositivo [1]; sin embargo, las investigaciones se han enfocado al desarrollo de materiales capacitivos y no al control del almacenamiento [2, 3]. Por lo anterior, este trabajo presenta el estudio del almacenamiento de carga en el bioánodo a través del control de los tiempos de desconexión (carga) y conexión (descarga) de la celda microbiana.

### 2. METODOLOGÍA

Se empleó un reactor electroquímico de 1 L con ánodo de fieltro de carbono y cátodo de malla de acero inoxidable. La mezcla de inóculo, electrolito y sustrato fue lixiviado de composta adicionado con 50 mM KCl y 10 mM CH<sub>3</sub>COONa, respectivamente.

Se cuantificó la corriente y carga eléctrica asociada a diferentes condiciones de tiempo carga en circuito abierto ( $t_c = 0.2\text{h}-2\text{h}$ ) y tiempo de descarga en circuito cerrado ( $t_D = 0.2\text{h}-2\text{h}$ ) en cronoamperometría a 0.05 V vs Ag/AgCl. Se realizaron siete ciclos por cada combinación de  $t_c-t_D$  y cada combinación se probó por triplicado.

### 3. RESULTADOS

Se compararon las diferentes combinaciones de  $t_c-t_D$  respecto a la carga eléctrica total de los siete ciclos, normalizada entre la duración de la descarga (tasa de

producción  $q$ ) para cuantificar la carga eléctrica debida al almacenamiento en la biopelícula.

Se registró una mayor producción de carga a 1.8 h-0.2 h seguido de 0.2 h-0.2 h. La menor producción fue con 2.0 h-2.0 h (Figura 1).

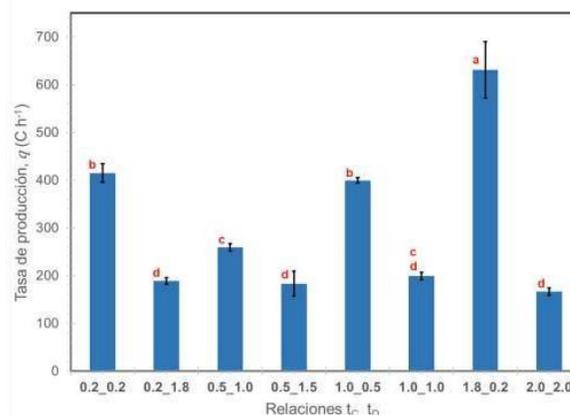


Figura 1. Carga eléctrica normalizada  $q = Q/t_D$  de las distintas combinaciones de  $t_c-t_D$ .

### 4. CONCLUSIONES

La producción de carga eléctrica puede incrementarse por el control de la operación intermitente. Mayor carga eléctrica almacenada se obtiene cuando el tiempo de carga es mayor al tiempo de descarga (1.8 h-0.2 h) o cuando son iguales pero con ciclos cortos (0.2 h-0.2 h).

### 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Wang, Y. Chen, Q. Wen, *Environmental Chemistry Letters*, **16**, 319 (2018).
- [2] H. Xu, J. Wu, L. Qi, Y. Chen, Q. Wen, T. Duan, Y. Wang, *Journal of Applied Electrochemistry*, **48**, 1285 (2018).
- [3] H. Xu, L. Wang, Q. Wen, Y. Chen, L. Qi, J. Huang, Z. Tang, *Bioelectrochemistry*, **129**, 144 (2019).

## Degradación de índigo carmín en un reactor galvánico heterogéneo: análisis de la velocidad de agitación por CFD

Presentación Oral

V. Lugo Lugo\*, J. R. Félix Félix\*

División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Recursos de la Tierra, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, Av. de las Garzas No.10, Colonia el Panteón, Lerma de Villada, 52005 Lerma, Estado de México.

E-mail: [v.lugo@correo.ler.uam.mx](mailto:v.lugo@correo.ler.uam.mx); [j.felix@correo.ler.uam.mx](mailto:j.felix@correo.ler.uam.mx).

### 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas Galvano-Fenton han sido utilizados para remover contaminantes orgánicos exitosamente, sin embargo, para poder ofrecer prototipos útiles, es necesario el análisis hidrodinámico de los reactores propuestos. La Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), es una herramienta que presenta ventajas para el pilotaje de reactores electroquímicos [2]. En este trabajo se presenta un análisis de la correlación entre la velocidad de degradación de colorante índigo carmín (IC) (obtenida en experimentos en Lote en un reactor Galvano-Fenton heterogéneo) y su comportamiento hidrodinámico mediante CFD bajo un esquema de agitación a diferentes velocidades.

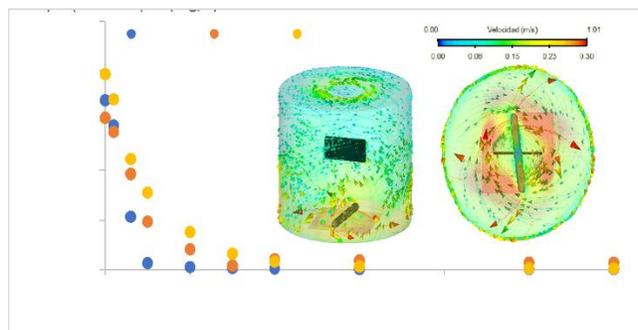
### 2. METODOLOGÍA

La metodología se estableció en tres etapas: i) montaje del reactor galvánico heterogéneo (ánodo de Fe sólido y cátodo heterogéneo de partículas de residuos grafiticos (RG), volumen 1 L, pH 2.8); ii) obtención de cinéticas de oxidación y análisis de las constantes de velocidad de oxidación de índigo carmín bajo diferentes velocidades de agitación (200-400 rpm); iii) evaluación del comportamiento hidrodinámico del reactor (vorticidad, velocidad y turbulencia del flujo), empleando CFD ante los cambios de velocidad de agitación.

### 3. RESULTADOS

Para llevar a cabo el análisis hidrodinámico del sistema propuesto se trabajaron en forma paralela las 3 etapas propuestas en la metodología. A partir de la primera etapa se obtuvieron las condiciones de diseño y geometría del reactor propuesto. Como resultado de la segunda etapa se obtuvo en promedio 99% de degradación de colorante IC en 45-60 min. Se observó que la degradación de IC se ajusta a un modelo cinético de primer orden (constantes de velocidad =  $0.4-0.18 \text{ s}^{-1}$ ). La Figura 1 presenta la cinética de oxidación de IC,

dónde se observa una disminución en la velocidad de degradación al aumentar la velocidad de agitación en el sistema. A partir del análisis hidrodinámico se encontraron patrones de velocidades de flujo mayores en las inmediaciones de las paredes del reactor y menores cercanas al ánodo. La evaluación hidrodinámica permitió detectar que, en un sistema galvánico con ánodo central y cátodo heterogéneo (partículas de RG), la velocidad de degradación de IC es inversamente proporcional a la velocidad de agitación (en el rango de 200-400 rpm).



**Figura 1.** Cinética de oxidación de IC en un reactor galvánico heterogéneo a diferentes velocidades de agitación: 200, 300 y 400 RPM ( $C_0=500 \text{ mg IC/L}$ )

### 4. CONCLUSIONES

En base a los resultados anteriores puede concluirse que la degradación de IC en sistemas en lote está fuertemente relacionada a la configuración del reactor elegida, en particular a la posición del ánodo y del tipo de agitador utilizado según los resultados del estudio cinético-CFD.

### 5. REFERENCIAS

[1] A. Hashemisohi, L.Wang, A. Shahbazi, y H. Amini, *Particuology*, **49**, 191 (2020).

# Tratamiento de agua industrial proveniente de una planta tratadora a través de la combinación de técnicas electroquímicas y membrana funcionalizada

Presentación Oral

J. Bastida Vázquez, G. Roa Morales\*, P. Balderas Hernández, R. M. Gómez Espinosa, R. Natividad Rangel

Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable. Carretera Toluca- Atlacomulco Km 14.5, Unidad San Cayetano, 50200 Toluca de Lerdo, Méx.

E-mail: [gabyroam@gmail.com](mailto:gabyroam@gmail.com)

| 200

## 1. INTRODUCCIÓN

El agua para consumo humano se encuentra en decremento y día con día se vuelve un tema de preocupación en diferentes ámbitos [1], desde lo social hasta lo económico, ya que busca satisfacer necesidades primarias de las personas [2]. En este trabajo se evalúa el tratamiento de agua residual proveniente de una planta tratadora de agua (contaminada sin tratamiento), la cual es recolectada en Toluca, México.

## 2. METODOLOGÍA

El sistema de tratamiento de agua contaminada consta de un tren de tratamiento que considera primera etapa electrocoagulación (EC), utilizando electrodos de aluminio, en la segunda etapa electrooxidación (EOO), utilizando electrodos de diamante dopados con boro (DDB), la cual es considerada como innovadora [3], y finalmente filtración mediante membrana funcionalizada, con el fin de mejorar la calidad del agua, buscando que cumpla características de agua potable.

## 3. RESULTADOS

A partir del primer tratamiento se obtuvo un cambio en la coloración del agua pasando de un color café oscuro a un color amarillo claro, después del segundo tratamiento se obtuvo un agua transparente e incolora. Para el parámetro de  $DBO_5$  se obtuvo una reducción del 80.6 %, 47.5% para DQO y 79.6% en COT. Los resultados se muestran en la tabla 1, después de ambos tratamientos (EC y EOO).

Tabla 1. Resultados de  $DBO_5$  y TOC.

Parámetro	INICIAL (mg/L)	EC (mg/L)	EOO (mg/L)
$DBO_5$	1219	236	99.7
DQO	581.2	305.2	37.2

## 4. CONCLUSIONES

Al combinarse ambas técnicas (EC y EOO) se obtuvo una eliminación de contaminantes más alta que de manera individual, incrementando los valores remoción en  $DBO_5$  de 80.6% a 92.2%, DQO de 47.5% a 93.6% y COT de 79.6% a 90.1%, lo cual muestra que la combinación de técnicas ofrece un incremento en la eficiencia del tratamiento del agua. Adicionalmente con la filtración a través membrana funcionalizada se obtuvo una captación del aluminio remanente en la solución de más del 50%, dicho elemento participó como coagulante en la electrocoagulación, dando lugar a una etapa innovadora que robustece a la técnica de la primera etapa (EC).

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. Massoudinejad, M. Mehdipour-Rabori, M. H. Dehghani, J Adv Environ Health Res; **3(4)**, 242 (2015).
- [2] J. N. Hakizimana, B. Gourich, M. Chafi, Y. Stiriba, C. Vial, P. Drogui, J. Naja, *Desalination*, **404**, 1 (2017).
- [3] J. L. Wang, J. L. Xu, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **42(3)**, 251 (2012).

# Reactor bioelectroquímico empacado para remoción de lactosa en un medio complejo de lixiviado de composta

## Presentación Oral

B. Cercado\*, J. Rueda Ramírez, A. Rodríguez García, C. González Nava  
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C.

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de Guanajuato

E-mail: [bcercado@cideteq.mx](mailto:bcercado@cideteq.mx)

| 201

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria agroalimentaria consume grandes cantidades de agua al tiempo que produce una gran cantidad de efluentes contaminantes. La industria láctea en particular se encuentra en constante crecimiento, por lo que el volumen de efluentes conteniendo componentes de la leche, tal como la lactosa, igualmente aumenta constantemente [1]. Por otra parte, la composta de residuos celulósicos suele ser un producto colateral de procesos agroindustriales, por lo cual el aprovechamiento de nutrientes y microflora de la composta en la remoción de contaminantes en efluentes de la industria láctea se puede enmarcar en un proceso de la industria agroalimentaria. Desde inicios de los años 2000 se han empleado sistemas bioelectroquímicos microbianos para la remoción de contaminantes orgánicos y producción de electricidad [2], resultando en un beneficio adicional mediante la producción de energía limpia. En este trabajo se presenta la operación de un reactor bioelectroquímico para la remoción de lactosa en un medio complejo de lixiviado de composta con la producción adicional de una corriente eléctrica bajo control potencioestático.

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizó un reactor de ánodo empacado con un volumen total de 1 L. El reactor se inoculó con lixiviados de composta y se alimentó con lactosa en concentración de 6, 8 y 10 g de demanda química de oxígeno (DQO) L<sup>-1</sup>. Se utilizó fieltro de carbón como ánodo y acero inoxidable como cátodo con malla de polietileno como separador. La remoción de DQO, la producción de densidad de corriente y los parámetros fisicoquímicos pH, conductividad y temperatura fueron monitoreados a lo largo de 25 días.

## 3. RESULTADOS

La mezcla de lactosa en lixiviado de composta fue metabolizada por la microflora autóctona en el orden

de 47 a 97.3 % de remoción de DQO, con lo cual se produjo una corriente eléctrica en el rango de 30 a 625 mA m<sup>-2</sup> de electrodo. La carga experimental fue menor a la carga teórica calculada con base en la DQO removida para todas las condiciones probadas; por lo cual, la eficiencia coulombica varió desde 1.8 % alcanzando un máximo de 43 %. La concentración 8 g DQO L<sup>-1</sup> correspondiente a lactosa en lixiviado de composta generó el mejor desempeño del reactor bioelectroquímico con una remoción del 97 %, producción de corriente hasta 625 mA m<sup>-2</sup> y una eficiencia coulombica del 43 %. Estos resultados demuestran que es posible implementar un sistema bioelectroquímico basado en dos materiales líquidos: efluentes conteniendo lactosa y lixiviados de composta, en el marco de un proceso industrial agroalimentario para lograr la remoción de materia orgánica contaminante y la producción de energía eléctrica simultáneamente.

## 4. CONCLUSIONES

Materiales residuales de la industria agroalimentaria son susceptibles de ser empleados para el control de la contaminación ambiental y la producción de energía limpia a través de sistemas bioelectroquímicos microbianos. Este trabajo demuestra una remoción del 97 % en contaminantes con una producción de hasta 625 mA m<sup>-2</sup>.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. Loera, J. Banda, *Rev. Investig. Altoandin.*, **19**(4), 419 (2017).
- [2] H. Liu, R. Ramnarayanan, B. Logan. *Environ. Sci. Technol.*, **38**(7), 2281 (2004).

## Estudio del efecto de la calcinación en telas de carbón en la producción de peróxido de hidrógeno

Presentación Oral

R. Covarrubias del-Toro, M. Huerta Rocha, E. X. M. García, A. Estrada Vargas\*

Departamento de Estudios del Agua y de la Energía – CU Tonalá, Universidad de Guadalajara.

E-mail: [arturo.evargas@academicos.udg.mx](mailto:arturo.evargas@academicos.udg.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales de la vinaza tequilera representan un problema ambiental importante para la industria del tequila [1]. Los procesos de oxidación avanzada asistidos electroquímicamente (E-POA) son una alternativa conveniente para la eliminación de compuestos orgánicos persistentes. Una aproximación popular consiste en generar electroquímicamente  $H_2O_2$  para producir la reacción de Fenton [2].

### 2. METODOLOGÍA

Voltamperometría cíclica. Telas de carbón calcinadas a diferentes temperaturas se utilizaron como electrodo de trabajo, una malla de Pt como contraelectrodo y un alambre de Ag|AgCl como pseudoreferencia en  $H_2SO_4$  0.020 M. El potencial fue controlado con un potenciostato PalmSens 4. Aire seco desde un tanque se burbujeó desde el fondo de la celda con ayuda de una piedra porosa.

Determinación de  $H_2O_2$  generado. Muestras de solución con  $H_2O_2$  generado usando electrodos de tela de carbón se mezclaron con  $TiOSO_4$  y  $H_2SO_4$  y se llevaron a un espectrómetro UV-Vis, donde el complejo  $Ti \cdot H_2O_2$  muestra absorbancia a 405 nm.

### 3. RESULTADOS

La figura muestra voltamperogramas a  $50 \text{ mV s}^{-1}$  de tela de carbón calcinadas a diferentes temperaturas, inmersas en  $H_2SO_4$ . Una comparación de las corrientes ca.  $-0.6 \text{ V}$  permite observar que la corriente de reducción se incrementa con la temperatura de calcinación. Sin embargo, la corriente de reducción en los experimentos con aire seco burbujeado se incrementa ca.  $0.5 \text{ A cm}^{-2}$  respecto con aquellos sin burbujeo en todos los casos, indicando la presencia una reacción de consumo de oxígeno que no se acelera con la temperatura de calcinación. Se burbujeó nitrógeno para constatar que el incremento de corriente se debe a la presencia de oxígeno y no a la agitación producida por el burbujeo.

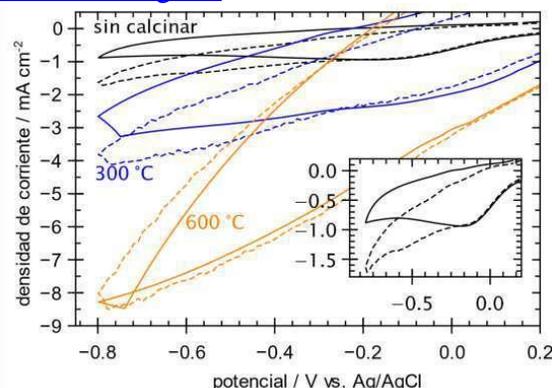


Figura 1. Voltamperogramas de tela de carbón sin calcinar en  $H_2SO_4$  0.020 M.

Se observa también en el recuadro una segunda reacción a potenciales que  $0.6 \text{ V vs. Ag|AgCl}$ , posiblemente debido a reacciones típicas como la producción de  $H_2O$  a partir de  $O_2$  y la reducción de  $H^+$ . Se caracterizó con UV-VIS la generación de  $H_2O_2$  en tela sin calcinar a potencial constante de  $-1.2 \text{ V}$ , resultando una eficiencia del 35 % del incremento de corriente por burbujeo y una tasa de producción de  $24 \pm 10 \text{ mg l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

### 4. CONCLUSIONES

La calcinación de las telas de carbón incrementa la corriente de reducción, más aparentemente no incrementa la producción de  $H_2O_2$  a partir de  $O_2$  burbujeado.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A. López-López, G. Davila-Vazquez, E. León-Becerril, E. Villegas-García, and J. Gallardo-Valdez, *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, **9**, 109 (2010).
- [2] I. Robles, F.J. Rodríguez-Valadez, E. Castaño, and L.A. Godínez, *Sustainable Environment Research*, **27**, 24 (2017).

# Optimización convexa de la degradación electroquímica de cloroquina

## Presentación Póster

D. Vásquez Hernández<sup>1</sup>, J. Zavaleta Avendaño<sup>1</sup>, E. Peralta Reyes<sup>1</sup>, E. Robles Gómez<sup>1</sup>, G. Martínez Villa<sup>1</sup>, L. G. Zarate<sup>2</sup>, M. E. Cordero<sup>2</sup>, A. Regalado Méndez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Mar, Ciudad Universitaria, Puerto Oaxaca, México.

<sup>2</sup>Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 Sur, B. Stgo. 72410 Puebla, México.

E-mail: [alejandro.regalado33@gmail.com](mailto:alejandro.regalado33@gmail.com)

| 203

## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 2020 el mundo se enfrentó a un desafío sanitario sin precedentes en la humanidad debido a la COVID-19. En México al 28 de junio de 2022 hay 5,965,958 de contagios y 325,596 defunciones. Para mitigar los contagios y disminuir la tasa de mortalidad se han probado tratamientos alternativos contra la COVID-19. Dentro de los más destacados por su efectividad se encuentra el uso del fármaco Cloroquina (CQ) [1]. Sin embargo, los fármacos son considerados contaminantes persistentes del agua. Debido a su poca solubilidad en agua y su pobre biodegradabilidad, estos contaminantes no pueden ser tratados en plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales. Por lo que, la electrólisis es la técnica más apropiada para removerlos, ya que puede alcanzar porcentajes de degradación del 90% [2].

## 2. METODOLOGÍA

La degradación electroquímica de Cloroquina (DECQ) fue conducida en un reactor electroquímico de flujo continuo. Los experimentos de la DE fueron realizados con base en un diseño experimental central compuesto rotatorio (CCR). Mediante un análisis de varianza (ANOVA) se modeló el proceso de DECQ a través de un polinomio cuadrático. La optimización convexa fue realizada con diferentes métodos numéricos. La concentración inicial y final fue determinada mediante espectrofotometría UV-Vis.

## 3. RESULTADOS

Por medio de un ANOVA se encontró que el proceso de DECQ se ajusta a un polinomio cuadrático en términos de variables codificadas ( $\eta = 78.76 + 0.21x_1 - 3.29x_2 - 0.33x_3 + 0.025x_1x_2 - 0.65x_1x_3 - 0.05x_2x_3 - 0.49x_1^2 + 0.93x_2^2 + 0.839x_3^2$ ;  $R^2 = 0.9705$ ). Dicho modelo se ajusta en un 97% a los datos experimentales. Una vez obtenido el modelo se realizó la optimización convexa no-lineal empleando el polinomio cuadrático en términos de variables codificadas como función objetivo ( $\eta$ ) y como restricciones no-lineales a la rotabilidad del diseño experimental ( $x_i^2 \leq 1.68^2$ ,  $i = 1, \dots, 3$ ).

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la optimización convexa no-lineal de la DECQ, se resolvió con diferentes métodos numéricos. En esta tabla se observa que todos los métodos encuentran un máximo local, no obstante el método IP es el que más iteraciones realiza. Por lo que, se sugiere usar alguno de los métodos SQP o AS para tal propósito.

**Tabla 1.** Optimización convexa no-lineal con diferentes métodos numéricos.

$\eta$ (%)	Método	Iter	$x_1$	$x_2$ (mA/cm <sup>2</sup> )	$x_3$ (L/min)
90.5	IP	11	9.75	155	1.25
90.5	SQP	7	9.75	155	1.25
90.5	AS	7	9.75	155	1.25

SQP: Programación cuadrática secuencial; AS: Active-set; IP: Interior-point

## 4. CONCLUSIONES

La optimización convexa no-lineal del proceso de DECQ demuestra que alcanza el 90.5% cuando opera a  $j = 155$  mA/cm<sup>2</sup>,  $Q = 1.25$  L/min,  $\text{pH}_0 = 9.75$ , y un tiempo de electrólisis de 9 h.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. Şimşek Yavuz, S. Ünal, *Turkish Journal of Medical Sciences*, **50**, 611 (2020).
- [2] M. Petrović, S. Gonzalez, D. Barceló, *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, **22**, 685 (2003).

## Degradación de metronidazol en un reactor semi-batch empleando electrodos BDD

### Presentación Póster

S. M. Maldonado Domínguez\*, G. Roa Morales, C. E. Barrera Diaz, P. Balderas Hernández  
Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM, carretera Km. 14.5,  
Unidad San Cayetano, Toluca - Atlacomulco, 50200 Toluca de Lerdo, Méx., Mexico.

E-mail: [smaldonadod096@alumno.uaemex.mx](mailto:smaldonadod096@alumno.uaemex.mx); [sandra.maldom@gmail.com](mailto:sandra.maldom@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se degradó metronidazol [1] en una solución acuosa, mediante electro oxidación, utilizando un reactor semi-batch de 20 L, con una celda Diacell, empleando un electrodo de acero inoxidable como cátodo y un electrodo de diamante dopado con boro (DDB) como ánodo [2]. Los experimentos se llevaron a cabo empleando una solución acuosa con una concentración inicial de  $30 \text{ mg L}^{-1}$  a diferentes densidades de corriente  $30, 50$  y  $100 \text{ mA cm}^{-2}$ , el proceso se llevó a cabo durante 180 minutos analizando los resultados mediante diversas técnicas analíticas como UV-Vis y HPLC. Alcanzando altos porcentajes de remoción. Obtenido un modelo cinético de pseudo-primer orden debido a la concentracióncuasi estable alcanzada por los radicales hidroxilo [3].

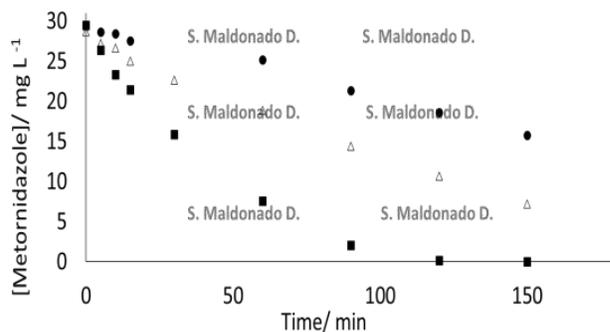
### 2. METODOLOGÍA



### 3. RESULTADOS

En la figura 1, se puede observar la eficiencia del proceso electroquímico, logrando la degradación del metronidazol. También es evidente que a medida que aumenta la densidad de corriente, el metronidazol se degrada más rápidamente. A medida que se generan más iones hidroxilo, el proceso se vuelve un poco menos selectivo, es decir, utilizando una densidad de corriente de  $100 \text{ mA cm}^{-2}$ , se puede observar una degradación del 100% del metronidazol en 120 minutos generando un mayor número de subproductos. Esto contrasta con los procesos realizados a densidades de corriente de  $30 \text{ mA cm}^{-2}$  y  $50 \text{ mA cm}^{-2}$ , en los que la

molécula de metronidazol se degrada más lentamente, generando menos subproductos.



**Figura 1.** Cambios en la concentración de metronidazol durante el proceso de electrólisis en una solución acuosa  $30 \text{ mg L}^{-1}$  con ánodo de DDB y cátodo de acero inoxidable con una concentración de electrolito soporte de  $0.05 \text{ M Na}_2\text{SO}_4$  a diferentes densidades de corriente ●  $30 \text{ mA cm}^{-2}$ , ○  $50 \text{ mA cm}^{-2}$  y ■  $100 \text{ mA cm}^{-2}$

### 4. CONCLUSIONES

Los electrodos de BDD y acero inoxidable logran degradar eficientemente la molécula de metronidazol en medio acuoso. Además, al variar la densidad de corriente e incrementarla, la molécula de metronidazol logra degradarse más rápidamente generando una cantidad mayor de subproductos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] L. Xu, W. Li, P. Désesquelles, N. T. Van-Oanh, S. Thomas, J. Yang, *Journal of Physical Chemistry A*, **123**, 933 (2019).
- [2] F. N. Chianeh, J. B. Parsa, *Revista Mexicana de Urología*, **76**, 424 (2016).
- [3] C. P. Sousa, F. W. P. Ribeiro, T. M. B. F. Oliveira, G. R. Salazar-Banda, P. de Lima-Neto, S. Morais, A. N. Correia, *ChemElectroChem*, **6**, 2350 (2019).

## Optimización mediante el MSR de la mineralización del herbicida metamitrona en un reactor de flujo tipo filtro prensa

Presentación Póster

D. Vásquez Hernández<sup>1</sup>, L. Ortiz<sup>1</sup>, A. Regalado Méndez<sup>1</sup>, G. Martínez Villa<sup>1</sup>, E. Robles Gómez<sup>1</sup>,  
L. G. Zarate<sup>2</sup>, M. E. Cordero<sup>2</sup>, E. Peralta Reyes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel, Puerto Ángel, 70902 Oaxaca, México.

<sup>2</sup>Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 Sur, Barrio de Santiago, 72410 Puebla.

E-mail: [e\\_pere70@hotmail.com](mailto:e_pere70@hotmail.com)

205

### 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento productivo agrícola y avance tecnológico genera nuevos compuestos orgánicos. En los últimos años los efectos que estos contaminantes causan a la salud humana y el medio ambiente son causa de preocupación [1]. Estos se conocen como contaminantes emergentes (CE). Entre los CE que han generado más preocupación se encuentran los herbicidas, debido a su uso extensivo en la agricultura. Entre los más utilizados se encuentra la metamitrona (MET)[2]. Debido a los riesgos que conlleva la presencia de MET en el ambiente, existen métodos para su degradación. Dentro de estos, los procesos de oxidación electroquímica han demostrado ser una opción viable por su capacidad de degradación de contaminantes sin la formación de compuestos tóxicos secundarios [3]. En este trabajo, se investigaron las condiciones óptimas de operación para la mineralización de MET en un reactor electroquímico de flujo continuo tipo filtro prensa sin división equipado con electrodos de DDB, mediante un diseño central compuesto centrado en sus caras (CCCC), utilizando como factores el pH inicial (pH<sub>0</sub>) factor 1 y la densidad de corriente aplicada (*j*) como factor 2, mientras que las variables de respuesta fueron la eficiencia de mineralización (EM (%)) y el consumo específico de energía (CEE (kWh/kg COT)).

### 2. METODOLOGÍA

Se siguió un diseño CCC (10 experimentos), teniendo dos variables de estudio en tres niveles. Los intervalos de los factores son: pH<sub>0</sub> de la solución 3-9 (Factor 1), *j* = 94-125 mA/cm<sup>2</sup> (Factor 2). Para cada experimento se prepararon 2.5 L de solución sintética de 10 mg/L de MET y como electrolito soporte 0.15 M de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. El reactor operó a un flujo de 1 L/min y el tiempo de reacción fue de 5 h. La mineralización fue determinada mediante análisis de Carbono Orgánico Total (COT) de la muestra inicial y final.

### 3. RESULTADOS

Los polinomios que se ajustan a este proceso son cuadráticos en términos de variables codificadas se obtuvieron a partir de un ANOVA.

$$EM (\%) = 94.80 - 0.82x_1 - 6.93 \times 10^{-3} x_2 - 1.57x_1x_2 - 1.34x_1^2 + 2.50x_2^2$$

$CEE = 11.37 + 0.30x_1 + 4.17x_2 - 0.33x_1x_2 + 1.46x_1^2 + 2.31x_2^2$   
con  $R^2 = 0.9599$  y  $R^2 = 0.9658$ , dichos modelos se ajustan un 95.99% y 96.58%, respectivamente a los datos experimentales.

Una vez realizada la optimización por medio de al método de superficie de respuesta, se encontró que las condiciones óptimas de operación fueron: pH<sub>0</sub> = 7.05, *j* = 94 mA/cm<sup>2</sup>, con estas condiciones se alcanzó la máxima EM con un valor de 97.41% y un mínimo CEE = 9.91 kWh/ kg COT.

### 4. CONCLUSIONES

Se encontró que las condiciones óptimas de degradación son: pH<sub>0</sub> de 7.05, *j* de 94 mA/cm<sup>2</sup>, a estas condiciones se obtuvo una máxima mineralización de 97.41% con un mínimo de CEE = 9.91 kWh/kg COT.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. Sauvé, M. Desrosiers, *Chemistry Central Journal*, **8**, 1 (2014).
- [2] S. Kumar, S.Tandon, N. K. Sand, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **92**, 165 (2014).
- [3] Y. Samet, L. Agengui, R. Abdelhédi, *Chemical Engineering Journal*, **161**, 167 (2010).

## Producción de corriente en una celda de electrólisis microbiana utilizando sulfametoxazol como sustrato

Presentación Póster

P. García Sanchez, Y. Reyes Vidal, J. A. Perez García, F. J. Bacame Valenzuela

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ), Parque Tecnológico Querétaro s/n, Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro C.P. 76703, México

E-mail: [pgarcia@cideteq.mx](mailto:pgarcia@cideteq.mx)

206

### 1. INTRODUCCIÓN

La presencia de contaminantes emergentes en aguas es cada vez mayor especialmente los antibióticos, debido a que pueden dar lugar a la aparición de bacterias resistentes y también afectar negativamente a los ecosistemas y a los seres vivos [1]. Estos se ven reflejados en su presencia en plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), acumulándose en sus lodos y entrando en contacto con microorganismos, dándoles la oportunidad de adaptarse a los contaminantes. Existen reportes de microorganismos capaces de degradar fármacos como el sulfametoxazol (SMX) [2]. Las tecnologías electroquímicas microbianas (TEM) basan su funcionamiento en la transferencia de electrones entre microorganismos y electrodos a través de un fenómeno conocido como transferencia extracelular electrónica. De este modo, el presente trabajo propone las celdas de electrólisis microbianas, un tipo de TEM, para la degradación de sulfametoxazol, utilizando consorcios microbianos extraídos de lodos activados de una PTAR.

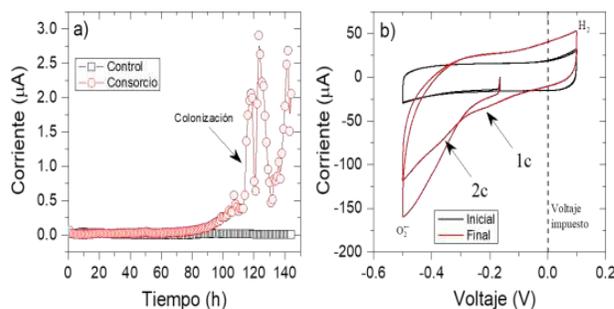
### 2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda de electrólisis microbiana con un electrodo de trabajo de malla de carbono, electrodo de referencia de Ag|AgCl y contraelectrodo de acero inoxidable. Se utilizó buffer de fosfatos pH 7 con glucosa y 20 ppm de SMX. Se inoculó con lodos de PTAR. Para la caracterización electroquímica se empleó voltamperometría cíclica a una velocidad de 10 mV/s. Para establecer las condiciones de polarización se empleó cronoamperometría de un solo paso y se impuso un voltaje de 0 V vs. Ag|AgCl durante 144 horas (6 días).

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1a se observa un aumento de la corriente en el sistema inoculado con el consorcio, el cual se puede asociar a la colonización del electrodo bajo las condiciones de polarización. Las caídas

abruptas del corriente derivan a la inestabilidad de la biopelícula. El efecto de la colonización también es visible en la voltamperometría cíclica con el aumento del fondo capacitivo. Las señales de reducción, 1C y 2C (Figura 1b), podrían estar asociados a productos de la fermentación que se quedan adsorbidos en el electrodo.



**Figura 1.** a) Cronoamperometría de un solo paso aplicada a un electrodo de malla de carbono a 0 V vs. Ag|AgCl. b) Voltamperometría cíclica al principio y al final de la electrólisis.

### 4. CONCLUSIONES

El voltaje del electrodo favoreció el crecimiento del consorcio microbiano así mismo se indujeron la producción de compuestos redox que quedaron adsorbidos en el electrodo, estas condiciones serán utilizadas para un estudio para la degradación.

### 5. REFERENCIAS

- [1] H. He, *Journal of Hazardous Materials*, **340**, 120 (2017).
- [2] Y. Reyes, J. Bacame, J. Pérez, A. Hernández y F. Espeje, "Bio-Electrochemical Methods for the Recovery of Products from Wastewater", 295 (2021).

# Estudio de la interacción entre el fenómeno de cavitación acústica y un campo eléctrico oscilante

## Presentación Póster

L.A. Esteban<sup>1</sup>, I. Robles<sup>1</sup>, F. J. Rodríguez<sup>1</sup>, J. Manriquez<sup>1</sup>, L. A. Godínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C., Parque Tecnológico Querétaro Sanfandila SN, 76703 Pedro Escobedo, Querétaro, México.

<sup>2</sup>Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Cerro de las campanas SN, 76010 Querétaro, Querétaro, México.

E-mail: [lesteban@cideteq.mx](mailto:lesteban@cideteq.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Solucionar la crisis de contaminación de agua que atravesamos actualmente como sociedad, requiere de procesos que permitan manejar y tratar el agua de una forma eficiente [1]. Los Procesos Avanzados de Oxidación Electroquímica (PAOE) son una opción interesante para tratar este problema, ya que utilizan el radical OH para oxidar la materia orgánica [2]. Trabajos recientes han propuesto que la eficiencia de tratamiento de agua por PAOE, podría incrementarse al acoplar un POAE con el proceso de cavitación acústica (PCA) [2]; sin embargo, poco se ha profundizado al respecto. El PCA genera una agitación localizada, provocada por cavidades que implotan a más de 5,000 K y 1000 atm de presión, generando la disociación del agua en radicales OH, y la incineración de materia orgánica atrapada durante las implosiones [3]. El objetivo de este trabajo fue acoplar en un sistema, estímulos eléctricos (E.E) y estímulos acústicos de ultrasonido (E.C) en una reacción electro-fenton para observar efectos sinérgicos y estudiar su naturaleza.

## 2. METODOLOGÍA

El presente trabajo estuvo formado por cuatro etapas. 4. La primera constó en el diseño de una celda electroquímica. La segunda, en caracterizar los E.E. La tercera, en la caracterización de los E.C. Y finalmente, la cuarta en caracterizar el acoplamiento entre los E.E y los E.C. Los experimentos se llevaron a cabo en diferentes condiciones experimentales (O<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>); y en 5. diferentes combinaciones, con 100ml de una solución de azul de metileno con (mol/L): K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1, FeSO<sub>4</sub> 0.0003, surfactante 0.002, y FeSO<sub>4</sub> con surfactante. Para la caracterización se emplearon las técnicas electroquímicas de impedancia y cronoamperometría (decoloración de azul).

## 3. RESULTADOS

Los resultados de la etapa Dos, demostraron que la degradación promedio de azul de metileno alcanzada por las cuatro combinaciones utilizadas, fue de 80% (Tabla 1).

**Tabla 1.** Degradación de azul de metileno en las etapas dos, tres y cuatro en condiciones de O<sub>2</sub>.

Etapa	Dos	Tres	Cuatro
Degradación promedio de azul (%)	80	5	95
Tiempo promedio de degradación (min)	25	25	12

En la etapa tres, se obtuvo una decoloración promedio de 5% para todas las combinaciones. Finalmente, en la etapa 4, se obtuvo una decoloración promedio de 90%; cuando se acoplaron los E.E con los E.C, adicionalmente, esta decoloración fue más rápida en comparación con las etapas anteriores (Tabla 1).

## CONCLUSIONES

Se demostró que el acoplamiento entre los E.C y E.E tiene un efecto sinérgico en la decoloración del azul de metileno

## REFERENCIAS

- [1] S. Parsons, M. Willians, *Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment*, P. 5, IWA Publishing, UK, (2004).
- [2] K. Jung, M. Hwang, M. Cha, *Ultrasonics Sonochemistry*, **21**, 1635 (2014).
- [3] M. Lim, W. Son, J. Khim, *Ultrasonics Sonochemistry*, **18**, 460 (2011).

## Degradación electroquímica de diclofenaco mediante nanotubos TiO<sub>2</sub> modificados con PbO<sub>2</sub>

Presentación **Póster**

S. Oyarzabal Rodríguez, J. E. Daniel Morales, M. Cerro López\*

Universidad de las Américas Puebla.

E-mail: [monica.cerro@udlap.mx](mailto:monica.cerro@udlap.mx)

208

### 1. INTRODUCCIÓN

El diclofenaco (DCF) es un medicamento antiinflamatorio muy notorio clasificado como un contaminante emergente debido a su alta persistencia en el agua [1]. Pues a pesar de los varios beneficios de salud que aporta el uso de DCF, la exposición prolongada se ha comprobado que tiene connotaciones negativas en la salud de buitres, animales acuáticos, plantas vasculares (terrestres), y mamíferos [2]. Los tratamientos de agua convencionales no funcionan para la eliminación del DCF, no obstante, los procesos de oxidación avanzada pueden ser la solución [3]. Entre estos procesos se encuentran las técnicas catalíticas (fotoelectro-, electro-, y fotocátalisis) que pueden hacer uso de nanotubos de dióxido de titanio (NTs-TiO<sub>2</sub>) como catalizadores para eliminar los fármacos, gracias a sus excelentes propiedades catalíticas. Por consiguiente, aquí se presenta un estudio sobre la degradación por técnicas catalíticas de DCF con catalizadores a base de NTs-TiO<sub>2</sub> modificados con PbO<sub>2</sub>.

### 2. METODOLOGÍA

Para evaluar la degradación de 15.6 ppm de DCF en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.05 M por técnicas catalíticas se llevó a cabo fotoelectrocátalisis (FEC) y electrocátalisis (EC) con NTs TiO<sub>2</sub> con dióxido de plomo electrodepositado (PbO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> NTs), diamante dopado con boro (DDB) y NTs-TiO<sub>2</sub> con un área de 1 cm<sup>2</sup>. Los parámetros empleados fueron 50 mL de la solución de DCF, una densidad de corriente de 30 mA/cm<sup>2</sup>, agitación constante, irradiación de luz UV (~365 nm), y contraelectrodo de titanio.

### 3. RESULTADOS

Los resultados se muestran en la Figura 1, donde se puede visualizar que en las EC el DDB presenta una menor degradación comparado con PbO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> NTs. Asimismo, respecto a las FEC, los NTs TiO<sub>2</sub> no eliminan una cantidad sustancial del DCF porque presentan un band gap grande que promueve una alta tasa de recombinación de los portadores de carga

fotogenerados, lo cual se resuelve con el depósito de materiales conductores como los metales y en este trabajo por el depósito de PbO<sub>2</sub> pues este puede actuar como sumidero de electrones mejorando la fotoactividad de los NTs de manera considerable, logrando degradar ~60% del DCF en aproximadamente 3h.

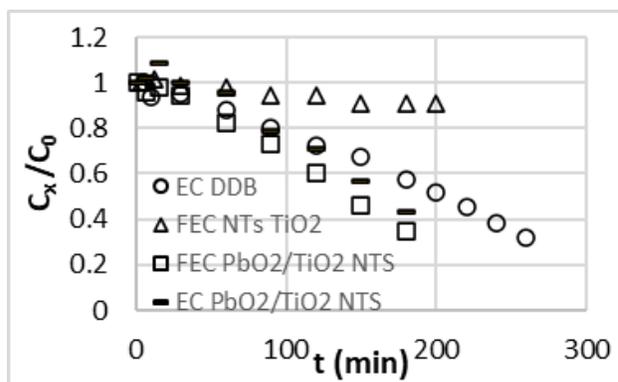


Figura 1. Degradación de DCF 15.6 ppm por distintos métodos.

### 4. CONCLUSIONES

En conclusión, respecto a la degradación catalítica de DCF, la FEC y EC con PbO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> NTs aparentan ser propuestas prometedoras para la degradación de DCF, comparables con el DDB.

### 5. REFERENCIAS

- [1] T. H. Yu, A. Y. Lin, S. C. Panchangam, P. K. Hong, P. Y. Yang, C. F. Lin, *Chemosphere*, **84**, 1216 (2011).
- [2] P. Sathishkumar, R. A. A. Meena, T. Palanisami, V. Ashokkumar, T. Palvannan, & F. L. Gu, *Science of the Total Environment*, **698**, 134057 (2020).
- [3] K. Fischer, M. Kuhnert, R. Glaser, A. Schulze, *Royal Society of Chemistry Advances*, **5**, 16340 (2015).

# Estudio para la cuantificación de $Pb^{2+}$ y $Cd^{2+}$ en muestras acuosas utilizando electrodos modificados con $\beta$ -ciclodextrina y ácido p-cúmarico

Presentación: **Póster**

D. F. Santiago Luna, L. Galicia Luis, G. Valdés Ramírez\*

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, Departamento de Química, Área de Electroquímica. Av. San Rafael Atlixco 108, Leyes de Reforma 1ra Secc, Iztapalapa, 09310 Ciudad de México, CDMX

E-mail: [dianafsluna@gmail.com](mailto:dianafsluna@gmail.com); [gabrivra@gmail.com](mailto:gabrivra@gmail.com)

209

## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación hídrica, por metales pesados como cadmio y plomo, son tóxicos para los seres humanos a altas concentraciones, además son bioacumulables y permanecen en el ambiente durante largos periodos de tiempo. El incremento de la concentración de estos metales en aguas se debe a la contaminación puntual de origen industrial y minero que generan residuos que llegan a los ríos contaminando aguas subterráneas; en zonas urbanizadas, las actividades antropogénicas favorecen la contaminación del ambiente, los contaminantes son removidos del aire por la lluvia que arrastra de la atmósfera partículas y gases, los cuales, después de una tormenta, son depositados en la superficie terrestre y manto acuífero [1].

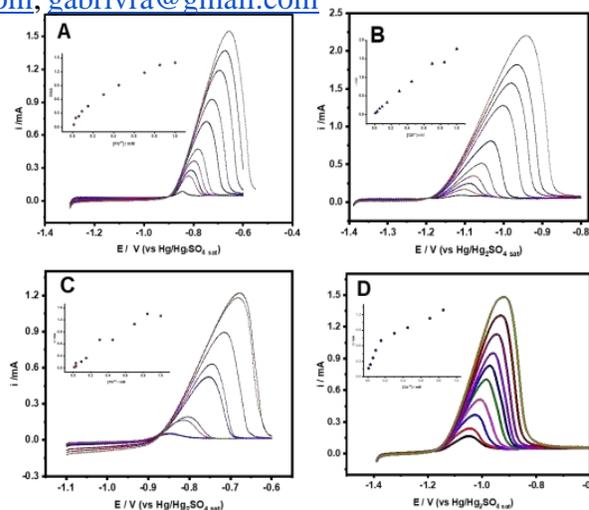
En el presente trabajo se presenta un estudio para la cuantificación de  $Pb^{2+}$  y  $Cd^{2+}$  en muestras acuosas (aguas pluviales y manto acuífero en zonas mineras) utilizando electrodos de pasta de carbón (CPE) modificados con  $\beta$ -ciclodextrina ( $\beta$ -CD) y ácido p-cúmarico (a p-C).

## 1. METODOLOGÍA

Con una celda de tres electrodos, y la técnica voltamperometría de redisolución anódica, se realiza la cuantificación de  $Pb^{2+}$  y  $Cd^{2+}$ , en un intervalo de concentraciones de  $1 \times 10^{-5}$  M a  $1 \times 10^{-3}$  M. Como electrodos de trabajo se utilizan CPE modificados. Para la modificación de los CPE se emplea la  $\beta$ -CD [2] y a p-C [3].

## 2. RESULTADOS

En la figura 1, se muestra la familia de voltamperogramas obtenidos para cuantificación de  $Pb^{2+}$  y  $Cd^{2+}$  con los CPE modificados con  $\beta$ -CD o a p-C.



**Figura 1.** Voltamperogramas de redisolución anódica para la cuantificación de  $Pb^{2+}$  A) CPE/ $\beta$ -CD, B) CPE/ $\beta$ -CD, C) CPE/ap-C y  $Cd^{2+}$  y D) CPE/a p-C.

## 3. CONCLUSIONES

Las calibraciones obtenidas muestran resultados similares en LOD para ambos iones. El ensanchamiento de los picos para  $Pb^{2+}$  es menor con el sistema CPE/ $\beta$ -CD, mientras para  $Cd^{2+}$  el mayor ensanchamiento de picos se presenta en el sistema CPE/ $\beta$ -CD. Esta observación se considerará en la cuantificación de los iones en muestras reales para evitar el enmascaramiento de señales producidas por otras especies electroactivas.

## 4. REFERENCIAS

- [1] S. E. Pabón; R. Benítez; R. A. Sarrilla, J. A. Gallo. *Entre Ciencia e Ingeniería*, **14**, 9 (2020).
- [2] G. Roa-Morales; T. Ramírez Silva; L. Galicia. *J solid State Electrochem.*, **7**, 355 (2002).
- [3] T. M. Machadi Lima; P. I. Soares; L. Aguiar do Nascimento; DL. Franco; AC. Pereira; LC. Ferreira, *Microquímica*, **168**, 106406 (2021).

## Recuperación electroquímica de cobalto a partir de la lixiviación de baterías de iones de litio usando un solvente eutéctico profundo

Presentación: **Póster**

K. Martínez-Sánchez<sup>1</sup>, D. Hernández-Pérez<sup>1</sup>, J. Aldana-González<sup>1\*</sup>, M. Romero-Romo<sup>1</sup>,  
E. M. Arce Estrada<sup>2</sup>, M. Palomar-Pardavé<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESQIE-IPN, UPALM Ed. /, C.P. 07638 México, D.F.

E-mail: [\\*jiag@azc.uam.mx](mailto:*jiag@azc.uam.mx)

210

### 1. INTRODUCCIÓN

Dada la creciente demanda de metales estratégicos en el mundo, constantemente se buscan nuevas formas de aprovechamiento de los materiales de desecho. En la búsqueda de medios lixiviantes más eficaces y menos contaminantes a los medios tradicionales, se propone utilizar disolventes eutécticos profundos (DES), los cuales son biodegradables, biocompatibles, baratos, de fácil preparación, seguros, y que por su composición simple los hace versátiles y más baratos, por lo que se le puede dar aplicación industrial. El objetivo de este trabajo es estudiar la recuperación del Co para su reciclaje a partir de baterías de iones de litio utilizando como medio de lixiviación un DES formado por cloruro de colina: urea en una relación molar 1: 2.

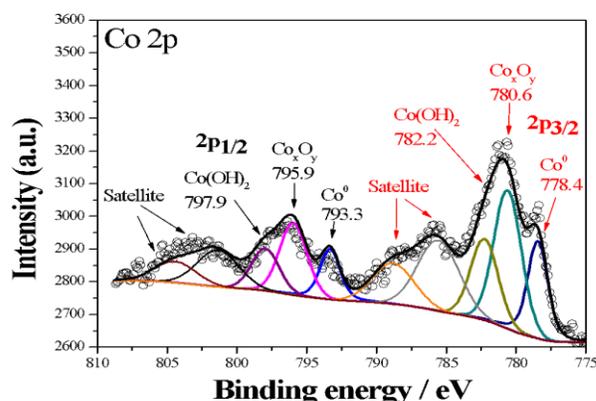
### 2. METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología descrita en la recuperación de Mn-Zn a partir de baterías alcalinas de desecho [1].

### 3. RESULTADOS

Se llevó a cabo la recuperación electroquímica de cobalto, a partir de baterías de iones de Li de desecho. Se llevó a cabo el desmantelamiento de las baterías, clasificación, reducción de tamaño del material activo del cátodo para su posterior lixiviación en undisolvente eutéctico profundo (DES), formado por cloruro de colina: urea. Después de 24 horas de lixiviación a 90° C y agitación constante se obtuvieron los licores de lixiviación que fueron utilizados como medio electrolítico 1,2. Mediante voltamperométrica se determinó la ventana de potencial a la cual se lleva a cabo la reducción del cobalto, posteriormente, por cronoamperometría, se obtuvieron los transitorios potencioestáticos de densidad de corriente durante la electroreducción del cobalto sobre carbón vítreo. Se determinaron los parámetros cinéticos y termodinámicos del proceso de nucleación y

crecimiento de los cúmulos metálicos sobre carbón vítreo mediante modelos que involucran la nucleación 3D y el crecimiento controlado por difusión. Finalmente, se llevó a cabo la caracterización de los depósitos formados, mediante SEM, EDX y XPS.



**Figura 1.** Comparación de espectros XPS experimentales (OOO) registrados en la superficie de GCE después de imponer un potencial de -1,1 V a 70 °C durante 90 s al sistema: GCE / lixiviado del polvo del cátodo durante 24 horas usando relina DES a 90 ° C, con ajustes teóricos (líneas continuas).

### 4. CONCLUSIONES

Fue posible recuperar electroquímicamente Co, empleando un DES como medio lixivante y electrolítico.

### 5. REFERENCIAS

[1] J. Aldana González, A. Sampayo Garrido, M.G. Montes De Oca-Yemha, et al., *J Electrochem Soc.*, **166(6)** (2019).

## Electrooxidación de urea mediante la aleación Ni-Co formada a partir del reciclaje de baterías de Ni-MH

Presentación: **Póster**

N. Sánchez Piñón<sup>1</sup>, J. Aldana González<sup>1\*</sup>, D. Hernández Pérez<sup>1</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>,  
E.M. Arce Estrada<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1\*</sup>

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

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, UPALM Ed., C.P. 07638 México, D.F.

E-mail: \*[jjag@azc.uam.mx](mailto:jjag@azc.uam.mx)

211

### 1. INTRODUCCIÓN

La urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) es naturalmente encontrada en la orina y presenta características tales como: alta densidad de energía, estabilidad, biodegradabilidad, nula inflamabilidad, nula toxicidad y es considerada una fuente abundante de hidrógeno. También contiene elementos importantes, como lo es el carbono, nitrógeno, oxígeno e hidrógeno. Es por ello por lo que la urea ha sido propuesta como un medio en la producción de hidrógeno a través de electrolisis [1]. Existen una gran cantidad de métodos de remoción de urea, siendo la hidrólisis el método con mayor efectividad (94%), sin embargo, su aplicación a nivel industrial se ve afectada por la elevada temperatura y presión a la cual el método se desarrolla. Un método más directo es el electroquímico. Se ha estudiado la oxidación electroquímica para la eliminación de contaminantes tóxicos orgánicos y no biodegradables. Este método de electro-oxidación consiste en llevar a cabo la oxidación utilizando energía eléctrica y electrodos especiales.

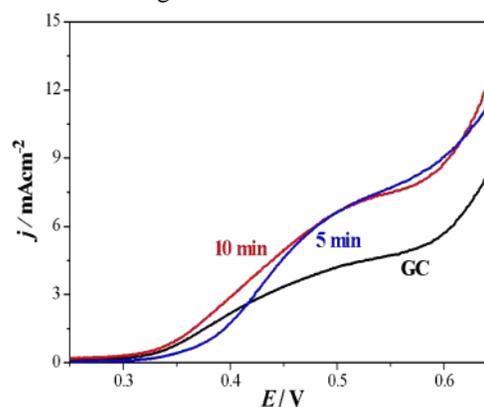
### 2. METODOLOGÍA

Para la formación de la aleación Ni-Co, se utilizó la metodología descrita en la recuperación de Ni-Co a partir de baterías Ni-MH de desecho [2]. Una vez formada la aleación se estudió la electrooxidación de Urea en 1 M KOH.

### 3. RESULTADOS

Se llevó a cabo el electrodeposición de la aleación Ni-Co sobre carbón vítreo (GC), empleando como medio electrolítico un DES a 70 °C. Se llevó a cabo la electrooxidación de urea utilizando los electrodos de GC modificado con los metales antes mencionados a dos tiempos de imposición de un potencial constante (5 y 10 minutos). La solución de KOH 1M con o sin solución de urea 0.33 M fue utilizada como electrolito.

La voltamperometría lineal (LV) se registró entre 0.25 y 0.60 V vs. Ag / AgCl 3M a 50  $\text{mVs}^{-1}$ , como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** LV empleando GC y GC modificado en 0.33 M urea 1M KOH 1 M a 50  $\text{mV s}^{-1}$ .

### 4. CONCLUSIONES

Fue posible llevar a cabo la electro-oxidación de urea empleando Ni-Co sobre GC, obtenido a partir del reciclaje de baterías gastadas. El material que llevó a cabo de manera óptima la oxidación de la urea fue el GC modificado con Ni-Co a 5 min.

### 5. REFERENCIAS

- [1] C. Lupi, A. Dell'era, M. Pasquali. *Journal of Hydrogen Energy*, **34**, 2101 (2009).
- [2] M. Landa-Castro, J. Aldana-González, M.G. Montes de Oca-Yemha, M. Romero-Romo, E. M. Arce-Estrada, and M Palomar-Pardavé, *Journal of Alloys and Compounds*, **830**, 154650 (2020).

## Electro-oxidación catalítica de urea mediante la formación electroquímica de la aleación Ni-Co en disolventes eutécticos profundos

Presentación: **Póster**

N. Sánchez Piñón<sup>1</sup>, J. Aldana González<sup>1</sup>, D. Hernández Pérez<sup>1</sup>, E. M. Arce Estrada<sup>2</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, CP 02200, CDMX, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESQIE-IPN, UPALM Ed., CP 07638, CDMX, México

E-mail: [\\*al2172000101@azc.uam.mx](mailto:al2172000101@azc.uam.mx)

212

### 1. INTRODUCCIÓN

En la literatura se pueden encontrar diversos estudios a base de níquel, puesto que se consideran materiales de electrodo más activo, de fácil modificación, propiedades estables, reservas baratas y abundantes. Por lo tanto, resulta de sumo interés conocer de forma detallada el rendimiento de aquellas aleaciones obtenidas por técnicas electroquímicas. En particular, las aleaciones de Ni-Co electrodepositadas, han encontrado aplicaciones en el campo electrónico, magnético, eléctrico y médico [1]. La electrodeposición es la ruta más sencilla y económica para fabricar muestras de Ni-Co, es así como se ha determinado en diversas investigaciones que las propiedades de los electrodeósitos de Ni-Co dependen en gran medida del contenido de Co [2].

### 2. METODOLOGÍA

Empleando dos DES (reline y ethaline) como medio electrolítico se realizó el electrodeósito de la aleación Ni-Co sobre carbón vítreo (GC).

### 3. RESULTADOS

Fue posible llevar a cabo la electro-oxidación de urea, mediante el electrodeósito de Ni-Co sobre carbón vítreo, empleando como medio los DES a 70 °C. La solución utilizada para la electro-oxidación, fue KOH 1M y Urea 0.33 M. Las voltamperometrías lineales (LV) se registraron entre 0.25 y 0.80 V a diferentes velocidades de barrido (5, 10, 20 y 50 mVs<sup>-1</sup>).

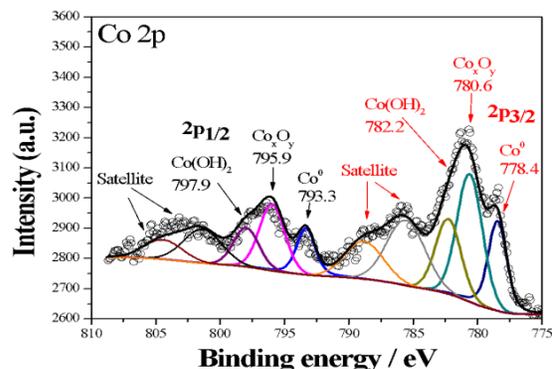


Figura 1. Técnica de voltamperometría lineal (VC) empleando GC y GC modificado en 1M KOH y 0.33 de Urea.

### 4. CONCLUSIONES

Se logró llevar a cabo la electro-oxidación de urea utilizando la aleación Ni-Co sobre GC y su comparación de mejor rendimiento en cada DES.

### 5. REFERENCIAS

- [1] C. Lupi, A. Dell'Era, M. Pasquali, *International Journal of Hydrogen Energy*, **34**, 2101 (2009).
- [2] M. Zamani1, A. Amadeh, S. M. Lari Baghal. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, **26**, 484 (2016).

## Síntesis de PtNi sobre negros de carbono como ánodos en la ROH en medio alcalino

### Presentación Póster

E. C. López Domínguez, C. Silva Carrillo, E. A. Reynoso Soto, M. I. Salazar Gastelum,  
R. M. Félix Navarro \*

Centro de Graduados e Investigación, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico  
de Tijuana, C. P. 1166, 22000 Tijuana, BC, México.

E-mail: [eliacrisol.lod@gmail.com](mailto:eliacrisol.lod@gmail.com)

213

### 1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible son dispositivos prometedores para la conversión de la energía química a energía eléctrica con una alta eficiencia termodinámica [1].

Los catalizadores compuestos por dos metales a menudo presentan actividades y selectividades catalíticas superiores a la de los sistemas monometálicos. Hoy en día se emplean con éxito catalizadores bimetalicos en distintos procesos catalíticos. La reacción de oxidación de hidrógeno (ROH) en medio alcalino es más lenta comparada con la misma en medio ácido, pero presenta mayor estabilidad a los catalizadores a base de Pt, lo que permite el desarrollo de investigaciones de materiales catalíticos con excelente desempeño [2].

### 2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron catalizadores bimetalicos de Pt-Ni soportados en negros de carbono de diferentes áreas superficiales. Los nanomateriales se caracterizaron mediante: TGA, ICP, BET, SEM y técnicas electroquímicas. Los electrocatalizadores bimetalicos se utilizaron en la reacción de oxidación de hidrógeno (ROH) en medio alcalino utilizando una estación de disco rotatorio en medio alcalino

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran las curvas de polarización a 16000 rpm de los electrocatalizadores sintetizados PtNi/C, PtNi/CV, PtNi/CB y NP PtNi/CB en medio alcalino. Las áreas superficiales de los soportes son diferentes, siendo el CB el que mostró una mayor área superficial. Es evidente que el material PtNi/CB muestra una mayor densidad de corriente, además el  $E_{1/2}$  está desplazada a valores menores. Cabe señalar que las proporciones de los metales Pt:Ni de los electrocatalizadores es muy similares entre los nanomateriales, aunque los sitios activos de PtNi se ve

mejorado cuando se emplea el soporte CB.

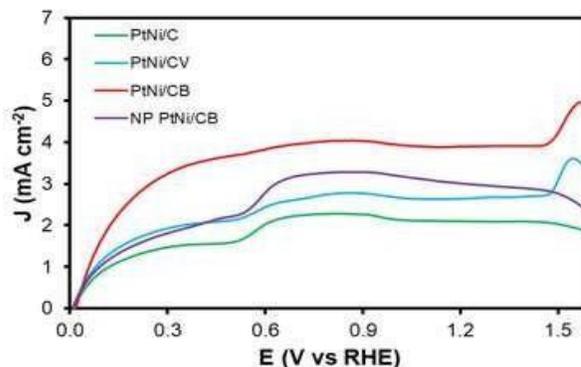


Figura 1. Voltamperogramas de barrido lineal a 1600 rpm para la ROH sobre electrocatalizadores Pt Ni/C, Pt Ni/CV, Pt Ni/CB y NPs Pt Ni/CB. Saturado con H<sub>2</sub> en KOH 0.1 M a 10 mV s<sup>-1</sup>

### 4. CONCLUSIONES

En la ROH el electrocatalizador de PtNi/CB mostró parámetros electrocinéticos más favorables que los otros electrocatalizadores bimetalicos, con altas densidades de corriente y valores de  $E_{1/2}$  bajos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] X. Zheng, C. Shang, J. Yang, J. Wang, L. Wang, *Synthetic Metals*, **247**, 109 (2019).
- [2] W. Sheng, H. A. Gasteiger, Y. Shao-Horn, *Electrochemical Society*, **157**, 11 (2010).

## Remoción de contaminantes emergentes (protectores solares) a través de electrocoagulación empleando electrodos de zinc

### Presentación Póster

S. V. Ayala Bueno<sup>1</sup>, P. Balderas Hernández<sup>1,2</sup>, J. Ibáñez Cornejo<sup>3</sup>, G. Roa Morales<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México UAEMéx, Toluca, México.

<sup>2</sup>Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable CCIQS, UAEMéx-UNAM, Carretera Toluca-Atlaconulco.

<sup>3</sup>Universidad Iberoamericana, Ciudad de México, México.

E-mail: [ayalabrina2901@gmail.com](mailto:ayalabrina2901@gmail.com)

214

### 1. INTRODUCCIÓN

Los protectores solares tienen una composición química compleja y contienen hasta un 30 % de sustancias que proporcionan protección solar. [1] Son ampliamente usados por sus propiedades protectoras que podrían prevenir 8 de cada 10 casos de melanoma. [2] Las consecuencias que implica su uso, para la biota marina son diversas; alterando los ciclos biogeoquímicos, aumentando la abundancia viral del bacterio-plancton marino y blanqueamiento de corales, llegando a tener consecuencias similares a las que producen algunos metales. Los estudios que hasta ahora se han llevado a cabo necesitan evaluar las consecuencias en distintos cuerpos de agua e integrar los conocimientos que se adquieran. [3] Los artículos publicados más recientes se han enfocado principalmente en la detección de estos compuestos y en el alcance de contaminación que puedan tener.

### 2. METODOLOGÍA

Se pesaron 0.1 g de cada uno de los protectores solares: Banana Boat FPS 50 y Nivea Sun FPS 50 y se diluyeron a 1 L de agua corriente para aplicar el tratamiento de electrocoagulación con dos electrodos de zinc, aplicando una corriente de 3 Amperes y usando como electrolito soporte fosfato de potasio dibásico. Tomando muestra de los avances cada 15 minutos y realizando mediciones de espectrofotometría UV, DQO, IR, pH y turbidez.

### 3. RESULTADOS

Al reactor electroquímico se le aplicó una corriente de 3 Amperes durante 60 minutos. En el ánodo se lleva a cabo la reacción de oxidación y en el cátodo las reacciones de reducción, gracias a esta interacción se electrogenera el coagulante. A lo largo de la experimentación se observó un aumento de pH y al

obtener los espectros de absorción a los diferentes tiempos de trabajo se observó la disminución significativa de los contaminantes. Se llevó a cabo el análisis de los lodos resultantes por Espectroscopía de Infrarrojo con el objetivo de identificar la presencia de grupos funcionales.

### 4. CONCLUSIONES

La remoción de protectores solares adquiere importancia conforme su consumo aumenta, ya que, aunque representa ventajas para la salud de los usuarios con su uso a nivel recreativo en cuerpos de agua se ha convertido en un medio de contaminación, formando parte de los contaminantes de preocupación emergente. El método de electrocoagulación resulta ser una buena alternativa para la eliminación de los mismos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. Pawlowski, and M. Petersen-Thiery. Sustainable Sunscreens: A Challenge Between Performance, Animal Testing Ban, and Human and Environmental Safety. *The Handbook of Environmental Chemistry*. (2020)
- [2] M. Sukumaran and K. Devayaran Effects of Sunscreen UV Filters on Marine species and in Food Chain, *Scientific India Magazine*. (2020)
- [3] A. Boyd, B. Connor, Stewart, A. Danielle, Philibert, Z. Tong, H. GamalEl-Din, K. Tierney, T. Blewett Common sunscreen ingredients prove dangerous for freshwater ecosystems, University of Alberta, *ScienceDaily*. (2021).

## Evaluación electroquímica de la remoción de arsénico utilizando pimienta de Jamaica con incorporación de partículas de hierro

Presentación **Póster**

H. Ortiz González, P. Balderas Hernández, C. E. Barrera Díaz, R. M. Gómez Espinosa,  
G. Roa Morales\*

Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM-Universidad Autónoma del Estado de México. Carretera Toluca – Atlacomulco, Km. 14.5, C.P. 50200, Toluca, Estado de México, México.

E-mail: [ortizheri89@hotmail.com](mailto:ortizheri89@hotmail.com); [gabyroam@gmail.com](mailto:gabyroam@gmail.com)

215

### 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua es una problemática ambiental y principalmente el agua con presencia de altas concentraciones de arsénico (As) es de gran interés ya que afectan a los ecosistemas y seres vivos; puesto que en algunos estados de la república mexicana se han encontrado hasta 0.576 mg/L de As en agua para consumo humano, presentando un riesgo inminente ya que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en por la NOM (0.025 mg/L) e internacional (0.01 mg/L) [1]. Por tal motivo, en este trabajo se presenta la evaluación electroquímica de remoción de As(III) utilizando un bioadsorbente con incorporación de partículas de hierro debido a que tienen una amplia afinidad sobre el metaloide [2].

### 2. METODOLOGÍA

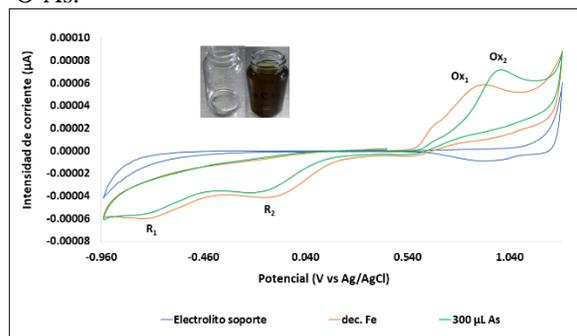
Se realizó el acondicionamiento de la pimienta de Jamaica mediante un lavado con agua y después el material es secado a 70°C. Al material seco se adicionó una solución de FeCl<sub>2</sub> 0.1 M dejando en contacto por 24 h, posteriormente se separaron las fases. El bioadsorbente (100 mg) se puso en contacto con una solución de 25 ppm (15 mL) de As(III) a diferentes tiempos de contacto. Para la caracterización de los lixiviados y la biomasa modificada en contacto con As(III) se utilizó voltamperometría cíclica utilizando un sistema de tres electrodos como electrodo de trabajo (pasta de carbono), de referencia (Ag/AgCl) y contraelectrodo (barra de grafito) y usando como electrolito soporte H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### 3. RESULTADOS

La solución del lixiviado cambio de incolora a un color negro.

En la Figura 1 muestra el voltamperograma cíclico de

una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, como electrolito soporte y con 1 mL de lixiviado de Fe, en el cual se observa tres procesos, uno de oxidación Epa 0.88 V y dos de reducción en un Epc1 -0.71V y Epc2 -0.092 V, se asocian a los procesos de oxidación y reducción de las partículas de Fe. Posteriormente se adicionó 0.66 ppm de As(III), el VC presenta que una onda de oxidación en Epa 1.0 V, se observa el crecimiento de picos en la parte anódica, debido a la formación del complejo Fe-O-As.



**Figura 1.** Voltamperogramas cíclicos del arsénico con lixiviado de pimienta de Jamaica y partículas de hierro.

En las soluciones As después del contacto se observa una disminución de la ipa de la señal Ox<sub>2</sub>

### 4. CONCLUSIONES

La voltamperometría cíclica es ampliamente utilizada debido a su gran importancia en el campo de la electroquímica ya que permitió la caracterización del As presente en solución acuosa.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A. Sarkar. and B. Paul, *Chemosphere*, **158**, 37 (2016).
- [2] E. Domincava, D. Kimmer, M. Kovarova, L. Lovecka, I. Vincent, V. Adamec and *J Environ Health Sci Engineer*, **19**, 1347 (2021).

## Celdas de combustible microbianas utilizando electrodo anódico dopado con nanotubos de carbono y depósitos de óxido de hierro

Presentación Póster

K. L. Perez Velasco, G. Roa Morales, P. Balderas Hernández\*

Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM

E-mail: [klpv002@gmail.com](mailto:klpv002@gmail.com)

216

### 1. INTRODUCCIÓN

Una pila de combustible microbiana (MFC) es un dispositivo en el que se convierte energía química en energía eléctrica por la acción biocatalítica de microorganismos que oxidan sustratos biodegradables tales como glucosa, acetatos o materia orgánica presente, por ejemplo, en las aguas residuales. [1] Los electrones generados son transferidos hacia el electrodo negativo, el ánodo. Esta transferencia puede ocurrir de dos maneras, a través de proteínas conductoras de la membrana celular o bien a través de mediadores.

El uso de FeO también ha exhibido excelentes propiedades eléctricas, debido a su transferencia electrónica entre Fe(II) y Fe(III), y mayor conductividad que otros metales óxidos, lo que decrementa la resistencia interna del sistema bioelectroquímico [2], en tanto que el uso de nanotubos de carbono permite un rendimiento 10 veces más alto que cualquier fibra de carbono convencional.[3]

### 2. METODOLOGÍA

La metodología de experimentación propuesta incluye:  
a) Determinación de la presencia y concentración de microorganismos activos electroquímicamente.

Se determinan las propiedades fisicoquímicas de la muestra a partir del sustrato: DQO, DBO, turbiedad, relación sustrato-microorganismo y carga orgánica volumétrica.

b) Diseño de la celda de combustible microbiana  
Diseño y funcionamiento de la celda tipo H tradicional con la semicelda anódica anaeróbica y la semicelda catódica aeróbica.

### 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación incluyen buenas concentraciones de hierro en los depósitos requeridos para la modificación del electrodo de la cámara anódica que se pudo analizar a través de Microscopía Electrónica de barrido bajo condiciones como alto vacío y el uso de electrones secundarios.

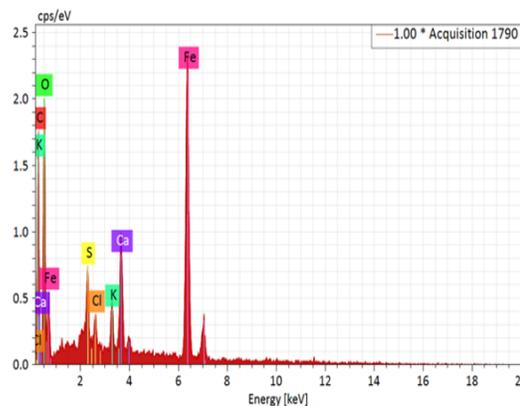


Figura 1. Resultados de Microscopía Electrónica de Barrido de los depósitos de hierro.

También se encontró alta carga orgánica en las aguas residuales que podrían indicar la presencia de microorganismos electroquímicamente activos, esto a través de la técnica de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

### 4. CONCLUSIONES

El uso de nanotubos de carbono es una opción atractiva para tratar de resolver los problemas relacionados con los largos tiempos de espera antes del inicio de la generación de electricidad en la celda, inestabilidad a voltajes altos y el uso de electrodos hechos con materiales de alto costo, debido a su morfología y propiedades como la elevada superficie accesible, la buena conductividad electrónica y la alta estabilidad.

### 5. REFERENCIAS

- [1] D.M. Revelo, N.H. Hurtado, J.Ruíz, *Información Tecnológica*, **24**, 17 (2013).
- [2] H. Muthukuma, S.N. Mohammed, N. Chandrasekaran, A.D. Sekar, A. Pugazhendhi, M. Matheswaran, *International Journal of Hydrogen Energy*, **44**, 2407 (2019).
- [3] F. Gao, L.Viry, M. Maugey, P. Poulin, N.Mano, *Nat. Commun.*, **1**, 1 (2010).

## Efecto del electrolito sobre la oxidación de amoxicilina empleando electrodos DSA y BDD

Presentación **Póster**

C. I. Pliego Cerdán, E. Méndez Albores, A. A. Hernández Santiago, M. A. González Fuentes\*

Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria CU, San Claudio S/N. C.P. 72570, Puebla, Pue., México.

E-mail: [caroline.itzel@alumno.buap.mx](mailto:caroline.itzel@alumno.buap.mx)

217

### 1. INTRODUCCIÓN

La amoxicilina (AMX), es un antibiótico derivado de la penicilina, y es considerada como un contaminante emergente [1]. Debido a que los antibióticos no pueden ser degradados completamente por tratamientos convencionales en las plantas de tratamiento de aguas residuales, se requiere del empleo de alternativas que sean más eficientes, y una de ellas son los métodos electroquímicos. Se ha reportado que en electrólisis sobre electrodos BDD se generan radicales  $\bullet\text{OH}$  y especies reactivas de cloro y sulfato, dependiendo del medio. Sin embargo, la generación del persulfato ( $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ ) depende de la naturaleza del material electrocatalítico usado. Por ello, en este trabajo se presenta la oxidación de amoxicilina como molécula orgánica modelo en presencia de sulfatos, cloruros y una combinación de sales empleando electrodos DSA elaborados dentro del grupo de trabajo y un electrodo BDD comercial [2].

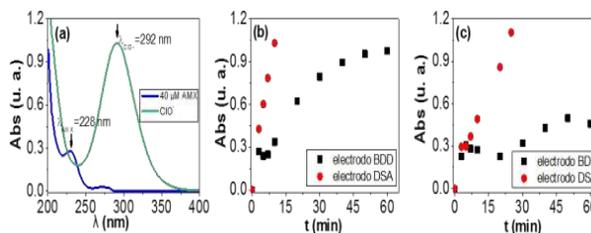
### 2. METODOLOGÍA

50 mL de AMX 40  $\mu\text{M}$  en medio acuoso fueron electrooxidados por 60 min sobre electrodos DSA de  $\text{Ti}|\text{IrO}_2\text{-SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_3$  y BDD empleando  $\text{KCl}$  0.1 M y  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.1 M, de manera independiente, así como una mezcla de  $\text{KCl}$  0.025 M +  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.05 M. Como cátodo se empleó una malla de Pt. La electrooxidación se monitoreó por UV-Vis y Carbono Orgánico Total (COT).

### 3. RESULTADOS

Las especies químicas electrogeneradas en presencia de cloro y sulfatos están en función del electrodo empleado y del pH. Se pueden generar especies de cloro activo como  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HClO}$  y  $\text{ClO}^-$  [3], pero también especies de  $\text{SO}_4^{\bullet-}$  y  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ , dependiendo del medio. Durante las electrólisis en presencia de  $\text{Cl}^-$  se observó una banda de absorbancia a 292 nm, característica de la formación de iones  $\text{ClO}^-$  a  $\text{pH} > 7.5$  [3] (figura 1a). Sin embargo, la electrogeneración de especies de cloro fue dependiente del tipo de electrodo empleado, como

se muestra en las figuras 1b y 1c. El electrolito que mejor resultado ofreció fue la mezcla de  $\text{KCl}$  +  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , ya que el COT disminuyó en un 62.40% con el electrodo DSA y un 67.04% con el electrodo BDD, en una hora de electrólisis.



**Figura 1.** Electrólisis de AMX 40  $\mu\text{M}$  con la imposición de 10  $\text{mA cm}^{-2}$  por 60 min. (a) Espectros de UV-Vis sobre electrodo DSA antes y después de la electrólisis; y cinética de generación de especies  $\text{ClO}^-$  en (b)  $\text{KCl}$  0.1 M y (c)  $\text{KCl}$  0.025 M +  $\text{K}_2\text{SO}_4$  0.05 M. El pH fue de 5 al inicio y de 8 al final, en todos los experimentos.

### 4. CONCLUSIONES

La presencia de cloruros en el medio de reacción favorece la degradación de la AMX sobre ambos electrodos, obteniéndose mayor degradación en presencia de una mezcla de electrolitos ( $\text{KCl}$  +  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ).

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. Kızak y S. Doğan, *Ultrasonics sonochemistry*, **40**, 131 (2018).
- [2] M. A. González-Fuentes, et al., *International Journal of Electrochemical Science*, **16**, 1 (2021).
- [3] M. Luna-Trujillo, et al., *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **878**, 114661 (2020).

## Electro-reducción de SO<sub>x</sub> en la interfaz de nanopartículas de níquel soportadas en carbón vulcan empleando espectrometría de masas in-situ en medio alcalino

Presentación Póster

S. Vázquez Bautista<sup>1</sup>, E. Ramírez Meneses<sup>1\*</sup>, A. Manzo Robledo<sup>2\*</sup>, G. Zacahua Tlacuatl<sup>3</sup>,  
A.A. Flores Caballero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana, Departamento de Ingeniería Química, Industrial y de Alimentos.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química Industrial e Industrias Extractivas (IPN-ESIQIE). Departamento de Ingeniería Química SEPI.

<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química Industrial e Industrias Extractivas (IPN-ESIQIE). Laboratorio de Posgrado de Operaciones Unitarias.

E-mail: [esther.ramirez@ibero.mx](mailto:esther.ramirez@ibero.mx); [amanzor@ipn.mx](mailto:amanzor@ipn.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El nivel de contaminación en el aire se determina midiendo la concentración de partículas de O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, el límite máximo de concentración de especies SO<sub>x</sub> en el aire es de 20 µg/m<sup>3</sup>[1]. La eliminación de especies SO<sub>x</sub> empleando métodos electroquímicos puede generar importantes beneficios para la salud pública y la contaminación ambiental, principalmente en zonas con alta densidad de población y de industrias. Bajo este contexto, nanomateriales base níquel se sintetizaron para ser evaluados durante la reacción de reducción de SO<sub>x</sub> en medio alcalino.

### 2. METODOLOGÍA

Nanopartículas de níquel estabilizadas con polivinilpirrolidona (PVP) soportadas en carbón vulcan fueron sintetizadas a partir del precursor Ni(acac)<sub>2</sub> (relación molar Ni:PVP 1:1) en mesitileno como medio de reacción y carbón vulcan como soporte [2]. Posteriormente, se realizó tratamiento térmico al material obtenido para ser empleado como catalizador. Este se caracterizó por difracción de rayos-X, microscopía electrónica de barrido, espectroscopia de dispersión de energía (MEB-EDS) y espectrometría RAMAN. La evaluación electroquímica se llevó a cabo con técnicas como voltametría cíclica, cronoamperometría, espectroscopia de impedancia electroquímica y la técnica DEMS para caracterizar y detectar en tiempo real los productos generados durante la reacción de reducción de SO<sub>x</sub> [3].

### 3. RESULTADOS

Se obtuvieron nanomateriales 20% peso en carga metálica de níquel. Las nanopartículas de níquel

presentaron tamaños menores a 10 nm bien distribuidos en la matriz del carbón vulcan como se demostró con MEB. En la Figura 1, se presenta un esquema general de la reacción para la obtención de partículas nanométricas de níquel. Bajo este contexto, se analizó el efecto del estabilizante durante la reacción de reducción de especies SO<sub>x</sub> en la interfaz electrodo-electrolito en medio alcalino. La selectividad en presencia y ausencia del estabilizante, también fue estudiada.

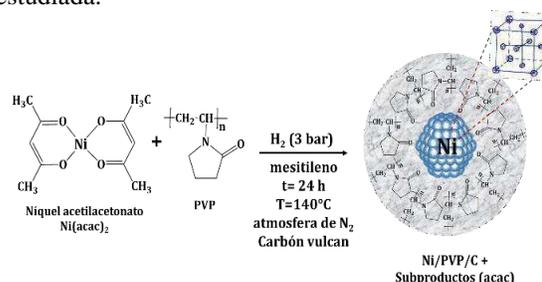


Figura 1. Esquema general de la reacción de síntesis.

### 4. CONCLUSIONES

Electro-catalizadores nanoestructurados de níquel mostraron una importante actividad en el proceso redox en presencia de especies SO<sub>x</sub>. El acoplamiento in-situ con DEMS permitió hacer un análisis detallado de las especies generadas y las secuencias de reacción durante el proceso de reducción.

### 5. REFERENCIAS

- [1] WHO. "World Health Organization air quality guidelines for particulate matter, Global update 2005. Summary of risk assessment." (2006).
- [2] M.A. Pérez-Sosa, et al., *International Journal of Hydrogen Energy*, **46** (2021).
- [3] I. Streeter, et al., *The Journal of Physical Chemistry B*, **39**, 18500 (2005).

## Detección electroquímica de paracetamol mediante grafito residual de la síntesis de nanoesferas de carbono

Presentación Póster

D. G. Luna Gazcón<sup>1</sup>, J. R. Campos Delgado,<sup>2</sup> M. Cerro López<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept.. Ciencias Químico Biológicas, Universidad de las Américas Puebla, Sta. Catarina Mártir s/n, Cholula 72810, Puebla

<sup>2</sup> Dept. de Ciencias e Ingeniería, Universidad Iberoamericana Puebla. Blvd. Del Niño Poblano No. 2901, Cholula 72820, Puebla

E-mail: [monica.cerro@udlap.mx](mailto:monica.cerro@udlap.mx)

219

### 1. INTRODUCCIÓN

Los nanomateriales de carbono desde hace algunos años han ido ganando una importancia considerable dentro de diferentes rubros debido a las propiedades únicas que cada uno de éstos presentan dependiendo de su estructura [1], siendo la electroquímica una de las áreas que más ha explorado su uso en diversas aplicaciones. Una de ellas es la detección de fármacos, prometiendo un futuro importante al permitir usar electrodos grafiticos un poco más accesibles y con respuestas considerables ante distintos químicos, como el paracetamol.

Muchos estudios se han desarrollado para la determinación electroquímica del paracetamol, al ser el fármaco más empleado en muchos países, centrándose en la oxidación electroquímica del mismo, mediante nanomateriales de carbono [2].

### 2. METODOLOGÍA

El grafito utilizado en la detección electroquímica es un material residual obtenido en la síntesis de nanoesferas de carbono (NE) por deposición química de vapor (CVD), empleando tolueno como precursor a 1100°C por 30 min, bajo un flujo constante de argón. Como resultado, se recolectaron nanoesferas de carbono de un extremo del tubo, las cuales se presentan como un sólido de color negro, y láminas de grafito del centro del mismo, siendo éstas el material empleado como electrodo de trabajo (ET).

Para la detección de paracetamol, se utilizó voltametría cíclica (VC) con platino como contraelectrodo (CE) y sulfato mercurioso como electrodo de referencia (ER); en 10 mL de un buffer de fosfatos pH 7, añadiendo alícuotas de 0.100 mL a 1.00 mL a partir de una solución madre de 212 ppm de paracetamol, estableciendo una ventana de potencial desde -0.5 V hasta 0.6 V, a 0.05 V/s.

### 3. RESULTADOS

Se comprobó la detección de paracetamol mediante VC al añadir 1 mL de la solución al sistema, obteniendo una señal analítica en 0.185 V, como se muestra en la Figura 1.

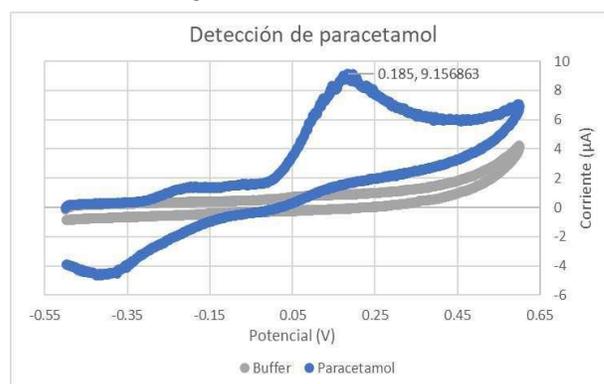


Figura 1. Voltamperograma cíclico de paracetamol, empleando lámina de grafito como ET.

### 4. CONCLUSIONES

Los nanomateriales de carbono poseen diferentes características dependiendo de su conformación, siendo sumamente versátiles a la hora de su empleo en distintas áreas de aplicación, como la detección electroquímica, permitiendo identificar fármacos mediante electrodos más accesibles y a base de productos secundarios como el grafito que se genera durante esta síntesis de NE, los cuales muestran respuestas significativas ante la identificación de paracetamol.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Terrones, *International Materials Reviews*, **49**, 325 (2004).
- [2] A. Özcan & Y. Şahin, *Analytica Chimica Acta*, **685**,9 (2011).

## Estudio de la reducción de NO<sub>x</sub> en función del tamaño de partículas de cobre soportadas en carbón vulcan

### Presentación Póster

M. R. Rosales Martínez<sup>1</sup>, E. Ramírez Meneses<sup>1</sup>, A. Manzo Robledo<sup>2\*</sup>, S. Vázquez Bautista<sup>1</sup>, G. Zacahua Tlacuatl<sup>3\*</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química, Industrial y de Alimentos. Universidad Iberoamericana, Prolongación Paseos de la Reforma 880, Lomas de Santa Fe, Ciudad de México, C.P. 01219, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional ESQIE-IPN, Laboratorio de Electroquímica y Corrosión. Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México, C.P. 7738, México.

<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional ESQIE-IPN, Laboratorio de Posgrado de Operaciones Unitarias. Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Ciudad de México, C.P. 7738, México.

E-mail: [esther.ramirez@ibero.mx](mailto:esther.ramirez@ibero.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

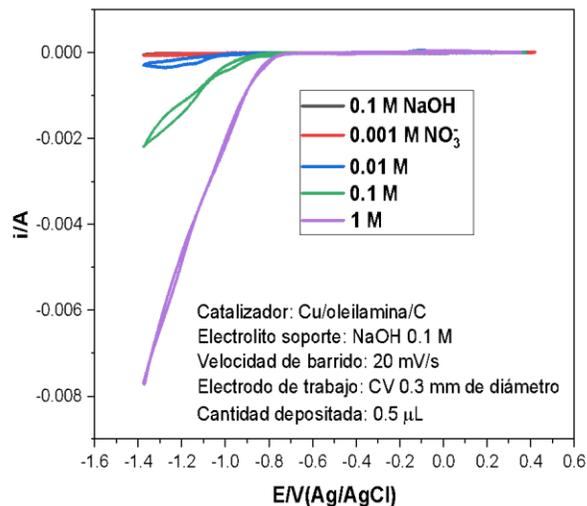
Los NO<sub>x</sub> de carácter antropogénico, pueden ser lixiviados hasta llegar a aguas potables subterráneas. La contaminación en aguas potables ha generado problemas medioambientales y de salud. Debido a esto y para contrarrestar la contaminación por NO<sub>x</sub>, se ha propuesto su reducción electroquímica en medio acuoso, utilizando electrocatalizadores base Pd, Pt y Cu. En este trabajo de investigación, el estudio de la reducción de NO<sub>x</sub> en la superficie de partículas de cobre soportadas en carbón Vulcan, fue llevado a cabo. Bajo este contexto, ha sido demostrado el efecto del tamaño de partícula en el proceso catalítico [1].

### 2. METODOLOGÍA

Para la síntesis de los materiales, se emplea 1 mmol de Cu(acac)<sub>2</sub>, ácido ascórbico y carbón Vulcan como soporte, oleilamina o PVP como estabilizantes y heptanol como medio de reacción. La mezcla de reacción es sonicada durante 2 h. Posteriormente, el sistema se coloca a reflujo bajo atmósfera inerte y agitación vigorosa a 165 °C por 3 h. Transcurrido el tiempo de reacción y para purificar el sólido obtenido, se realizan 3 lavados con una mezcla de hexano/etanol. Finalmente, el producto es secado por 24 h.

### 3. RESULTADOS

La **Figura 1** muestra los perfiles corriente-potencial, durante la polarización catódica a diferentes concentraciones de nitratos.



**Figura 1.** Perfil *i* versus *E* obtenido durante la reducción de nitratos en partículas de cobre estabilizadas con oleilamina y soportadas en carbón Vulcan.

### 4. CONCLUSIONES

En medio básico, la corriente farádica asociada a la reducción de nitratos se incrementa, en función de la concentración. Esta variación, está ligada al tamaño de partícula.

### 5. REFERENCIAS

[1] J. Soto-Hernández, et al., *Applied Catalysis B: Environmental* **259**, 118048 (2019).

# Estudio comparativo de la oxidación electroquímica del colorante Naranja Reactivo 84 (NR84) con electro-oxidación, electro-Fenton y fotoelectro-Fenton

Presentación Póster

M. O. A. Pacheco Álvarez<sup>1</sup>, O. Serrano Torres<sup>1</sup>, R. Fuentes Ramírez<sup>2</sup>, E. Brillas<sup>3</sup>,  
J. M. Peralta Hernández<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato. División de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Química. Cerro de la Venada S/N. Pueblito de Rocha. C.P. 36040, Guanajuato, Guanajuato, México. México. Tel. +52(473)7327555.

<sup>2</sup>Universidad de Guanajuato. División de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Ingeniería Química. Noria Alta S/N. C.P. 36050, Guanajuato, Guanajuato, México.

<sup>3</sup>Laboratori d'Electroquímica dels Materials i del Medi Ambient, Secció de Química Física, Facultat de Química, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1-11, Barcelona, CP 08028, España.

E-mail: [moa.pachecoalvarez@ugto.mx](mailto:moa.pachecoalvarez@ugto.mx)

221

## 1. INTRODUCCIÓN

Este estudio tiene como objetivo comparar la eficiencia de la electro-oxidación, electro-Fenton (EF) y su asociación con la radiación UVA (FEF) [1] para la eliminación del colorante Naranja Reactivo 84 utilizando un ánodo de Ti/IrO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub>-SbO<sub>5</sub> en medio de cloruros y sulfatos y en su combinación. Se investigó el efecto de la densidad de corriente aplicada, así como el efecto del electrolito soporte y la concentración inicial del reactivo contaminante la cual fue de 100 mg/L y 200 mg/L. Se obtuvo una alta eficiencia de decoloración en un medio de cloruro. El proceso de FEF alcanzó una buena eficiencia en la remoción de NR84, siendo un poco más eficiente que el proceso de EF. Para FEF en 60 minutos la demanda química de oxígeno (DQO) se redujo en un 91% bajo un consumo de energía de 0.1137 kWh/gDQO. La evolución de un ácido carboxílico de cadena corta no tóxico como el oxálico como producto final fue monitoreado mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

## 2. METODOLOGÍA

Los diferentes procesos de oxidación se llevaron a cabo en una celda electroquímica de 100 ml con agitación continua a 30 rpm, 25°C y pH 3, utilizando un ánodo Ti/IrO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub>-SbO<sub>5</sub> con un área geométrica de 3 cm<sup>2</sup> y grafito como cátodo con un área de 4 cm<sup>2</sup>. Para los procesos de EF y FEF se añadió 0.05 mM Fe<sup>2+</sup>, y para FEF se utilizó una luz UVA de 5 W con una  $\lambda_{\max}$ =365 nm.

## 3. RESULTADOS

Los mejores resultados se obtuvieron con 100 mA/cm<sup>2</sup>, 50 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 10 mM NaCl como electrolito soporte, pH 3.0. Los procesos de degradación y mineralización mejoran en el proceso electro-Fenton (EF) utilizando 0.05 mM de Fe<sup>2+</sup>, y se mejoraron aún más utilizando radiación UVA (5W,  $\lambda$ =365 nm) para un proceso fotoelectro-Fenton (FEF).

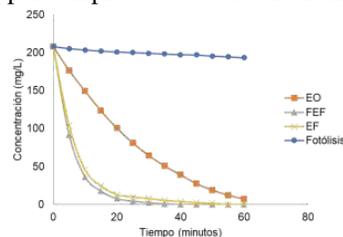


Figura 1. Degradación de NR84 mediante diferentes procesos de oxidación avanzada.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran una degradación eficiente de NR84, se evaluó el efecto de concentración inicial del colorante, material anódico, la densidad de corriente aplicada al sistema, electrolito soporte, así como la concentración de Fe<sup>2+</sup> para EF y FEF.

## 5. REFERENCIAS

[1] O.M. Rodriguez-Narvaez, et al., *Current opinion in electrochemistry*, 29, 1000806 (2021).

# Photovoltaic electrochemically-driven degradation of organic pollutant with simultaneous green hydrogen production

## Presentación Póster

J. Câmara Cardozo<sup>1</sup>, D. Ribeiro da Silva<sup>1</sup>, C. A. Martínez Huitle<sup>1,2</sup>\*, M. A. Quiroz<sup>1</sup>,  
A. Duarte Godim<sup>1</sup>, E. V. Dos Santos<sup>1,2, 3\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Química, Federal University of Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brazil

<sup>2</sup>National Institute for Alternative Technologies of Detection, Toxicological Evaluation and Removal of Micropollutants and Radioactives (INCT-DATREM), Institute of Chemistry, UNESP, P.O. Box 355, 14800 900 Araraquara, SP, Brazil

<sup>3</sup>School of Science and Technology, Federal University of Rio Grande do Norte, 59078-970 Natal, Brazil.

E-mail: [carlosmh@quimica.ufrn.br](mailto:carlosmh@quimica.ufrn.br), [elisama.vieira@ufrn.br](mailto:elisama.vieira@ufrn.br)

## 1. INTRODUCCIÓN

Electrolytic water splitting devices are an attractive technology for producing clean hydrogen gas which consist of stacks of electrochemical cells in which the hydrogen evolution reaction (HER) and the oxygen evolution reaction (OER) take place at cathode and anode compartments, respectively. Another way to offset the cost and safety problems for producing H<sub>2</sub> from electrolysis would be a hybrid approach where OER is replaced by an electrochemical organic oxidation reaction with aqueous effluents. Electrochemical oxidation (EO) is highly efficient when coupled to renewable energies. To be possible the treatment of effluents and simultaneous generation of hydrogen is necessary to use membrane-divided electrochemical cells (PEMEC) [1]. Therefore, hydrogen was efficiently produced simultaneously with the EO of Calcon azo dye, using as a sacrificial analyte with a split electrochemical flow cell, featuring a BDD electrode as anode and a 316-type stainless-steel as cathode. The technology proposed here uses a photovoltaic array as an energy source to drive the operation of the designed PEM-type cell, establishing a promising, efficient, and sustainable alternative to produce green hydrogen.

## 2. METODOLOGÍA

Electrolysis of 1 L of synthetic solution containing 20 mg L<sup>-1</sup> of Calcon dye in 0.25 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as the supporting electrolyte was performed by applying 7.5, 15 and 30 mA cm<sup>-2</sup> for 180 min in a thermoregulated glass tank at 25°C and circulated

through the cell by using a Nafion®-PEMEC with a constant flow rate of 39 mL min<sup>-1</sup>. The hydrogen gas produced by the oxidation of the Calcon dye in solution was collected over distilled water, and the volume measured by means of a 1 L inverted burette directly connected to the cathode compartment. The effect of the dye concentration and the flow rate in the anodic compartment on the production of green H<sub>2</sub> were evaluated..

## 3. RESULTADOS

The results of the analysis by UV-vis spectroscopy and total organic carbon (TOC) clearly shown that the EO of the Calcon dye after 180 min of electrolysis time by applying 30 mA cm<sup>-2</sup> reached up to 90% of degradation and 57% of TOC removal. Meanwhile, under these experimental conditions, a green H<sub>2</sub> production greater than 0.9 L was achieved, with a Faradaic efficiency of 98%.

## 4. CONCLUSIONES

Hybrid electrolysis strategy is particularly attractive in the context of a circular economy as these can be coupled with the use of more complex water matrices to transform organics depollution into an energy resource for the production of hydrogen as a chemical energy carrier.

## 5. REFERENCIAS

[1], J.E.L. Santos, D.R Da Silva, C.A Martínez- Huitle, E.V Dos Santos, M.A Quiroz. RSC Adv., 10, 37947 (2020)

## DIVISIÓN 6.

# CORROSIÓN Y TRATAMIENTO DE SUPERFICIES (CTS)

## Evaluación del proceso de corrosión de los aceros X52 y X80 expuestos en emulsiones estimuladas usando una muestra real de petróleo

Presentación Oral

K. García Piña, J. L. Alamilla, A. Contreras, H. B. Liu, E. Sosa, L. M. Quej Ake\*

Instituto Mexicano del Petróleo, Gerencia de Ductos y Materiales, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, San Bartolo Atepehuacan, Gustavo A. Madero, C.P. 07730, Ciudad de México, México.

E-mail: [lquej@imp.mx](mailto:lquej@imp.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

En la industria del petróleo, se utilizan diferentes tipos de aceros de ducto para la extracción, transporte y almacenamiento de hidrocarburos [1]. Es posible que durante el transporte se generen diferentes formas de corrosión afectadas por emulsiones [2,3]. Este trabajo contribuye al estudio de la corrosión de los aceros X52 y X80 expuestos en una mezcla real de petróleo conteniendo hidrocarburo y agua congénita afectados por diferentes formas de emulsiones estimuladas. Se utilizó la técnica de impedancia y curvas de polarización para evaluar la corrosividad de cada emulsión, así como la corrosividad de la fase hidrocarburo. Los resultados mostraron que, usando un doble sistema hidrodinámico, los elementos que contiene el agua congénita y la fase hidrocarburo fueron los factores determinantes que afectan la velocidad de corrosión del acero X80.

### 2. METODOLOGÍA

La muestra real de hidrocarburo y agua congénita fue sometida a diferentes condiciones hidrodinámicas y tiempos de residencia para la obtención de emulsiones estimuladas a una relación 50/50 % volumen. Se utilizó la técnica de impedancia y curvas de polarización para evaluar la corrosividad en cada emulsión, así como la fase hidrocarburo.

### 3. RESULTADOS

El acero X80 fue susceptible a la corrosión en la emulsión estimulada a 1 hora usando la mezcla del hidrocarburo y agua congénita; mientras que, en la emulsión estimulada a 24 horas, el acero X52 fue más susceptible. La corrosividad de la muestra real de petróleo puede atribuirse a los compuestos de azufre, CO<sub>2</sub>, sales, metales pesados, entre otros, los que fueron absorbidos por la fase agua.

**Tabla 1.** Parámetros electroquímicos obtenidos en los aceros X52 y X80 expuestos en emulsiones estimuladas a diferentes tiempos de residencia.

$E_{corr}$ (mV vs. ECS)	$\beta_a$ (mV/dec)	$-\beta_c$ (mV/dec)	$i_{corr}$ (mA/cm <sup>2</sup> )	Velocidad de corrosión (mm/año)
<b>Acero X52 / emulsión estimulada después de 1 hora</b>				
-252	369	90	0.0020	0.02
<b>Acero X80 / emulsión estimulada después de 1 hora</b>				
-304	236	159	0.0212	0.24
<b>Acero X52 / emulsión estimulada después de 24 horas</b>				
-355.5	216	186	0.0295	0.34
<b>Acero X80 / emulsión estimulada después de 24 horas</b>				
-304.8	226	154	0.0203	0.23

### 4. CONCLUSIONES

Las pruebas de corrosión aplicadas a los aceros inmersos en una mezcla de líquidos inmiscibles (mezclas heterogéneas), identificaron que la fase agua congénita contiene compuestos corrosivos al acero, tales como: azufre, ácido sulfhídrico, CO<sub>2</sub>, sales y metales pesados. Los resultados electroquímicos permitieron identificar que, el acero X80 fue más susceptible a la corrosión que el X52 en una emulsión estimulada a 1 hora usando un doble sistema hidrodinámico a nivel laboratorio.

### 5. REFERENCIAS

- [1] L.M. Quej, A. Contreras, H.B. Liu, J.L. Alamilla, E. Sosa, *Anticorrosion Methods and Materials*, **65**, 234 (2018).
- [2] L.M. Quej, A. Contreras, J. Aburto, *Anticorrosion Methods and Materials*, **66**, 101 (2019).
- [3] G.A. Zhang, Y.F. Cheng, *Corros. Sci.*, **51**, 901 (2009).

# La resistividad eléctrica del concreto como parámetro para estimar indirectamente la velocidad de corrosión del acero de refuerzo en concreto

Presentación Oral

A.A. Torres Acosta\*

Departamento de Tecnologías Sostenibles y Civil, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Campus Querétaro

E-mail: [atorresa@tec.mx](mailto:atorresa@tec.mx)

| 225

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha intensificado el uso de la resistividad eléctrica ( $\rho$ ) del concreto como parámetro de calidad del mismo: como índice de durabilidad en laboratorios [1,2]; en inspección de estructuras existentes, para diagnosticar los problemas patológicos que presentan [3]; o como índice para aceptar o rechazar una mezcla de concreto durante la construcción de obras de infraestructura [4].

También se ha utilizado a la resistividad del concreto como una medida indirecta de la velocidad de corrosión ( $i_{corr}$ ). De esta manera se presentarán resultados de la literatura que corroboran esta relación directa entre  $\rho$  e  $i_{corr}$ .

## 2. METODOLOGÍA

Resultados de  $\rho$  e  $i_{corr}$  fueron obtenidos de publicaciones obtenidas de la literatura, de especímenes de laboratorio como también de estructuras reales medidas en el lugar mediante equipos especial con anillo de guarda [5-9]. Estos resultados fueron colocados en una gráfica y divididos en información obtenida en ambiente marino o en ambiente urbano, para diferenciarlos.

## 3. RESULTADOS

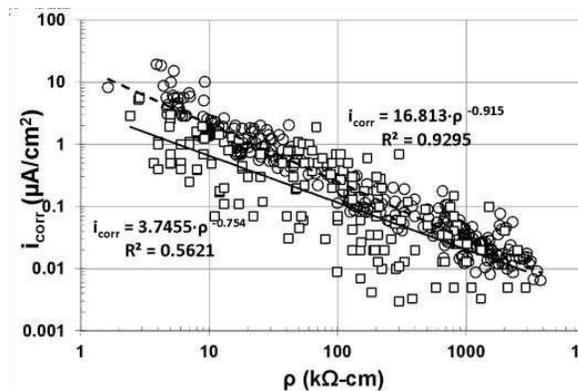


Figura 1. Resultados de investigaciones previas [5-9].

## 4. CONCLUSIONES

Existe una excelente aproximación entre los valores de  $\rho$  del concreto y los de  $i_{corr}$  del refuerzo cuando el concreto está expuesto a un ambiente urbano, sin embargo, en un ambiente marino se observa una dispersión más marcada, indicando que la aproximación puede tener un error de consideración.

## 5. REFERENCIAS

- [1] W. Martínez-Molina, A.A. Torres-Acosta, G.E.I. Martínez-Peña, E. Alonso Guzmán, and I.N. Mendoza-Pérez, *ACI Materials Journal*, **112**, 165 (2015).
- [2] A.A. Torres-Acosta, and L.A. Díaz-Cruz, *Construction and Building Materials*, 243 (2020).
- [3] A.A. Torres-Acosta, and P. Castro-Borges, *Structuc. Contr. Health Monit.*, **28**, 2670 (2021)
- [4] A.A. Torres-Acosta, A. Patrón-Solares, P. Alcantara-Lagunes, *Structuc. Contr. Health Monit.*, **28**, 2674 (2021).
- [5] J. Rodríguez, L.M. Ortega, L.M. García, L. Johansson, K. Petterson, *Concrete Across Borders*, Odense, Denmark (1994).
- [6] A.A. Torres-Acosta, M. Martínez-Madrid, D.C. Loveday, and M.R. Silsbee, *Paper #05269 NACE CORROSION/2005*, Houston, Texas; USA (2005).
- [7] C. Andrade, *Revista ALCONPAT*, **8**, 264, (2018).
- [8] A. Belda Revert. PhD Thesis, *Norwegian University of Science and Technology* (2018).
- [9] A.A. Torres-Acosta, P.Y. González-Calderón, *Materials MDPI*, **14**, 1316 (2021).

## Electroless deposits of ZnO and ZnO/Ag nanoparticles on Mg-Ca0.3 alloy surface

Presentación Oral

J. L. González Murguía, L. Veleva\*

Applied Physics Department, Center for Advanced Study (CINVESTAV), Mérida 97310, Mexico.

E-mail: [veleva@cinvestav.mx](mailto:veleva@cinvestav.mx)

### 1. INTRODUCTION

The Mg and its Mg-Ca alloys have shown to be relevant materials for the development of novel bio-degradable medical implants [1]. The increasing fight against bacterial infection during the surgery requires an additional modification of the material surface to achieve antibacterial activity. A new focus in this aspect is given to the deposition of metallic ZnO and Ag nano-particles (NPs) [2], to increase the antibacterial activity of Mg-alloys surface.

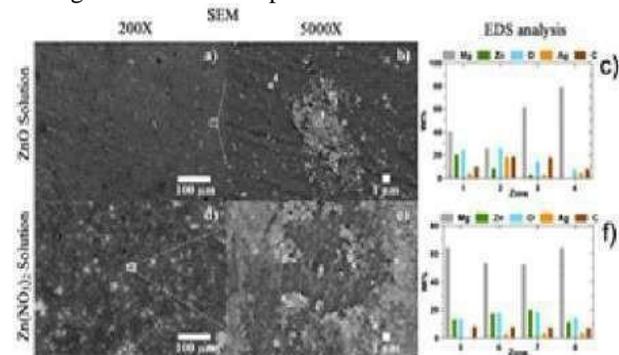
### 2. METHODOLOGY

The ZnO-NPs and Ag-NPs were electroless deposited (ELD) on Mg-Ca0.3 surface ( $0.78 \text{ cm}^2$ ), by immersion ( $t = 5 \text{ min}$  and  $1 \text{ min}$ ) in solutions of ZnO,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  and  $\text{AgNO}_3$  ( $10^{-3} \text{ M}$ ), and the formed deposits were baked at  $200^\circ\text{C}$  for 48 hours. The ZnO and ZnO/Ag nanodeposits were characterized by SEM-EDS, XPS, size distribution analysis, UV-Vis technique, FTIR and Raman spectroscopy.

### 3. RESULTS

SEM-EDS images of ZnO deposits showed a tendency to cluster formation, with more uniform coverage when obtained from  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  solution. High resolution XPS showed binding energies related to the presence of:  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  and ZnO. The average of ZnO-particle size was  $\approx 22.1 \text{ nm}^2$ . The UV-Vis spectra revealed a peak at  $\approx 400 \text{ nm}$ , which is consistent with the electronic transition from the valence band to the conduction band reported for ZnO nanoparticles. The analysis of ZnO/Ag deposits indicated that the Ag-NPs have nucleated more in the vicinity of ZnO NPs electroless deposited from the ZnO solution (Fig. 1). The FTIR spectra of the ZnO/Ag deposits show characteristic peaks observed for the vibration of the Mg-O bond, the structural hydroxyl group in  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  and the Zn-O bond. The Raman scattering spectra of ZnO-NPs and ZnO/Ag-NPs deposits revealed that the main phonon modes are E2(low), E2(high) and A1(TO), previously reported

for hexagonal ZnO wurtzite, defective in oxygen vacancies [3-4], which negative charge has attracted the  $\text{Ag}^+$  ions for their deposition.



**Figure 1.** SEM images (200x and 5000x) and EDS analysis of electroless ZnO/Ag deposits on the Mg-Ca0.3 surfaces, obtained from two aqueous solutions: (a, b and c) ZnO and (d, e and f)  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ .

### 4. CONCLUSIONS

Electroless ZnO nanoparticles (NPs) were deposited on Mg-Ca0.3 surface, from ZnO and  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  aqueous solutions. ZnO NPs average size was  $\approx 22.1 \text{ nm}^2$ . Raman spectroscopy showed signals consistent with the hexagonal structure of ZnO wurtzite structure, having oxygen vacancies. NPs of Ag of  $\approx 20 \text{ nm}^2$  were deposited in the vicinity of ZnO NPs.

### 5. REFERENCES

- [1] N. Li, Y. Zheng, *J. Mater. Sci. Technol.*, **29**, 489 (2013).
- [2] J.L. González-Murguía, L. Veleva, G. Rodríguez-Gattorno, M.Z. Figueroa-Torres, S. Feliu Jr., *Metals*, **11**,1357 (2021).
- [3] A. Khan, M.E. Kordesch. *Mater Lett*, **62**, 230 (2008).
- [4] C. Xu, X.W. Sun, X.H. Zhang, L. Ke, S.J. Chua, *Nanotechnology*, **15**, 856 (2014).

# Corrosion activity of extruded magnesium-aluminum alloy AM60 exposed to simulated marine environment

Presentación Oral

G. J. Sánchez Segovia, L. Chávez, L. Veleva\*

Applied Physics Department, Center for Investigation and Advanced Study (CINVESTAV),  
Mérida 97310, Mexico.

E-mail: [veleva@cinvestav.mx](mailto:veleva@cinvestav.mx)

| 227

## 1. INTRODUCTION

The Mg-alloys are considered as ideal materials for automotive and aerospace applications because of the lightest structural metals. Aluminium is one of the most important alloying elements due to its tendency to form a stable passive oxide layer on the surface in neutral environments. The reduction of the fuel consumption would lower the environmental pollution and this problem is linked to the development of new lightweight materials for automobile structures. The aim of the present work was to characterize the initial stages of the corrosion process of AM60 alloy (Mn-rich) during 30 days of exposure to a simulated marine environment.

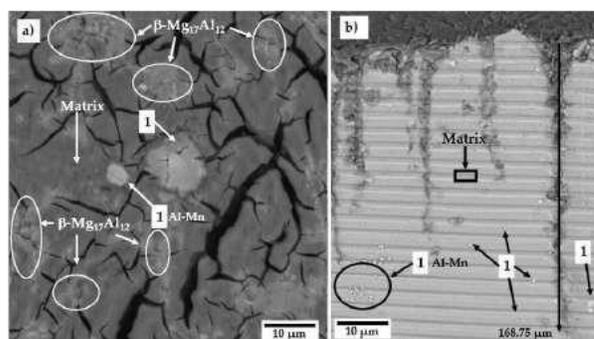
## 2. METHODOLOGY

The tested material (disc-shape of 1 mm in thickness) was exposed to a solution of NaCl + Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + NaHCO<sub>3</sub> [1] for different periods of time up to 30 days. In order to characterise the corrosion activity of the AM60, the change in time of pH, the released Mg<sup>2+</sup> ion concentration were measured, as well as the register of the OCP values and polarization curves. The morphology and elemental composition of the formed corrosion layers were analyzed by SEM-EDS and XPS. A traditional single cell arrangement with three electrodes was used for the register of polarization curves.

## 3. RESULTS

The initial pH value ( $\approx 7.8$ ) increased to  $\approx 9.4$ , while the released Mg<sup>2+</sup> ion concentration reached a value of  $\approx 325 \text{ mg L}^{-1}$ , due to the dissolution of the soluble MgCl<sub>2</sub> [2] corrosion product. The OCP shifted with 100 mV to a less negative value of potential, due to the formation of corrosion layers, as a physical barrier against the environment. The SEM-EDS analysis (Fig. 1a) revealed that the corrosion layer was cracked and the presence of Al-Mn and  $\beta\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$  intermetallic particles (labeled as 1 and 2) on the AM60 surface was confirmed. The localised attacks were observed near

the Mn-Al intermetallic particles, with cathodic activity. XPS revealed that Mg(OH)<sub>2</sub> was the main corrosion product and in a minor amount was Al(OH)<sub>3</sub>. The maximum depth of localized corrosion was  $\approx 168.75 \mu\text{m}$  (Fig. 1b).



**Figure 1.** SEM image of AM60 after a) 30 days of exposure and b) Cross section.

## 4. CONCLUSIONS

The change in time of pH, Mg<sup>2+</sup> ion concentration and OCP values, revealed that the Cl<sup>-</sup> ions, as a part of the simulated marine environment, led to localised attacks on the AM60 alloys surface, near the Al-Mn particles, acting as cathodic sites.

## 5. REFERENCES

- [1] K. H. Mistry, H. A. Hunter, and J. H. Lienhard V, *Desalination*, **318**, 34 (2013).
- [2] W. M. Haynes, D. R. Lide, and T. J. Bruno, *CRC Handbook of Chemistry and Physics 97th Edition*, P. 4-71, Boca Raton, FL, USA (2017).

## Corrosión localizada de aceros inoxidables endurecibles por precipitación inmersos en NaCl

Presentación Oral

B.S. Martínez Aparicio<sup>1\*</sup>, C. Gaona Tiburcio<sup>1</sup>, M. Lara Banda<sup>1</sup>, D. Martínez Bastidas<sup>2</sup>, O. Samaniego Gámez<sup>1</sup>, F. Almeraya Calderón<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME- Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica CIIA.

<sup>2</sup>The University of Akron.

E-mail: [martinezbrisa1992@gmail.com](mailto:martinezbrisa1992@gmail.com)

| 228

### 1. INTRODUCCIÓN

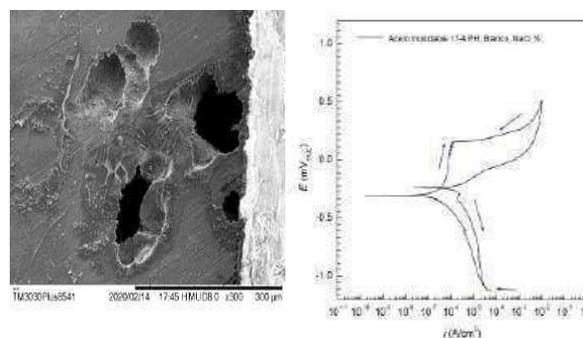
En el mundo moderno el acero juega un papel vital, ya que es barato, resistente e increíblemente versátil. Conocido principalmente, por ser uno de los materiales más importantes para la construcción. Asimismo, la versatilidad del acero crea oportunidades para otras industrias, por ejemplo, la automotriz, marítima, ferroviaria y la industria aeronáutica. En los inicios del uso de metales en la industria aeronáutica fue el acero la opción viable para la transición de las aeronaves de madera a metal [1-2]. La aparición de los aceros inoxidables trajo consigo nuevas aplicaciones en la industria aeronáutica en cuanto a resistencia a altas temperaturas y resistencia mecánica. Con el paso del tiempo se fueron estudiando características esenciales siendo una de las más importantes hasta el día de hoy, la resistencia a la corrosión.

En cuanto a los aceros inoxidables endurecibles por precipitación en una aeronave son aquellos con una microestructura martensítica templada, de alta resistencia y con una capa superficial de óxido de cromo protectora ante la corrosión. Hoy en día su aplicación en una aeronave es en componentes como: rodamientos, sistemas de frenos, partes del motor, engranajes, tren de aterrizaje, sujetadores, hipersustentadores y puntos de anclaje de las alas[3,4].

### 2. METODOLOGÍA

1. Pretratamiento:
  - 1.1 Preparación metalográfica.
  - 1.2 Limpieza
2. Pruebas electroquímicas.
  - 2.1 CPP.
3. Microscopía Electrónica de Barrido

### 3. RESULTADOS



### 4. CONCLUSIONES

Los resultados de la técnica (CPP) muestran la histéresis positiva propiciando el rompimiento de la capa pasiva, que repercute en corrosión localizada por picaduras.

A través de MEB se observó y corroboró la corrosión por picaduras en presencia de NaCl.

### 5. REFERENCIAS

- [1] P.A. Mouritz *Introduction to aerospace materials*, 1<sup>st</sup> ed; Woodhead Publishing Limited :Cambridge, United Kingdom (2012).
- [2] A21MX. Disponible en línea : <https://a21.com.mx/index.php/aeronautica/2018/05/07/en-100-anos-como-han-evolucionado-los-materiales-para-aviones>.
- [3] S. Gialanell, A. Malandrucolo., *Aerospace Alloys*, 1<sup>st</sup> ed; Springer Nature: Switzerland (2020).
- [4] B.S. Martinez A. et al., *ECS Transactions*, **106**, 223 (2022).

## Corrosion activity of carbon steel B450C and stainless steel SS430 exposed to extract solution of supersulfated cement

Presentación Oral

D. Bonfil, L. Veleva\*

Applied Physics Department, Center for Investigation and Advanced Study "CINVESTAV".

Mérida, 97310, México

E-mail: [veleva@cinvestav.mx](mailto:veleva@cinvestav.mx)

| 229

### 1. INTRODUCTION

Due to the high emissions of CO<sub>2</sub> (7-8%) associated to the production of portland cement clinker (PC), its substitution with supplementary cementitious materials (SCMS) have been proposed. The supersulfated cement (SS1) [1], based on 52% pumice (SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 34% hemidrite (CaSO<sub>4</sub>.1/2H<sub>2</sub>O) as a sulfatic activator, and alkaline activators (7% of PC and CaO), has been used to study the electrochemical behavior of carbon steel and stainless steel exposed to water extract solution of SS1 for 30 days, to simulate the environment at the steel-concrete-pore interface. The change in time of open circuit potential (OCP) and pH of the solution, surface characterization (SEM-EDS, XPS, XRD), as well as EIS diagrams, were performed. The obtained results were compared with those during the exposure to PC (cement extract) [2].

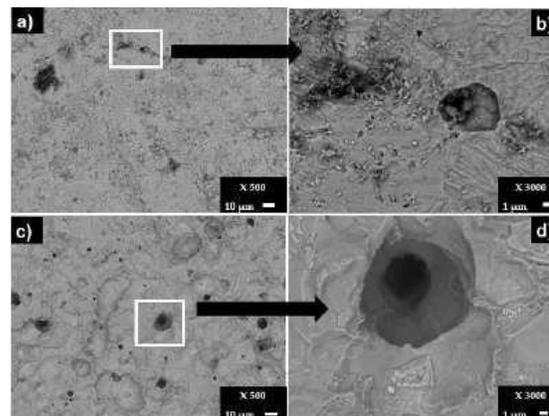
### 2. METHODOLOGY

Carbon steel B450C and stainless steel SS430 samples (0.8 cm<sup>2</sup>) were immersed in 10 ml of extract SS1 water solution. The register of pH and OCP carried out at 7, 14, 21 and 30 days. After those period of times Nyquist and Bode EIS diagrams were performed, using a typical three-electrode cell configuration. The surface characterization provided the composition and morphology of the formed corrosion layers and after their removal.

### 3. RESULTS

After 7 days of exposure, the less alkaline pH ( $\approx 7.6$ ) of SS1 solution and more negative OCP values of B450C ( $\approx -480$  mV vs SHE) indicated that the steel lost its passive state, while SS430 maintained very positive OCP ( $\approx 180$  mV), even the pH decreased to 7.8. These results are very similar to those obtained after the exposure of both steels in PC extract solution. The calculated Rp of SS430 (based on EIS diagram) was  $\approx 3$  orders higher in PC extract, than that in SS1 solution. However, in the case of B450C the Rp values were very similar in both extract solutions. After the

removal of the corrosion layers, the higher pitting attack was observed on B450C surface (Fig. 1c, d) after the exposure for 30 days to SS1. The localized attack on SS430 was less significant (Fig. 1a, b). The attacks may be attributed to the presence of Cl<sup>-</sup> ions detected in the corrosion products (SEM-EDS), probably originated from pumice [3].



**Figure 1.** SEM images of a) stainless steel SS430; b) Zoom of SS430; c) carbon steel B450C and d) zoom of B450C.

### 4. CONCLUSIONS

The previous results of this study suggest that the supersulfated cement (SS1), as composed (52% pumice), could be used as a substitute of the portland cement (PC) in environments free of chlorides.

### 5. REFERENCES

- [1] K. Cabrera, E. E. Maldonado, D. Nieves, P. Castro, and J. I. Escalante, *Cem. Concr. Compos.*, **124**, 104236 (2021).
- [2] Á. Bacelis, L. Veleva, S. Feliu Jr., M. Cabrini, S. Lorenzi, *Buildings*, **11**, 22 (2021).
- [3] K. Cabrera, E. E. Maldonado, D. Nieves, P. Castro, and J. I. Escalante, *Contr. Build mater.*, **176**, 145 (2018).

## Corrosión interna en las plantas de destilación primaria. Causas y su control

### Presentación Oral

L. M. Quej Ake\*, J. L. Alamilla, A. Contreras, H. B. Liu, E. Sosa

Instituto Mexicano del Petróleo, Gerencia de Ductos y Materiales, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, San Bartolo Atepehuacan, Gustavo A. Madero, C.P. 07730, Ciudad de México, México.

E-mail: [lquej@imp.mx](mailto:lquej@imp.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

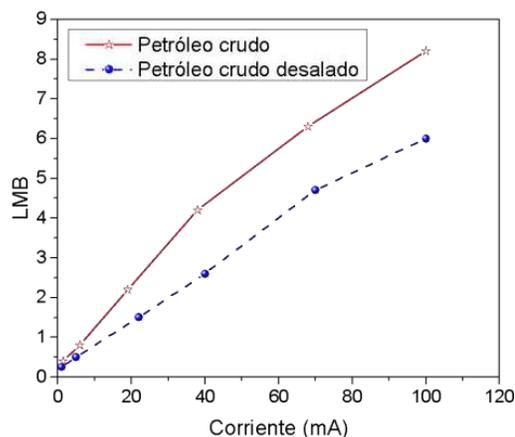
El proceso de corrosión en ambientes de refinería es uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la industria de hidrocarburos, esta situación se incrementa con la alta presencia de contaminantes en el petróleo crudo [1,2]. La mejor manera de entender la corrosión es conocer los componentes que la afectan y aplicar estrategias de protección (mitigación) debido al deterioro de metales. Una estrategia para mitigar el proceso de corrosión, es eliminar, desestabilizar (alterar), o dispersar los contaminantes que traen consigo el hidrocarburo para que el procesamiento del mismo, se lleve a cabo con las menores cantidades de impurezas. Otra, es la determinación de las velocidades de deterioro de los materiales metálicos de los equipos y accesorios de las unidades de destilación, para una mejor selección de materiales y tratamiento químico.

### 2. METODOLOGÍA

De esta manera, se presentan alternativas sobre el conocimiento de la problemática de la corrosión en los ambientes de refinería, en el mercado de formulaciones y tratamientos químicos en este tipo de plantas, desde la evaluación de materiales más resistentes a la corrosión, la selección del mejor tratamiento químico con productos existentes, así como la mejor dosificación del mismo.

### 3. PROBLEMÁTICA

Uno de los mayores problemas de corrosión que se manifiesta en las plantas de destilación primaria, de la refinación del petróleo del Sistema Nacional de Refinerías (SNR), lo ocasiona la presencia de altas concentraciones de sales solubles, diferentes concentraciones de medios ácidos-amargos (HCl + H<sub>2</sub>S), debido a los contaminantes que trae consigo el petróleo crudo a procesar.



**Figura 1.** Contenido de sal en el petróleo antes y después del proceso de desalado. LMB: libras de sal por cada mil barriles de crudo.

### 4. CONCLUSIONES

Es de vital importancia conocer y determinar las impurezas que trae consigo el petróleo crudo desde su recolección, transporte y procesamiento, con la finalidad de desestabilizarlo, dispersarlo, o eliminarlo de la mejor manera. El tratamiento químico inyectada en las torres de destilación primaria constantemente debe ser ajustado. Los tipos de corrosión que se presentan en las unidades de destilación primaria son: corrosión galvánica, corrosión bajo depósito, picaduras, erosión, y corrosión uniforme.

### 5. REFERENCIAS

- [1] L.M. Quej, A. Contreras, H.B. Liu, J.L. Alamilla, E. Sosa, *Anti-Corrosion Methods and Materials*, **66**, 101 (2019).
- [2] ASTM-D-3230, *Standard Test Method for Salts in Crude Oil (Electrometric Method)*, ASTM, West Conshohocken, PA (2019).

## Efecto del indio sobre las propiedades electroquímicas de ánodos de aluminio para la protección de acero al carbono

Presentación Oral

I. García García, A. R. Carrillo Ávila, M. O. Concha Guzmán, L. Lemus Cárdenas\*

Universidad de Guadalajara, Centro Universitario del Norte.

E-mail: [i.garcia@academicos.udg.mx](mailto:i.garcia@academicos.udg.mx)

231

### 1. INTRODUCCIÓN

Los ánodos de sacrificio son fabricados de aleaciones que son más electroquímicamente activas que los materiales que van a proteger [1]. Para la protección de acero al carbono se emplean aleaciones de aluminio (Al), magnesio (Mg) y zinc (Zn). Las aleaciones de aluminio han ganado terreno debido a que le brindan protección en distintos tipos de agua y a su bajo peso. En este trabajo exploramos el efecto que tiene el indio como aleante del aluminio [2] sobre sus propiedades electroquímicas de acuerdo con el método de prueba NACE (National Association of Corrosion Engineers).

### 2. METODOLOGÍA

Se obtuvieron ánodos de aluminio aleados con zinc y concentraciones de indio desde 0.016% hasta 0.040%. Las composiciones finales de cada ánodo se determinaron por medio de espectroscopia de emisión de chispa de acuerdo con el estándar ASTM E-1251 "Analysis of Aluminum and Aluminum Alloys by Spark Atomic Emission Spectrometry". Cada aleación se llevó a evaluación de propiedades electroquímicas de acuerdo con el método de prueba NACE-TM0190 "Impress Current Laboratory Testing of Aluminum and Zinc Alloy Anodes". Una vez determinadas las propiedades electroquímicas cada ánodo se probó para la protección de acero al carbono en agua de mar sintética (ASTM D-1141 "Synthetic sea water") y potable con conductividades eléctricas de 100 a 2000  $\mu\text{S}/\text{Cm}$ .

### 3. RESULTADOS

Los resultados de la evaluación NACE-TM0190 se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Propiedades electroquímicas de ánodos de aluminio, 2.5% zinc, x% indio.

Ánodo Al, % de In	Capacidad de corriente, AH/kg	Eficiencia de corriente, %	Potencial a circuito cerrado, V vs Ag/AgCl
0.016	2550	91	-1.030
0.020	2510	85	-1.051
0.025	2439	79	-1.055
0.030	2312	76	-1.070
0.035	2198	73	-1.085
0.040	2115	69	-1.100

La aleación de aluminio 2.5% zinc, 0.016% indio mostró un buen desempeño en la protección de acero al carbono en agua de mar, mientras que la aleación de aluminio 2.5% zinc, 0.035% indio lo hizo en agua potable de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Se establece lo anterior en función de que cumplieron con los criterios establecidos en el estándar NACE-SP0169 "Control of External Corrosion on Underground of Submerged Metallic Piping Systems".

### 4. CONCLUSIONES

El ánodo de aluminio aleado con 2.5% de zinc y con diferentes concentraciones de indio se puede emplear para la protección de acero al carbono en agua potable y agua de mar, lo cual lo hace útil para proteger desde el casco de un barco, hasta un calentador de agua doméstico.

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. Singh, *Corrosion Control of Offshore Structures*, p.47, Gulf Professional Publishing, USA (2014).
- [2] W.V. Baeckmann, W. Schwenk, W. Prinz, *Handbook of Cathodic Protection*, p. 188, Gulf Professional Publishing, USA (1997).

## Estudio electroquímico de una película hidrofóbica de $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HDTMS aplicada sobre acero de bajo carbono

Presentación Oral

L. J. Torres Martínez<sup>1</sup>, D. E. Arceo Gómez<sup>2</sup>, R. Galván Martínez<sup>1</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> UV-CA-245. Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería, UV.

<sup>2</sup> Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

232

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es un problema que afecta a la mayor parte de la población en muchos ámbitos, uno muy en específico es el sector industrial, ya que es un problema que se toma en serio para poder mitigarlo lo mayor posible [1]. Por ello, en este trabajo, se desarrolló una película de alúmina ( $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) funcionalizada con una película hidrofóbica de hexadeciltrimetoxisilano (HDTMS) para su aplicación sobre un acero 1018. Por lo tanto, el objetivo principal es evaluar la capacidad protectora del sistema de películas  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HDTMS sinterizada a diferentes temperaturas sobre un acero AISI 1018 para maximizar la vida útil del sustrato metálico.

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis de la película  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> se llevó a cabo empleando un precursor de trisecbutóxido de aluminio a una concentración de 0.1 y 0.5 M y se sinterizaron a temperaturas de 350, 450 y 550 °C [2]. Por otra parte, la película de HDTMS se preparó a una concentración del 1% y se aplicó sobre la película  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, luego se aplicó un tratamiento térmico con una temperatura de 120 °C. Ambas películas se aplicaron por el método de inmersión. Para medir las propiedades hidrofóbicas de la película  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HDTMS se realizó la medición del ángulo de contacto estático. Para la evaluación electroquímica se utilizó una celda convencional de tres electrodos y una solución de NaCl al 3.5% en una serie de tiempo de 72 horas. Las técnicas electroquímicas fueron: Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE) y Curvas de Polarización (CP).

### 3. RESULTADOS

La aplicación del HDTMS proporciona un aumento en la hidrofobicidad de la película  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Los resultados por EIE, arrojaron un incremento en los valores de impedancia con película  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HDTMS.

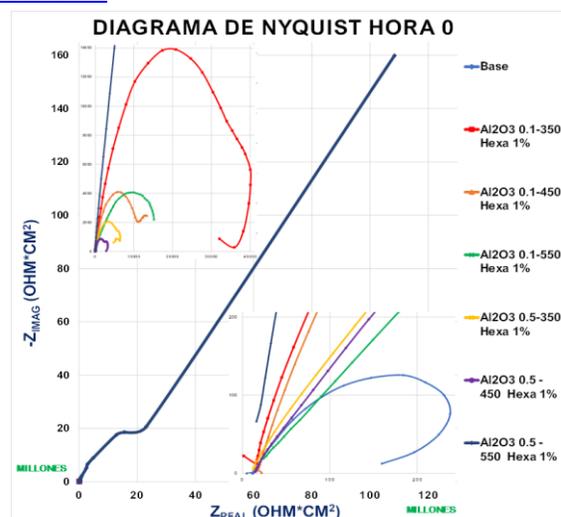


Figura 1. Diagrama de Nyquist del acero 1018 con y sin película de  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HDTMS.

### 4. CONCLUSIONES

La película de  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HDTMS a 0.5M y a 550°C fue la que obtuvo la mayor capacidad protectora después de 72 horas de exposición en NaCl a 3.5%. La película de  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/HDTMS es una opción económica y amigable con el ambiente que mejora la protección del acero 1018.

### 5. REFERENCIAS

- [1] G. Ruhi, O.P. Modi, A.S.K. Sinha, I.B. Singh, *Corrosion Science*, **50**, 639 (2008).
- [2] K. Tadanaga, N. Katata, T. Minami, *Journal of the American Ceramic Society*, **80**, 1040 (1997).

## Comportamiento de la corrosión de aceros inoxidable endurecibles por precipitación pasivados en soluciones ácidas

Presentación Oral

J. M. Villegas Tovar, C. Gaona Tiburcio, M. Lara Banda, J. Cabral M.,  
F. Estupiñan L., F. Almeraya Calderón\*

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME). Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIA) Aeropuerto Internacional del Norte Carr. Salinas Victoria km 2.3, Apodaca, N.L, México.

E-mail: [falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com](mailto:falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com)

233

### 1. INTRODUCCIÓN

La industria aeronáutica es una de las más exigentes en todos los ámbitos, especialmente con los materiales que emplea en la construcción de aeronaves, ya sea para la aviación civil o comercial. Debido a esta alta exigencia de estándares el desarrollo y/o mejora de nuevos materiales es crucial para el cumplimiento de las condiciones de servicio y seguridad, por tanto, la resistencia mecánica, dureza, fluencia y corrosión, entre otras, deben ser propiedades adecuadas para el cumplimiento de la industria [1].

En la fabricación de aeronaves se emplea alrededor del 8% en peso de aceros inoxidables, su uso es limitado debido a la densidad del acero respecto a otros materiales, sin embargo por sus propiedades tienen la ventaja de resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión, costos y disponibilidad[2].

### 2. METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron por inmersión en una celda de corrosión con un arreglo de 3 electrodos, a una temperatura de 25°C. El electrodo de referencia utilizado fue de calomel saturado (SCE), para el electrodo auxiliar se utilizó uno de platino y el electrodo de trabajo fueron los aceros previamente pasivados. El electrolito utilizado fue cloruro de sodio (NaCl). La técnica Electroquímica empleada fue curvas de polarización potenciodinámica.

Para el pasivado de los aceros inoxidables se utilizó ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ) y ácido nítrico ( $HNO_3$ ), con tiempos de inmersión de 60 y 90 min. Este proceso se realiza a una temperatura de 25°C.

### 3. RESULTADOS

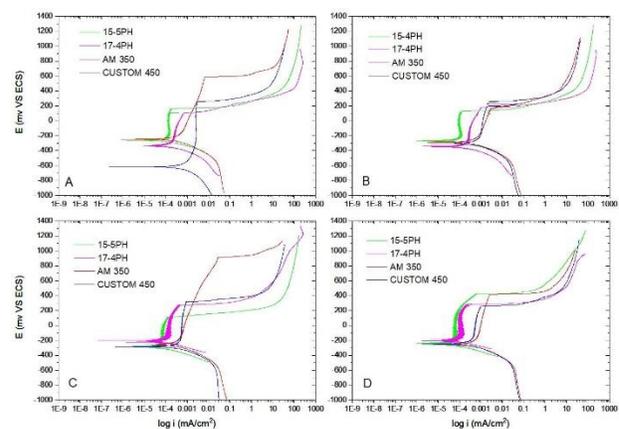


Figura 1. Curvas de polarización potenciodinámicas con pasivado en ácido cítrico A) 60 minutos, B) 90 minutos; ácido nítrico C) 60 minutos, D) 90 minutos

### 4. CONCLUSIONES

En todos los casos los aceros pasivados con ácido nítrico aumentan su potencial de picado en comparación con los aceros pasivados en ácido cítrico. Todos los aceros pasivados en ácido cítrico presentan densidades de corriente del orden de magnitud de  $10^{-4}$ . Los aceros 15-5 y 17-4 presentan una densidad de corriente menor que el AM 350 y el Custom 450 pasivados en ácido cítrico.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. Andersen, Phillip, *Biomaterials Science// Stainless Steels*, p. 249–255, United States (2020).
- [2] A. P. Mouritz, *Introduction to Aerospace Materials*, Elsevier (2012).

## Poli(líquidos iónicos) basados en vinilcaprolactama como inhibidores de corrosión para el acero API 5L X60 en ácido sulfúrico

### Presentación Oral

G. Gómez Sánchez<sup>1\*</sup>, P. Arellanes Lozada<sup>1</sup>, O. Olivares Xometl<sup>1</sup>, N. Victorovna Likhanova<sup>2</sup>, I. Victorovna Lijanova<sup>3</sup>, V. Díaz Jiménez<sup>1</sup>

234

<sup>1</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química, Av. San Claudio y 18 Sur, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel, 72570 Puebla, Puebla, México.

<sup>2</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Gerencia de Materiales y Desarrollo de Productos Químicos, Eje Central Lázaro Cárdenas No. 152, Col. San Bartolo Atepehuacan, C. P. 07730 Ciudad de México, CDMX, México.

<sup>3</sup> Instituto Politécnico Nacional, CIITEC, Cerrada Cecati S/N, Col. Santa Catarina, Azcapotzalco, C. P. 02250 Ciudad de México, CDMX, México.

\*E-mail: [giselle.gomez@alumno.buap.mx](mailto:giselle.gomez@alumno.buap.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los Poli(líquidos iónicos) (PLIs) han ganado auge como una alternativa potencial para el control de la corrosión ácida y consisten en un grupo de polielectrolitos que están constituidos por diferentes bloques, que incluyen sustituyentes derivados de polímeros con la presencia de monómeros de especies iónicas, donde los centros catiónicos o aniónicos están limitados a las unidades que se repiten en la cadena del polímero [1,2]. Sin embargo, su aplicación en este campo no ha sido muy estudiada, por lo que el presente trabajo evalúa su efecto para inhibir la corrosión del acero API 5L X60 en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.0 M a partir de técnicas electroquímicas.

### 2. METODOLOGÍA

El sistema evaluado fue H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 M en ausencia y presencia de PLIs a 25 °C. Se evaluaron tres PLIs con Poli (N – vinilcaprolactama – co – bromuro 1 – vinil – 3 – etilimidazolio – co – X), donde X representa diferentes bloques: acrilamida (CAP–1), acrilato de sodio (CAP–2) y 2-hidroxietil metacrilato (CAP–3). Los análisis electroquímicos se llevaron a cabo mediante un potencióstato/galvanostato, utilizando las técnicas de Resistencia a la Polarización Lineal (LPR), Polarización Potenciodinámica (PDP) y Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS) [3].

### 3. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra que el acero API 5L X60

en presencia de los PLIs obtuvo valores mayores de resistencia a la polarización ( $R_p$ ) y menores valores de  $j_{corr}$ , esto sugiere el bloqueo de los sitios activos del acero través de una película adsorbida de PLI [4]. Los análisis de EIS indican que la adición de los ICs modificó la impedancia del acero. Este efecto se asocia a una mayor resistencia de transferencia de carga en la interfase metal – solución [5].

**Tabla 1.** Parámetros electroquímicos de LPR y PDP del acero API 5L X60 en presencia de 100 ppm de PLIs.

ICs	$R_p$ $\Omega\text{ cm}^2$	$j_{corr}$ $\mu\text{A cm}^{-2}$	$v_{corr}$ $\text{mm año}^{-1}$	$EI_{RP}$ %	$EI_{PDP}$ %
Blanco	48	548	6.36	-	-
CAP – 1	88	234	2.72	46	57
CAP – 2	109	173	2.01	56	68
CAP – 3	124	176	2.04	61	68

### 4. CONCLUSIONES

La adición de los PLIs al medio de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.0 M disminuyó la velocidad de corrosión ( $v_{corr}$ ) del acero API 5L X60, a través del bloqueo de sus sitios activos. Las eficiencias de inhibición (EI) de los PLIs se atribuyen al efecto anticorrosivo de sus bloques poliméricos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. Yuan, D. Mecerreyes, M. Antonietti, *Prog. Polym. Sci.* **38** 1009–1036 (2013).
- [2] D. Mecerreyes, *Prog. Polym. Sci.* **36** 1629–1648 (2011).
- [3] ASTM G1-03, *Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion* 1–9 (2017).

# Inhibidor de la corrosión a base de yoduro de sulfonio para el acero API 5L X52 en medios ácidos

Presentación Oral

V. Díaz Jiménez<sup>1\*</sup>, O. Olivares Xometl<sup>1</sup>, P. Arellanes Lozada<sup>1</sup>, N. Victorovna Likhanova<sup>2</sup>, G. Gómez Sánchez<sup>1</sup>, J. Arriola Morales<sup>1</sup>, J. C. Mendoza Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Química.

<sup>2</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Gerencia de Ingeniería de Recuperación Adicional.

E-mail: [victor.diazj@alumno.buap.mx](mailto:victor.diazj@alumno.buap.mx)

235

## 1. INTRODUCCIÓN

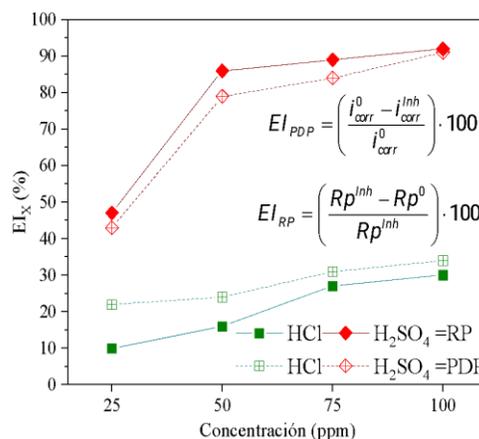
Existen tres razones principales para el estudio de la corrosión: seguridad, economía y ambiente. Por estas razones, a lo largo de las últimas décadas se ha realizado la aplicación de inhibidores de la corrosión (ICs) a nivel industrial [1]. No obstante, representan un peligro potencial debido al aumento de estrictas regulaciones y preocupaciones medio ambientales, siendo los Líquidos Iónicos (LIs) considerados como potenciales compuestos que pueden cumplir las regulaciones. Estos compuestos son un grupo de sales compuestas, que presentan un punto de fusión generalmente menor a los 100°C y que poseen un carácter iónico único [2].

## 2. METODOLOGÍA

El material empleado para las pruebas electroquímicas de Resistencia a la Polarización (RP) y Polarización Potenciodinámica (PDP) fue acero API 5L X52. El medio corrosivo fue solución de HCl 1.0 M y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.0 M. Se evaluó el Yoduro de Decildimetilsulfonio [Sulf<sup>+</sup>I<sup>-</sup>] a diferentes concentraciones.

## 3. RESULTADOS

En la Fig. 1, se observan mayores eficiencias de inhibición (EIs) en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en comparación con HCl para todas las concentraciones evaluadas, siendo relacionado con el tipo de iones disueltos en el medio, en soluciones de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se presenta una mayor cantidad de hidronio (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) que disuelven la película de óxidos formada en la interface metálica, generando una mayor disolución del metal [3]. También es asociado a la mayor solubilidad de los productos de corrosión formados a partir de Cl como FeCl<sub>2</sub> y FeCl<sub>3</sub> FeCl<sub>3</sub> [4].



**Figura 1.** EIs inhibición de RP y PDP del acero API 5L X52 en medios corrosivos y diferentes concentraciones de [Sulf<sup>+</sup>I<sup>-</sup>].

## 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que [Sulf<sup>+</sup>I<sup>-</sup>] es adsorbido a través del azufre y yoduro, formando una película inhibitoria sobre los sitios activos del acero API 5L X52, disminuyendo el daño superficial, especialmente frente a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1.0 M.

## 5. REFERENCIAS

- [1] G.C. Dariva, F.A. Galio, *Dev. Corros. Prot.*, (2014).
- [2] E. Kowsari, M. Payami, R. Amini, B. Ramezanzadeh, M. Javanbakht, *Appl. Surf. Sci.*, **289**, 478 (2014).
- [3] R.W. Revie, H.H. Uhlig, *Corrosion and Corrosion Control - An introduction to Corrosion Science and Engineering*, 1, John Wiley & Sons, Inc., USA (2008).
- [4] C.K. Gupta, T.K. Mukherjee, *Hydrometallurgy in Extraction Processes*, 1, Routledge, USA (2019).

## Corrosión localizada de aceros inoxidable martensíticos y semiausteníticos

Presentación Oral

O. Samaniego Gámez, C. Gaona Tiburcio, M. Lara Banda, J. Jaquez M., J. Cabral M.,  
F. Estupiñan L., F. Almeraya Calderón\*.

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
(FIME). Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIA) Aeropuerto  
Internacional del Norte Carr. Salinas Victoria km 2.3, Apodaca, N.L, México.

E-mail: [falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com](mailto:falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com)

236

### 1. INTRODUCCIÓN

El deterioro por corrosión de los materiales en la industria aeronáutica es un problema importante que afecta a aspectos económicos, de seguridad y logísticos. Los métodos de protección contra la corrosión buscan ser amigables con el medio ambiente debido a las exigencias del sector aeronáutico. El tratamiento de pasivación es un método de protección comúnmente utilizado en aceros inoxidable (SS) para aumentar su resistencia a la corrosión. Los aceros inoxidable son ampliamente utilizados en la industria debido a su excelente resistencia mecánica, resistencia a la corrosión y resistencia al impacto.

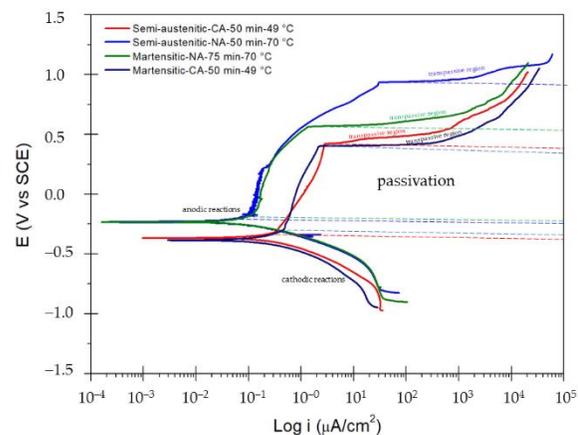
Los materiales aeronáuticos como el acero inoxidable se utilizan en varios componentes y comúnmente están expuestos a diferentes atmósferas, como la industrial y la marina.

Según la fase principal, los aceros inoxidable PH se agrupan en tres clases principales: austenítico ( $\gamma$ ), semiaustenítico ( $\gamma$  y  $\delta$ ) y martensítico ( $\alpha'$ ). La composición química es la principal razón para la obtención de excelentes propiedades y la microestructura final del PHSS.

### 2. METODOLOGÍA

Este trabajo se pasivaron los aceros inoxidable endurecibles por precipitación grado martensítico y semi-austenítico en baños de ácido cítrico y nítrico a 49 y 70 °C por 50 y 75 min, sumergidos en soluciones de NaCl al 5% y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 1%, aplicando polarización potenciodinámica (PP) y Ruido Electroquímico (RE). El análisis microestructural se realizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía óptica (OM). La capa pasivada se caracterizó por espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (XPS).

### 3. RESULTADOS



**Figura 1:** Curvas de polarización potenciodinámicas para aceros inoxidable martensíticos y semiausteníticos pasivados y expuestos en NaCl al 3.5 %.

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados indicaron que la muestra semiaustenítica-NA-50 min-70 °C mostró el mejor comportamiento de resistencia a la corrosión en ambas soluciones.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Almeraya-Calderón, F. et al., *Metals*, **12**, 1033 (2022).
- [2] Samaniego-Gámez, O. et al., *Metals*, **12**, 666 (2022).

# Efecto de la presión hidrostática en la velocidad de corrosión del acero API 5L X52 en un medio marino simulado de aguas profundas

Presentación Oral

E. López Baltazar\*, A. Covelo Villar, A. Barba Pingarrón, M. A. Hernández Gallegos,  
R. González Parra

CENISA, Depto. de Ingeniería de Diseño y Manufactura, DIMEI. Facultad de Ingeniería, UNAM,  
Av. Universidad 3000, Copilco, 04510, Ciudad de México.

E-mail: [enriquelopezb.z1959@comunidad.unam.mx](mailto:enriquelopezb.z1959@comunidad.unam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos cien años, se han hecho en el mundo diversos estudios sobre el efecto que tiene el agua de mar en la corrosión de los metales a diferentes profundidades. La complejidad del agua de mar en conjunto con diversos factores como la presión hidrostática, composición química, velocidad del agua, temperatura, contenido de oxígeno disuelto, salinidad y vida microbológica, inciden en el deterioro de las tuberías de acero que transportan hidrocarburos en el medio marino. Aunado a lo anterior, las condiciones de alta presión dificultan el estudio de los fenómenos de corrosión [1] *in situ*. Por ello, el objetivo de esta investigación es conocer el efecto de la presión hidrostática y de la temperatura en las propiedades mecánicas y electroquímicas del acero API 5L X-52 en un ambiente marino simulado de aguas profundas, para caracterizar el deterioro mecánico en condiciones extremas de degradación metálica.

## 2. METODOLOGÍA

Para la evaluación de la velocidad de corrosión del acero API 5L X52, se utilizó un equipo experimental consistente de un recipiente cilíndrico de acero inoxidable, una bomba, agua de mar sintética como electrolito, tres electrodos de trabajo de acero X52, un electrodo auxiliar de platino y un electrodo de referencia de Ag/AgCl, a diferentes presiones y temperaturas, desde presión atmosférica hasta 20.68 MPa entre 26.41 °C a 4°C respectivamente. Se utilizaron las técnicas de Ruido electroquímico, Espectroscopía de Impedancia Electroquímica, Resistencia de polarización y Curvas de polarización. Para el análisis morfológico se empleó microscopía electrónica de barrido.

## 3. RESULTADOS

Se observó que la velocidad de corrosión del acero

X52 de los productos es mayor a presión atmosférica que a altas presiones, ya que la densidad de corriente disminuye a medida que se incrementa la presión de operación (Fig. 1). de corrosión formados en todo el intervalo de presiones fueron  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\gamma\text{-FeOOH}$ , y  $\alpha\text{-FeOOH}$  [2].

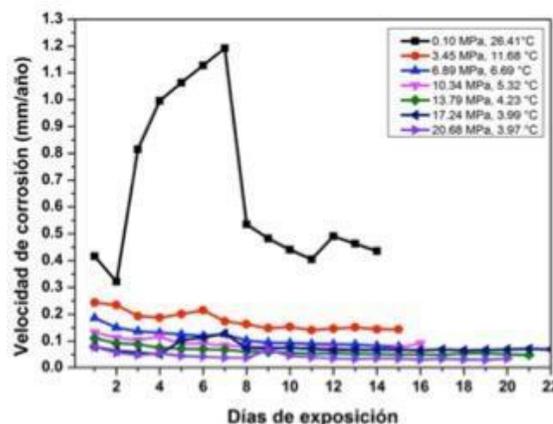


Figura 1. Variación de la velocidad de corrosión con la presión hidrostática.

## 4. CONCLUSIONES

La velocidad de corrosión del acero API 5L X52 es más alta a presión atmosférica y disminuye conforme aumenta la presión hidrostática con la profundidad. Sin embargo, a medida que aumenta la presión hidrostática, el mecanismo de corrosión induce la formación de picaduras.

## 5. REFERENCIAS

- [1] D. Giovanelli, N. S. Lawrence, R. G. Compton, *Electroanalysis*, **16**, 189 (2004). [2] C. Xu, Y. Zhu, W. Liu et al., *Corrosion Engineering, Science and Technology*, **56**, 383 (2021).

# Estudio de bioactividad del recubrimiento biovidrio S53P4-hidroxiapatita y su efecto sobre la corrosión de la aleación AZ31 en un fluido fisiológico simulado

## Presentación Oral

Aké Turriza, L. Dzib Pérez, J. González Sánchez, I. Pech Pech, O. Bilyy\*

Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, Col. Buenavista, Campeche, Camp, México, C.P. 24039.

E-mail: [al046807@uacam.mx](mailto:al046807@uacam.mx)

238

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos recubrimientos que permita el control de la reactividad de implantes metálicos, es la clave para el desarrollo de nuevos materiales aplicados como prótesis bioabsorbibles y bioactivos para la formación de hueso [1]. En este trabajo se presenta la evaluación de la bioactividad y el comportamiento electroquímico, en un fluido fisiológico simulado (SBF), del sistema compuesto de hidroxiapatita y biovidrio S53P4 depositado sobre la aleación AZ31.

## 2. METODOLOGÍA

Para realizar las mediciones electroquímicas fueron fabricados ultramicroelectrodos (UME) a partir de un alambre de platino de 25  $\mu\text{m}$  de diámetro, siguiendo la metodología propuesta por Bard y Mirkin [2]. Los UME fueron calibrados mediante voltamperometría cíclica en una solución de 1mM Ferrocenometanol (FCMeOH). La SBF fue preparada siguiendo la metodología reportada por Kokubo [3]. La evaluación electroquímica fue llevada a cabo mediante curvas de aproximación en un microscopio electroquímico de barrido modelo CHI 920C. La bioactividad del recubrimiento y los productos de corrosión fueron estudiados mediante microscopía electrónica de barrido, espectroscopia de energía dispersiva de rayos X (EDS) y espectroscopia Raman.

## 3. RESULTADOS

Una señal similar sigmoidal en los barridos asociados a la oxidación y reducción del FCMeOH, obtenidos mediante voltamperometrías cíclicas, demostraron la correcta fabricación y calibración de los UME. Los resultados obtenidos mediante SECM demostraron que la aleación AZ31 sin recubrimiento (M1) presenta una mayor corriente de corrosión a tiempos iniciales en comparación con la aleación recubierta de hidroxiapatita y biovidrio (M1-R). Además, las curvas de aproximación revelaron para la muestra M1, altas corrientes de corrosión en el rango de tiempos (t) de 0

a 10 min ( $0 < t < 10 \text{min}$ ), seguido de un decremento en esta corriente para tiempos posteriores ( $t > 10 \text{min}$ ).

Este comportamiento fue diferente para la muestra M1-R, donde un incremento gradual en la corriente de corrosión fue obtenido en el rango de  $0 < t < 60 \text{min}$ ; para  $60 < t < 120 \text{min}$  la corriente no presenta cambios significativos; sin embargo, un nuevo incremento en la corriente de corrosión fue observado para  $t > 120 \text{min}$ . Después de 15 días de inmersión de la muestra M1-R en la SBF, el análisis de EDS reveló la ausencia superficial de calcio y un alto porcentaje de magnesio en la película formada sobre su superficie. El análisis por espectroscopia Raman reveló principalmente la presencia de bandas asociadas a la formación de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . Sin embargo, esta muestra reveló la presencia de calcio y bandas asociadas a la formación de apatita para tiempos menores de inmersión ( $t < 4$  horas).

## 4. CONCLUSIONES

Estos resultados demuestran que el recubrimiento estudiado evita la alta tasa de corrosión de la aleación AZ31 en tiempos iniciales. La formación de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  como producto de corrosión ha demostrado limitar la bioactividad del recubrimiento.

## 5. REFERENCIAS

- [1] A. Briceno et al., *Congreso Internacional de Materiales*, p. 256, Medellín, Colombia (2014)
- [2] M. Bard Allen, *Scanning Electrochemical Microscopy*, Marcel Dekker, Inc., Estados Unidos de América (2001).
- [3] T. Kokubo., *Journal of Non-crystalline Solid*, **120**, 138 (1990).

# Evaluación de la corrosión de magnesio modificando su superficie con hidroxiapatita de calcio para aplicaciones médicas

## Presentación Oral

S. E. Martínez Solís<sup>1</sup>, G. Galicia Aguilar<sup>1</sup>, O. Viveros Cancino<sup>1</sup>, J. L. Ramírez Reyes<sup>1</sup>, E. Gallardo Castán<sup>2</sup>, G. Lugo Islas<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de ingeniería Universidad Veracruzana Campus Boca del Río

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas Campus Poza Rica

E-mail: [eliadam75s@gmail.com](mailto:eliadam75s@gmail.com)

| 239

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen grandes ventajas que ofrecen las aleaciones base magnesio, tanto en el sector industrial como en el área médica. Esta relación particularmente se trata de su bajo peso, altas propiedades mecánicas, gran biocompatibilidad (es el cuarto ion más abundante en el cuerpo) y factibilidad por su gran abundancia en el planeta [1,2].

El uso de magnesio y/o aleaciones en prótesis o implantes articulares evitaría una segunda cirugía. Reportes médicos han señalado que el 90% de los pacientes en los que se ha introducido un implante ya no regresan al retiro del material metálico una vez que este mismo ha cumplido su función.

El hecho de no retirar un implante puede causar una afectación a los riñones por la degradación metálica debido a la interacción de los fluidos corporales compuestos principalmente por NaCl, lo cual resulta ser un medio muy agresivo para los implantes metálicos [3,4].

Por lo tanto, en la búsqueda de una metodología para controlar la degradación por corrosión de magnesio puro, se propone evaluar electroquímicamente el comportamiento corrosivo de magnesio con y sin tratamiento químico superficial de hidroxiapatita de calcio en una solución fisiológica simulada con el propósito de conocer la eficacia del tratamiento químico superficial sobre el sustrato.

## 2. METODOLOGÍA

Se desbastaron las placas metálicas de Mg de 2.5 cm<sup>2</sup> de área con grado 80, 200, 400 y 600 SiC. Se preparó la solución fisiológica simulada “Kokubo” y se expusieron las placas metálicas durante 0, 1, 5, 10, 15, 20, 25, y 30 días. Finalmente, se evaluó la interface metal-electrolito y se comparó con información de la interfase metal-recubrimiento-electrolito.

## 3. RESULTADOS

Los datos experimentales obtenidos revelaron una  $V_{\text{corr}}$  de 1.5500 mm/año en el día 1 de exposición. El uso del recubrimiento aplicado ralentizó la degradación por corrosión en un factor del 10 % sin embargo, la eficiencia del recubrimiento comenzó a decrecer a partir del día 5 de exposición.

## 4. CONCLUSIONES

La pronta degradación del recubrimiento obedece a la alta concentración de iones cloruro en la solución fisiológica, ya que el tipo de corrosión observada al final de la experimentación es de tipo localizada (aeración diferencial y filiforme).

## 5. REFERENCIAS

- [1] H. Quitana Camacho, *Evaluación de la Corrosión de Magnesio para Aplicaciones Médicas: Estudio de la Interfase de Superficies Modificadas con Fosfatos y películas Biopoliméricas*, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México (2016).
- [2] V. Tsakiris, et al., *Journal of Magnesium and alloys*, **9**, 1884 (2021).
- [3] A. L. Alvarez, *Estudio sobre la liberación de partículas y su relación con el estrés oxidativo en prótesis total de cadera metal-metal y par cerámica-metal*. Universidad CEU Cardenal Herrera, Valencia (2017)
- [4] Canalias Bages, A., & Ramirez Zanotty, D. (n.d.). *Reacciones Locales y generales del organismo a los implantes osteoarticulares*. Barcelona : Hospital de Terrassa

# Efecto del pH en la formación de fosfatos para controlar la degradación de magnesio puro

## Presentación Oral

S. E. Martínez Solís<sup>1</sup>, G. Galicia Aguilar<sup>1</sup>, O. Viveros Cancino<sup>1</sup>, J. L. Ramírez Reyes<sup>1</sup>, E. Gallardo Castán<sup>2</sup>, G. Lugo Islas<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de ingeniería Universidad Veracruzana Campus Boca del Río

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas Campus Poza Rica

E-mail: [eliadam75s@gmail.com](mailto:eliadam75s@gmail.com)

| 240

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de materiales metálicos dentro del cuerpo humano es una práctica que se ha realizado desde hace mucho tiempo con la finalidad de ayudar al sistema locomotor. Sin embargo, estudios han revelado una degradación por corrosión ocasionando efectos secundarios particularmente en órganos como los riñones [1].

Diversos grupos de investigación han apostado al uso de magnesio y sus aleaciones ya que es biocompatible con el cuerpo humano además de ser el cuarto catión presente en nuestro organismo [2]. No obstante, en el interés por magnesio la ciencia debe afrontar un reto que hasta la fecha limita el uso de dicho material. El reto ha sido y sigue siendo controlar la velocidad de degradación por corrosión. Ante este panorama, se han buscado diversos recubrimientos observando propiedades tales como: adherencia, biocompatibilidad e insolubilidad principalmente. En este sentido, en este trabajo de investigación se ha propuesto añadir un tratamiento químico superficial de sustancias fosfatadas que formen una barrera temporal y ralenticen así la velocidad de degradación por corrosión del magnesio con el propósito de vislumbrar su uso para implantes temporales durante la recuperación y formación de los osteoblastos.

## 2. METODOLOGÍA

En una primera etapa se prepararon muestras de magnesio puro y se expusieron en una solución fisiológica “Kokubo”. En una segunda etapa se aplicó un tratamiento químico de fosfatado haciendo variar el pH del medio para formar un recubrimiento de fosfatos. En ambas etapas se evaluó la interfase metal electrolito en función del tiempo con la ayuda de técnicas electroquímicas (Rp, EIE y extrapolación de Tafel). La experimentación se realizó por duplicado a temperatura ambiente del Puerto de Veracruz.

## 3. RESULTADOS

El estudio del magnesio desnudo a través de Rp indicó un decremento en la velocidad de corrosión, a 60 min de exposición en solución fisiológica mostró una  $V_{corr}$  de 0.8239 mm/año, mientras que a 240 min una  $V_{corr}$  de 0.6813 mm/año dando lugar a la corrosión localizada filiforme. La evaluación de magnesio fosfatado a pH 10, 11 y 12 a través de la técnica EIE durante 5 días de exposición mostró un semicírculo capacitivo correspondiente a la transferencia de carga causada por el desprendimiento de los fosfatos, dando lugar a un segundo semicírculo que hace referencia a la transferencia de masa causando corrosión localizada filiforme. En la técnica Extrapolación de Tafel se identificó el control cinético activacional en la reacción electroquímica.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados electroquímicos de la prueba a 5 días de los diferentes pH's mostraron una mayor eficiencia en el pH 10 y 11 donde se observó la formación de una capa cristalina no uniforme que protegió temporalmente al magnesio, reduciendo así su velocidad de corrosión de un periodo de inmersión de 4 a 5 días.

## 5. REFERENCIAS

- [1] NCBI. (2017, 08 30). *National Library of Medicine*. Retrieved from LiverTox: clinical and research information on Drug-Induced Liver Injury: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK548090/>
- [2] G. Song, A. Atrens, *Advanced engineering materials*, **9**, 177 (2007).

# Efecto del flujo turbulento en el desempeño de NPs de CeO<sub>2</sub> como inhibidor de la corrosión en un acero X100

## Presentación Oral

C. Campechano Lira<sup>1,2\*</sup>, A. Bedolla Jacuinde<sup>3</sup>, R. Orozco Cruz<sup>2</sup>, A. Carmona Hernández<sup>2</sup>, A. Espinosa Vazquez<sup>2</sup>, M. A. Martínez Cosío<sup>2</sup>, R. Galván Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana, Veracruz, México

<sup>2</sup> Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>3</sup> Instituto de Investigación en Metalurgia y Materiales, Universidad Michoacana, Michoacán, México.

E-mail: [clari.cmlp@gmail.com](mailto:clari.cmlp@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

El CeO<sub>2</sub> se ha considerado un importante nanomaterial para aplicaciones en catalizadores, pilas de combustible, sensores de oxígeno, dispositivos ópticos, entre otros. Esto se debe a la capacidad de cambiar entre el estado reducido y el oxidado como resultado del cambio en la concentración de oxígeno, el CeO<sub>2</sub> actúa proporcionando oxígeno en condiciones de escasez y eliminándolo cuando es abundante. [1] Es por ello que diversos proyectos de investigación [2-3] emplean al CeO<sub>2</sub> como barrera contra la corrosión ya que en la mayoría de los procesos de corrosión la reacción dominante es la reducción del oxígeno y en consecuencia grupos OH<sup>-</sup>, como productos secundarios que facilitan la formación de Ce(OH)<sub>3</sub>/CeO<sub>2</sub> en la zonas catódicas, creando una barrera para las especies corrosivas hacia la superficie del metal. Así mismo los óxidos formados son insolubles, este efecto está asociado al proceso de oxidación del Ce<sup>4+</sup>, debido al oxígeno disuelto en el medio. Estos precipitados crean una barrera para suministrar oxígeno y/o para disminuir la actividad catódica y dificultar la transferencia de electrones desde los sitios anódicos a los catódicos.

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizó la técnica de Ruido electroquímico, para ello se empleó una frecuencia de muestreo de 1 dato /s, con un total de 1200 por lectura. Como electrolito prueba se empleó salmuera NACE con 50 ppm de imidazolina y una variación de 50, 100 y 200 ppm de NP's de CeO<sub>2</sub>, también se midió el contenido de OD durante, 24 h de exposición a 1000 rpm. Así mismo se caracterizó la superficie con perfilometría óptica.

## 3. RESULTADOS

Se obtuvieron transientes de E y I de gran amplitud y frecuencia que son característicos de relacionados con corrosión localizada, lo cual se pudo correlacionar con el Índice de Localización, en donde las tres concentraciones exhibieron un comportamiento mixto.

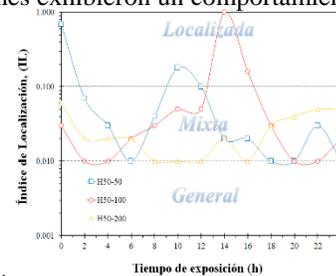


Figura 1. Índice de localización de los sistemas inhibidos

Inicialmente, el contenido de OD fue inversamente proporcional a la concentración de NP's de CeO<sub>2</sub>, limitando la reacción de reducción. En tanto con perfilometría la rugosidad R<sub>a</sub> y la R<sub>t</sub>, fue mayor para el sistema H50-200 ppm.

## CONCLUSIONES

La adición de nanopartículas de CeO<sub>2</sub> en condiciones de flujo turbulento de 1000 rpm mostró un mejor comportamiento en el sistema H50-50 ya que la variación en la V<sub>corr</sub> fue mínima a través del tiempo de exposición, así mismo se observó una superficie con menor daño localizado y menor rugosidad.

## REFERENCIAS

- [1] M. Panahi-Kalamuei, et al., *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **21**, 1301 (2015).
- [2] M. Nawaz, et. al., *Materials & Design*, **198**, 109361 (2021).
- [3] Z. Shi, et al., *Applied Surface Science*, **477**, 166 (2019).

## Eficiencia del extracto de *Ruta graveolens* como inhibidor verde de la corrosión del acero 1018 en HCl

### Presentación Oral

S. K. Luna Arellanes, R. E. Núñez Jaquez\*, C. P. Barrios Durstewitz, F. Llanes Leyva, C. G. Gámez Valdez

Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Fuente de Poseidón y Pról. Ángel Flores S/N, C. U., C.P. 81223, Los Mochis, Sinaloa, México.

E-mail: [ronunez@uas.edu.mx](mailto:ronunez@uas.edu.mx).

### 1. INTRODUCCIÓN

El acero al carbono es utilizado ampliamente en la fabricación de tuberías [1]. Los procesos de limpieza utilizan ácidos que pueden provocar grandes problemas de corrosión, en estos casos, el uso de inhibidores es el método más efectivo para su protección [2]. Los inhibidores de la corrosión son sustancias químicas que se utilizan para proteger al metal contra el ataque electroquímico de soluciones agresivas [3], cuando se agregan en pequeñas concentraciones a un electrolito, tienen la capacidad de disminuir la velocidad de corrosión de manera considerable [4]. Estos inhibidores, resultan ser muy costosos y tóxicos para los seres vivos y el medio ambiente, por dicha razón, se optó por el uso de extractos de plantas, los cuales, se consideran una fuente renovable y amigable con el medio ambiente [5].

### 2. METODOLOGÍA

Se obtuvo el extracto de *Ruta graveolens* por maceración dinámica utilizando 20g de polvo de hoja seca en 300 ml de etanol al 70%. Se elaboraron especímenes de acero al carbono 1018 con un área de exposición de 0.75 cm<sup>2</sup>. Se realizó la inmersión de los especímenes en HCl 1M sin y con concentraciones de extracto de 0.1, 0.25, 0.5, 0.75 y 1 g/L por periodos de exposición de 1, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas. Se llevaron a cabo pruebas electroquímicas como Ruido Electroquímico (RE), Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE) y Curvas de Polarización (CP) para el análisis de la eficiencia de inhibición.

### 3. RESULTADOS

La eficiencia de inhibición (%EI) aumentó con el incremento de la concentración de extracto de *Ruta graveolens* añadida al electrolito. En RE, hubo una disminución considerable en la aparición de picaduras con el uso del inhibidor. Para EIE, la capacitancia de la doble capa (Cdl) disminuyó al aumentar la

concentración de inhibidor, este comportamiento es atribuido a que las moléculas inhibidoras de la corrosión actúan mediante un fenómeno de adsorción en la interfaz metal/solución, reemplazando a las moléculas de agua y formando una capa protectora. En las curvas de polarización se presentó un cambio tanto en la pendiente anódica como en la pendiente catódica con el uso del inhibidor. Los mejores resultados obtenidos para las diferentes técnicas electroquímicas utilizadas se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Mejores resultados de eficiencia de inhibición obtenidos en las técnicas electroquímicas.

	Concentración	Tiempo	%EI
RE	1 g/L	72 h	97.60
EIE	1 g/L	72 h	97.65
CP	1 g/L	72 h	97.34

### 4. CONCLUSIONES

El extracto de *Ruta graveolens* presenta una buena eficiencia como inhibidor verde de la corrosión del acero 1018 sometido en un ambiente ácido comportándose como un inhibidor de tipo mixto.

### 5. REFERENCIAS

- [1] H. Bourazmi, M. Tabyaoui and L. El Hattabi, *Journal of Material Environment Science*, **9**, 928 (2018).
- [2] M. A. Benghalia, et al., *Moroccan Journal of Chemistry*, **6**, 51 (2018).
- [3] J. Ávila, J. Genescá, *Mas allá de la herrumbre*. Fondo de Cultura Económica, S.A, México (1987).
- [4] M. G. Fontana, *Corrosion Engineering*, McGraw-Hill, Singapore (1987).
- [5] P. B. Raja, y M. G. Sethuraman, *Materials letters*, **62**, 113 (2008).

## Resistencia a la corrosión de aleaciones de titanio anodizadas en soluciones alcalinas

### Presentación Oral

J. M. Jáquez Muñoz, C. Gaona Tiburcio, C. Martínez R., F. H. Estupiñán López, J. A. Cabral Miramontes, M. R. Lara Banda, F. Almeraya Calderón \*

Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.  
Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica

E-mail: [falmeraya.uanl.ciia@gmail.com](mailto:falmeraya.uanl.ciia@gmail.com)

| 243

### 1. INTRODUCCIÓN.

El titanio presenta propiedades electroquímicas superiores a las de otras aleaciones por la formación de  $TiO_2$  en la superficie. La capacidad de generar la capa protectora de óxido dependerá directamente del tipo de aleación a utilizar. El anodizado es una técnica rápida y de bajo costo para crear recubrimientos en titanios ya que los creados naturalmente presentan defectos en la superficie. Otra de las ventajas del anodizado rápido es la buena adherencia que se genera en la superficie que es relevante en la industria aeronáutica. El propósito de este trabajo es estudiar las aleaciones anodizadas de Titanio: Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo y Ti-6Al-4V, utilizando soluciones al 1M de NaOH y KOH y evaluar el comportamiento electroquímico en NaCl al 3.5% [1-3].

### 2. METODOLOGÍA

Las aleaciones fueron caracterizadas mediante el método de metalografía basados en la norma ASTM E3-95. Las aleaciones de titanio fueron anodizadas en NaOH y KOH al 1M aplicando una densidad de corriente de  $0.025 \text{ A/cm}^2$ . La caracterización electroquímica se realizó con las técnicas de ruido electroquímico y curvas de polarización potenciodinámica cíclicas (ASTM G199 y ASTM G61). Las pruebas fueron realizadas en una celda convencional de tres electrodos.

### 3. RESULTADOS

La aleación de Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo anodizada en NaOH presentó una mayor resistencia a la corrosión, además el comportamiento en la rama anódica presenta una pasivación en un rango de 1.08 V, siendo más estable que el anodizado en el Ti-Al-4V. Cuando las muestras se anodizan en KOH el Ti-6Al-4V presenta más resistencia a la corrosión, pero el rango de pasivado es menor que el del Ti-6Al-4V [4].

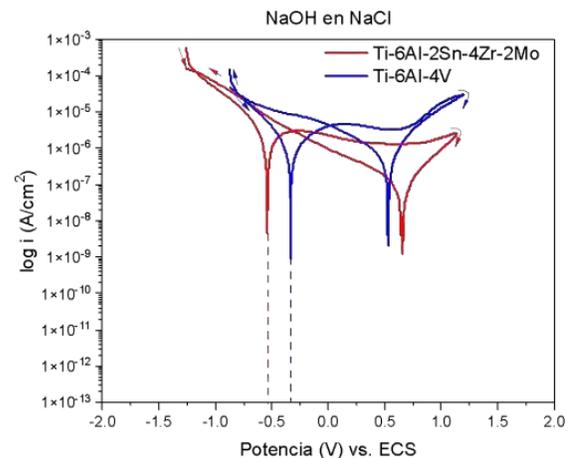


Figura 1. Curvas de polarización cíclica.

### 4. CONCLUSIONES

Los anodizados de la aleación Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo presentan mejor comportamiento de la capa pasiva ya que en la rama anódica la pasivación se extiende por un rango más amplio en las dos, significando que la disolución del material es menor.

### 5. REFERENCIAS

- [1] P. Bocchetta, L. Chen, J. Dias, A. Candido, F. Almeraya-Calderon, P. Leo. *Coatings*, **11**, 487 (2021).
- [2] A.F. Yetim, *Surface & Coatings Technology*, **205**, 1757 (2010)
- [3] Y. Park. K. Shin, H. Song, *Applied surface science*, **253**, 6013 (2007)
- [4] Jáquez-Muñoz, J.M. et al. *Coatings*, **12**, 325 (2022).

## Evaluación electroquímica del acero galvanizado embebido en concretos ternarios tratados superficialmente con nanopartículas expuestos a cloruros

Presentación Oral

A.E. Landa Gómez<sup>1\*</sup>, G. Fajardo San Miguel<sup>2</sup>, R. Orozco Cruz<sup>3</sup>, F. A. Carpio Santamaría<sup>3</sup>,  
R. Galván Martínez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

<sup>3</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.  
E-mail: [aldlanda@uv.mx](mailto:aldlanda@uv.mx)

| 244

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión del acero de refuerzo es el principal problema patológico que afecta la durabilidad de las estructuras de concreto reforzado (ECR) [1]. Por lo que se han implementado métodos de prevención indirectos al acero como la utilización de materiales cementantes suplementarios porque ofrecen una solución satisfactoria al aumentar la durabilidad de las ECR [2]. Así mismo, la aplicación de nanopartículas en tratamientos superficiales ha demostrado que bloquean los poros capilares en la superficie del concreto lo que produce efectos en sus propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad [3].

### 2. METODOLOGÍA

Se elaboraron sistemas acero-concreto ternarios, constituidos por acero AISI 1018 galvanizado (AG) embebidos en concretos ternarios con relación agua/cemento de 0.45, con sustituciones parciales del 10, 20 y 30% al cemento portland ordinario (CPO) por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y ceniza volante (CV). Se aplicó un tratamiento superficial por 48 h con una dispersión de 0.1% de nanopartículas (NS) con respecto al volumen de agua. Los sistemas se sometieron a un tratamiento cíclico de humectación y secado, para incrementar la penetración de cloruros. Además, se utilizaron las técnicas electroquímicas de Rp, EIE y RE para la evaluación de los sistemas.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1, se presentan los resultados de la densidad de corriente de corrosión ( $i_{corr}$ ) de los AG embebidos en los concretos ternarios tratados superficialmente en un periodo de 360 días.

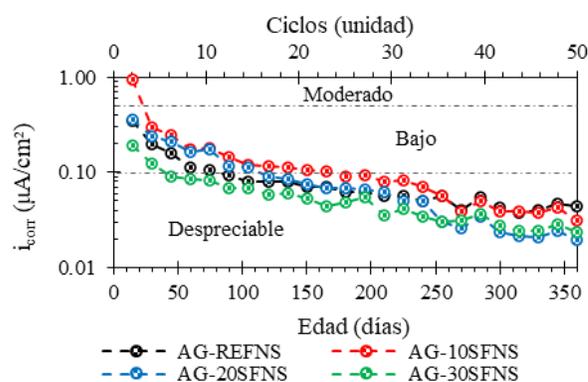


Figura 1.  $i_{corr}$  de los sistemas acero-concreto.

### 4. CONCLUSIONES

La sustitución parcial del CPO por CBCA-CV y el tratamiento superficial con NS en los sistemas, 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 AG-30SFNS, lo que mejoró el comportamiento electroquímico, lo que se constató con la disminución de la  $i_{corr}$  y de la capacitancia de la doble capa electroquímica ( $C_{dc}$ ).

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. G., Sohail, et al., *Constr. Build Mater.*, **232**, 117205 (2020).
- [2] V.A. Franco-Luján, et al., *Constr. Build. Mater.*, **198**, 608 (2019).
- [3] X. Pan, Z. Shi, C. Shi, T.C. Ling, N. Li, *Constr. Build. Mater.*, **132**, 578 (2017)..

## Evaluación del extracto de la pulpa y semilla del crucetillo (*Randia monantha Benth*) como inhibidor verde de la corrosión

Presentación Oral

C. Hernandez Vazquez<sup>1</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1</sup>, A. Flores Frias<sup>2</sup>, A. Espinoza Vazquez<sup>1</sup>, R. Galván Martínez<sup>1</sup>, A. Carmona Hernandez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Físicas, UNAM, Cuernavaca, Morelos, México.

E-mail: [andcarmona@uv.mx](mailto:andcarmona@uv.mx)

| 245

### 1. INTRODUCCIÓN

Los inhibidores de corrosión se definen como compuestos químicos que se añaden en pequeñas concentraciones al sistema metal-solución, para reducir significativamente la velocidad de corrosión del metal en cuestión [1]. No obstante, la gran mayoría de los inhibidores utilizados comercialmente son caros, no biodegradables y tóxicos. Por tal motivo, en la actualidad la comunidad científica está en busca de inhibidores que combinen una baja toxicidad con alta eficiencia de inhibición. Este tipo de inhibidor de corrosión se conoce como "inhibidores verdes" [2]. Dentro de esta categoría de inhibidores, se encuentran los productos naturales obtenidos a partir de extractos de hojas, cáscaras, semillas, frutas y raíces, los cuales pueden participar de manera sinérgica en el proceso de inhibición de la corrosión [3]. En el presente trabajo se evaluó el extracto etanólico-acuoso de la pulpa y semilla del crucetillo como inhibidor de la corrosión en un acero al carbono de baja aleación en una solución ácida.

### 2. METODOLOGÍA

Se obtuvo el extracto mediante maceración en frío. La caracterización química se realizó mediante Espectroscopia infrarroja FT-IR y la evaluación electroquímica mediante Espectroscopia de Impedancia electroquímica (EIS) y Curvas de polarización (CP).

### 3. RESULTADOS

En los diagramas de Nyquist (figura 1a) se observó como el diámetro del semicírculo aumentó conforme se incrementó la concentración del inhibidor, indicativo de la adsorción de algunos de los compuestos presentes en el extracto sobre la superficie metálica. Los diagramas de Bode del ángulo de fase (figura 1b), revelaron dos constantes de tiempo ( $\tau$ ) en presencia del inhibidor. La primer  $\tau$  asociada a la capa

del inhibidor, y la segunda  $\tau$  al proceso de transferencia de carga.

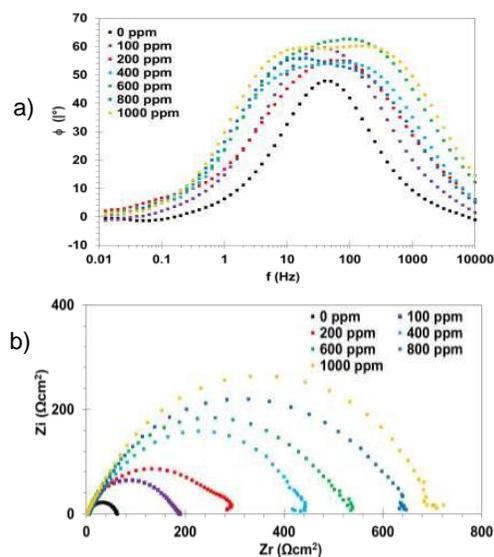


Figura 1. a) Diagrama de Nyquist del acero A36 en HCl a diferentes concentraciones del extracto. b) Diagrama de Bode

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados de las técnicas electroquímicas indicaron que el inhibidor alcanzó una eficiencia de inhibición mayor al 90% a 1000 ppm. Las CPs mostraron que el inhibidor actuó como un inhibidor tipo mixto. El proceso de adsorción de las moléculas del extracto obedeció a la isoterma de Langmuir.

### 5. REFERENCIAS

- [1] T. Ibrahim y M. AbouZour, *Int. J. Electrochem. Sci*, **6**, 6442 (2011).
- [2] A. A. Olajire. *Journal of Molecular Liquids*, **248**, 775 (2017).
- [3] P. B. Raja y M. G. Sethuraman, *Materials Letters*, **62**, 113 (2008).

## Corrosión electroquímica de la aleación Ti Beta-C anodizada

### Presentación Oral

C. Martínez Ramos, C. Gaona Tiburcio, J. M. Jáquez Muñoz, F. H. Estupiñán López,

J. A. Cabral Miramontes, M. R. Lara Banda, F. Almeraya Calderón\*

Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica

E-mail: [falmeraya.uanl.ciia@gmail.com](mailto:falmeraya.uanl.ciia@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de titanio presentan excelentes propiedades mecánicas, la formación de productos de corrosión resulta en una pérdida de sección transversal, limitando así la carga que pueden soportar estas aleaciones, la vida y temperatura en la que un componente puede ser operativo. Cómo el titanio es un metal muy reactivo, la cinética de oxidación ocurre rápidamente, y la capa de óxido generada es muy estable ( $\text{TiO}_2$ ), convirtiéndolo en un gran protector contra la corrosión. Las condiciones de la superficie determinan las propiedades químicas y físicas del material, ya que los óxidos pueden causar diferentes reacciones superficiales. El propósito de este trabajo es caracterizar los anodizados y el comportamiento de la capa pasiva mediante las técnicas de curvas de polarización potenciodinámica y polarización potencioestática en NaCl al 3.5%. La aleación Beta-C fue anodizada en los electrolitos de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_3\text{PO}_4$  al 1 M [1-3].

## 2. METODOLOGÍA

Las aleaciones fueron caracterizadas mediante el método de metalografía basados en la norma ASTM E3-95. Las aleaciones de titanio fueron anodizadas en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y  $\text{H}_3\text{PO}_4$  al 1M aplicando una densidad de corriente de  $0.025 \text{ A/cm}^2$ . La caracterización electroquímica se realizó con las técnicas de curvas de polarización potenciodinámica cíclicas y polarización potencioestática (ASTM G61). Las pruebas fueron realizadas en una celda convencional de tres electrodos.

## 3. RESULTADOS

El Ti Beta-C presenta mejores propiedades contra la corrosión cuando es anodizado en  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , aunque sólo en  $\text{H}_3\text{PO}_4$  presenta un segmento de pasivación.

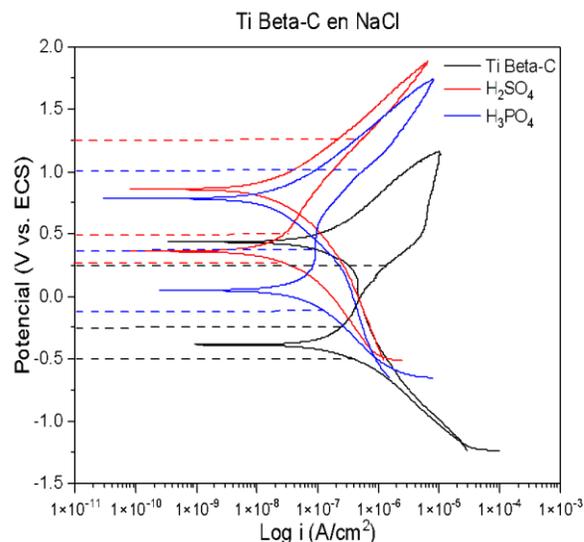


Figura 1. CPP en NaCl con los potenciales de PP determinados.

## 4. CONCLUSIONES

El Ti Beta-C presenta una disminución en su densidad de corriente así como un aumento de  $E_{\text{corr}}$ , lo que significa un aumento en sus propiedades contra la corrosión cuando es anodizado.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. Gialanella, A. Malandrucolo, *Aerospace Alloys*, Springer, Suiza (2020).
- [2] A.P. Mouritz, *Introduction to aerospace materials*, Woodhead Publishing, Reino Unido (2012).
- [3] Z.B. Wang, H.X. Hu, Y.G. Zheng, *Corrosion Science*, **103**, 203 (2018).
- [4] Jáquez-Muñoz, J.M. et al. *Coatings*, **12**, 325 (2022).

# Síntesis y evaluación electroquímica de hidrotalcita MgAl impregnada con ácido linoleico en la protección de una aleación AZ31

Presentación Oral

G. Espinosa Casillas<sup>1</sup>, A. Espinoza Vazquez<sup>2\*</sup>, F. J. Rodríguez Gómez<sup>1</sup>, R. Orozco Cruz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

<sup>2</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

E-mail: [araespinoza@uv.mx](mailto:araespinoza@uv.mx)

| 247

## 1. INTRODUCCIÓN

La aleación AZ31 se propuso como uso ortopédico para placas, tornillos y juntas artificiales (osteosíntesis), debido a la combinación de alta resistencia, dureza, resistencia a la fatiga y capacidad de carga. La incursión en el uso de inhibidores de corrosión de origen natural es de alto interés para estos usos. Los hidróxidos dobles laminares se han empleado con recubrimientos en la protección de estas aleaciones. Por otro lado, se han empleado inhibidores de origen natural que son biodegradables y de fácil acceso. Sin embargo, dentro de los compuestos orgánicos que se han empleado en la intercalación con el hidróxido doble laminar están los líquidos iónicos. En la búsqueda constante de otros compuestos orgánicos que sean amigables con el medio ambiente está el ácido linoleico (Figura 1).

Por lo que el objetivo de este trabajo es demostrar las propiedades de inhibición de la corrosión del ácido linoleico impregnada con la hidrotalcita MgAl (HT) en la aleación de magnesio AZ31.

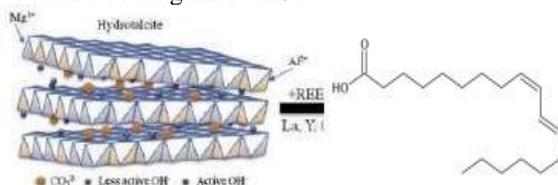


Figura 1. Estructura HT y el ácido linoleico.

## 2. METODOLOGÍA

El inhibidor de ácido linoleico se añadirá en una proporción de 50, 100, 200 ppm disuelta en alcohol etílico y luego se mezclará con el gel, para agitarse durante 24 horas. Posteriormente, se llevará a cabo la aplicación del recubrimiento de HT + inhibidor en la aleación AZ31. Finalmente, se realizará pruebas de potencial a circuito abierto (OCP), espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) y curvas de polarización (CP) en distintas concentraciones de inhibidor y será inmerso en un medio fisiológico.

## 3. RESULTADOS

El diagrama de Nyquist de la Figura 2 muestra dos constantes tiempo con la presencia del recubrimiento de HT e inhibidor.

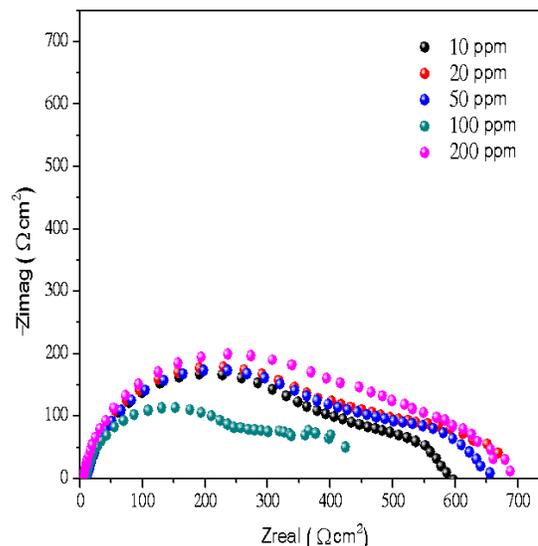


Figura 2. Diagrama de Nyquist del recubrimiento de HT+ácido linoleico en la aleación AZ31 inmerso en una solución de Hank's.

## 4. CONCLUSIONES

Se demuestra que el recubrimiento de hidrotalcita impregnado con ácido linoleico protege la superficie del AZ31 siendo la mejor con 200 ppm de inhibidor.

## 5. REFERENCIAS

[1] A. Liu, X. Ju, H. Tian, H. Yang, W. Li, *Applied Surface Science*, **493**, 239 (2019).

## Estudio comparativo de aleaciones Níquel-Boro-Cobalto por electrodeposición obtenidas por disolvente eutéctico profundo (DES) y soluciones acuosas

Presentación Oral

C. Echánove Rodríguez\*, P. Roncagliolo Barrera, F. J. Rodríguez Gómez

Departamento Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México.

E-mail: [echanove.igq@gmail.com](mailto:echanove.igq@gmail.com)

| 248

### 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del mundo de los depósitos de aleación existen ciertas variables a considerar para permitir óptimas condiciones para que ocurra con la mejor rentabilidad. La concentración, corriente, voltaje de cual es el medio típico ya que es el solvente polar por típico, pero aparecen ciertos problemas como la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno, apareciendo en el cátodo formando burbujas, el MEB (microscopía electrónica de barrido) tras obtener los parámetros óptimos de una celda electrolítica para depósito de recubrimientos de aleación níquel-cobalto se identificaron los beneficios en el uso de disolventes eutécticos profundos (etilenglicol-cloruro de colina 2:1) en comparación con el agua como medio de electrólisis [1,2].

### 2. METODOLOGÍA

Se determinaron las relaciones de cloruro de colina (ChCl) y etilenglicol y la composición de sales del baño electrolítico para generar la aleación.

Se determinaron los parámetros óptimos de operación para la celda electrolítica a partir de polarización potenciodinámica en condiciones hidrodinámicas.

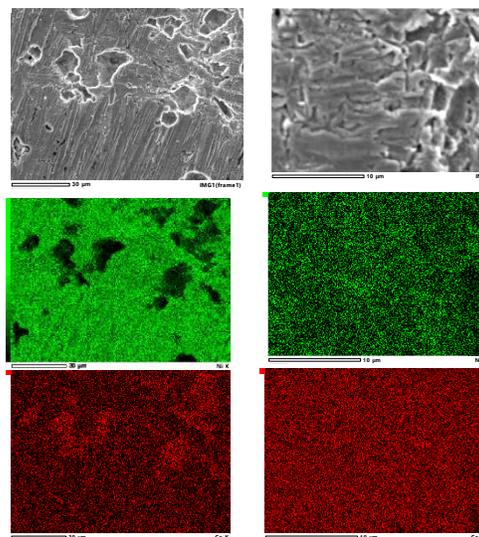
Una vez determinadas las condiciones de depósito se realizaron los recubrimientos de aleación para los dos sistemas DES y agua en una celda tipo Haring-Hull y se analizaron los recubrimientos para comparar las diferencias de utilizar DES frente al medio acuoso a través de microscopía electrónica de barrido (MEB).

### 3. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos por MEB (DES derecha, AGUA izquierda) comprobando presencia de Ni-Co (verde Ni, rojo Co).

celda, preparación del medio, agitación y aunado a esto surgen problemas o parámetros que deben considerarse con lo cual nace el interés por implementar alternativas. Se evaluaron los problemas ocurridos en el medio acuoso el

límite de temperatura por punto de ebullición y otros como la facilidad con la que alcanza turbulencia. Mediante un análisis comparativo e implementando



### 4. CONCLUSIONES

El uso de disolventes eutécticos profundos (DES) aumentó significativamente la eficiencia del proceso, ya que muestra una disminución de energía necesaria de hasta un 83% para realizar el depósito.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Zaimi, M. A. Din, K. T. Lau, I. S. Othman1, T.D.Widodo, *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **12**, 1 (2018).
- [2] Y. H. You, C. D. Gu, X. L. Wang, J. P. Tu, *Surface & Coatings Technology*, **206**, 3632 (2012).

## Estudio en la resistencia a la corrosión del acero reforzado en el concreto utilizando materiales de zona costera

### Presentación Oral

A. Flores Nicolás, M. Flores Nicolás, J. Uruchurtu Chavarín\*

Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, CIICAP, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, 62209, Cuernavaca, Morelos.

E-mail: [alejandro.floresnic@uaem.edu.mx](mailto:alejandro.floresnic@uaem.edu.mx)

| 249

### 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación, se presenta el comportamiento electroquímico del acero de refuerzo, analizando dos casos de estudio, primeramente, incorporado en la matriz cementante materiales (grava y arena) utilizados en zona costera, y posteriormente se estudió materiales utilizados a 400 km de la zona costera. Los especímenes estuvieron expuestos durante 168 días en ambiente agresivo a cloruros al 3% de NaCl, simulando un ambiente marino. Para evaluar los parámetros de corrosión se utilizaron técnicas electroquímicas de potencial de media celda, ruido electroquímico (EN) y resistencia a la polarización lineal (RPL). Los resultados muestran que los concretos elaborados con materiales de zona costera adquirieron valores muy negativos de potencial de corrosión ( $E_{corr}$ ), y bajos valores de resistencia al ruido electroquímico ( $R_n$ ) y resistencia a la polarización lineal ( $R_p$ ), demostrando un aumento en la tasa de corrosión en las barras de acero en los primeros días de exposición.

### 2. METODOLOGÍA

Se elaboraron 3 especímenes cúbicos de dimensiones 10 cm de lado, se embebieron 3 barras de acero 1018 corrugado de diámetro 9.5 mm, y un recubrimiento de la pasta a la varilla de 3 cm. En la altura de la interfaz de la pasta con el medio ambiente se aisló 5 cm de largo alrededor de la varilla con cinta de teflón. La nomenclatura de las muestras M1N para concretos con materiales no costeros y M2C en concretos con materiales costeros.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa los valores de densidad de corriente ( $i_{corr}$ ) de acuerdo con la técnica de RPL. La  $i_{corr}$  se puede estimar la pérdida de sección de la barra, y así mismo se puede estimar la vida útil restante de la estructura [1]. En la interpretación de los resultados la M2C se observa valores superiores a  $1 \mu A/cm^2$  desde el inicio y hasta el final de exposición al medio salino

se presenta corrosión muy alta para la barra de acero, en comparación con la muestra M1N.

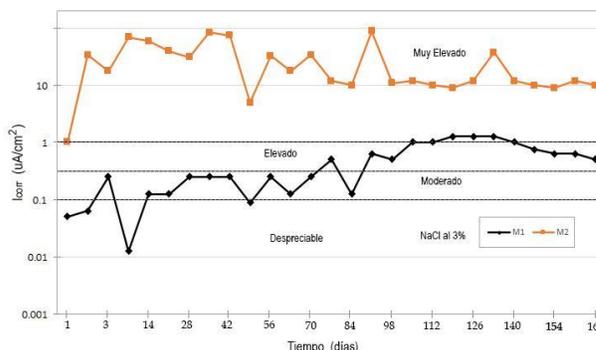


Figura 1. Estimación de vida útil del acero de refuerzo.

### 4. CONCLUSIONES

El nivel de vida útil en el sistema acero/concreto utilizando materiales de zona costera, presentó nivel de corrosión muy elevado; con valores de densidad de corriente ( $i_{corr}$ ) superiores a  $1 \mu A/cm^2$ .

### 5. REFERENCIAS

[1] A. James, E. Bazarchi, A. A. Chiniforush, P. P. Aghdam, M. R. Hosseini, A. Akbarnezhad, F. Ghodoosi, *Construction and Building Materials*, **224**, 1026 (2019).

# Influencia de los tratamientos térmicos sobre la susceptibilidad a la corrosión localizada en aleaciones de aluminio-litio de grado aeronáutico

Presentación Oral

H. Rivera Cerezo, C. Gaona Tiburcio\*, J.A. Cabral Miramontes, F. H. Estupiñán López,  
F. Almeraya Calderón

Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

E-mail: [hriveracerezo@gmail.com](mailto:hriveracerezo@gmail.com)

| 250

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años las aleaciones de aluminio han sido los materiales más utilizados en aeronáutica debido a su peso ligero, relativamente bajo costo [1]. La densidad del Li es muy baja ( $0,54 \text{ g/cm}^3$ ); por lo tanto, reduce el de las aleaciones de Al (~3% por cada 1% de Li agregado). Además, el Li es el elemento de aleación único que determina un aumento drástico en el módulo elástico (~ 6% por cada 1% de Li añadido). Las aleaciones de aluminio que contienen Li pueden endurecerse por envejecimiento, y el Cu se utiliza a menudo en combinación con Li para formar  $\text{Al}_2\text{CuLi}$  y mejorar las propiedades mecánicas [2, 3].

En este trabajo se lleva a cabo la caracterización electroquímica de aleaciones AA2099, AA2055 y AA2024 cuando éstas han sido sometidas a diversos tratamientos térmicos, con el propósito de estudiar la influencia que tienen dichos tratamiento sobre el desempeño de estas aleaciones frente a la corrosión.

## 2. METODOLOGÍA

Después de ser tratadas térmicamente, se obtuvo la microestructura de las aleaciones en estudio y se realizaron pruebas de microdureza. Posteriormente se sometieron a pruebas de ruido electroquímico (RE) con la finalidad de investigar su desempeño en corrosión. Los medios utilizados para las pruebas electroquímicas fueron NaCl al 3.5%,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  al 1% y HCl al 1%. Mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) se caracterizó la morfología de los productos de corrosión y por medio del análisis elemental por espectrometría de energía dispersiva de rayos X (EDS) se obtuvo la composición química de estos productos de corrosión.

## 3. RESULTADOS

Las aleaciones en condición de tratamiento térmico T8 (solución, temple, acritud y maduración artificial) presentaron los valores de microdureza más altos. Mediante un análisis visual de las series de tiempo se observó la presencia de tránsitos de alta amplitud para

la aleación AA2024 en NaCl al 3.5%, lo cual puede ser asociado a eventos de corrosión localizada. Por otro lado las aleaciones AA2099 y AA2055 presentaron un comportamiento más estable con transitorios de baja amplitud y alta frecuencia que puede asociarse a eventos de corrosión generalizada (Figura 1).

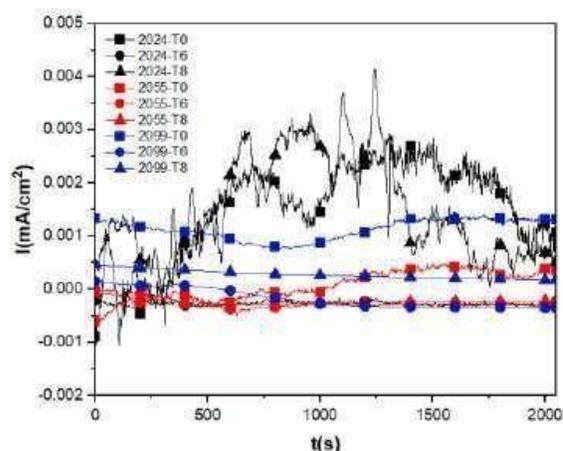


Figura 1. Series de tiempo en corriente para las aleaciones en estudio inmersas en NaCl al 3.5%.

## 4. CONCLUSIONES

El alto contenido de cobre en la aleación AA2024, con respecto a las aleaciones Al-Li, genera mayor susceptibilidad a la corrosión debido a la presencia de fases intermetálicas, como la fase S ( $\text{Al}_2\text{CuMg}$ ) en los límites de grano, que tienen actividades electroquímicas diferentes a las de la matriz circundante.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Gloria, A.; Montanari, R.; Richetta, M.; Varone, A. *Metals*, **9**, 662 (2019).
- [2] Zhang, X.; Chen, Y.; Hu, J. *Progress in Aerospace Sciences*, **97**, 22 (2018).
- [3] Dursun, T.; Soutis, C. *Materials and Design*, (2014).

## Evaluación electroquímica de TrasarTrac102 como inhibidor de la corrosión en el acero API 5L X65: Pruebas de exploración (Screening)

### Presentación Oral

C. R. Arganis Juárez<sup>1\*</sup>, J. C. Zenteno Suárez<sup>1</sup>, M. A. Veloz Rodríguez<sup>2</sup>, R. Orozco Cruz<sup>3</sup>, F. J. Rodríguez Gómez<sup>4</sup>, T. Pérez López<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas Nucleares, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

<sup>2</sup>División de Investigación, Desarrollo e Innovación Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

<sup>3</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana., <sup>4</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, <sup>5</sup>Centro de Investigación en Corrosión de la Universidad Autónoma de Campeche

E-mail: [carlos.arganis@inin.gob.mx](mailto:carlos.arganis@inin.gob.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de inhibidores es aplicada ampliamente en todas las industrias, sobre todo en sistemas cerrados [1], y los nitritos han sido utilizado ampliamente en medios salinos [2,3]. Por otra parte, los aceros al carbono también son ampliamente usados en muchas industrias.

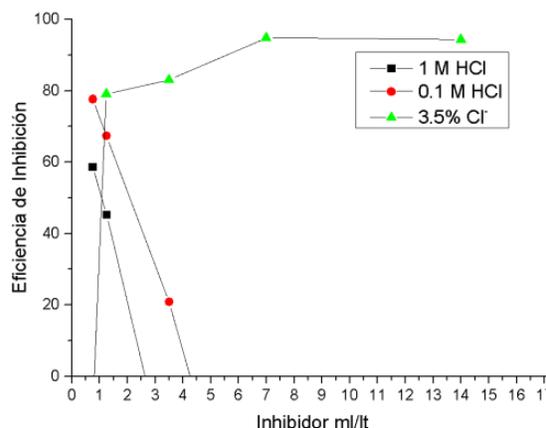
El presente trabajo presenta los resultados de evaluar un acero API 5L X65 en presencia de un inhibidor comercial base nitritos, en medios 1 y 0.1 M de HCl, y 3.5% wt de Cl<sup>-</sup>, para obtener su dosificación óptima y proponer un ejercicio de intercomparación entre varios laboratorios, mediante curvas de polarización y espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS).

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizó el inhibidor comercial TrasarTrac102 y se seleccionaron tres medios típicos para prueba de inhibidores. Se utilizaron las técnicas de curvas de polarización y EIS para evaluar dichos medios en varias dosificaciones.

## 3. RESULTADOS

El inhibidor presentó sus máximas eficiencias de inhibición a dosificaciones de 0.75 ml/l de solución para 1 y 0.1 M de HCl y en 3.5% peso de Cloruros en 7 ml, disminuyendo su eficiencia después de estas dosificaciones, como se observa en la figura 1. Los resultados coinciden con ambas técnicas utilizadas.



**Figura 1.** Eficiencia de la inhibición del TrasarTrac 102 en función de la dosificación en los medios ensayados.

## 4. CONCLUSIONES

El inhibidor utilizado funciona con dosificaciones muy bajas de inhibidor 0.75 ml/l para medios ácidos con eficiencias entre el 77% al 58%. En medios cloruro, la eficiencia es mayor, pero requiere mayor dosificación para alcanzar el 94.8% de inhibición.

## 5. REFERENCIAS.

- [1] S. S. Viswanathan, *Recent Patents on Corrosion Science*, **2**, 6 (2010).
- [2] J. Beecher, C. Dinkel and S. Corwin, *Journal American Water Works Association*, **51**, 1175 (1959).
- [3] M. Hayyan, S. A. Sameh, A. Hayyan, I. M. AlNashef, *Int. J. Electrochem. Sci.*, **7**, 6941 (2012).

## Evaluación electroquímica de TrasarTrac102 como inhibidor de la corrosión en el acero API 5L X65 y AISI 1016: ejercicio de intercomparación

Presentación Oral

C. R. Arganis Juárez<sup>1\*</sup>, J. C. Zenteno Suárez<sup>1</sup>, M. A. Veloz Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas Nucleares, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares I.

<sup>2</sup>División de Investigación, Desarrollo e Innovación Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

E-mail: [carlos.arganis@inin.gob.mx](mailto:carlos.arganis@inin.gob.mx)

| 252

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es la principal causa de falla de las tuberías en el mundo. La mayoría de las fallas en las tuberías fueron por corrosión interna. [1] Por otra parte los nitritos han sido utilizado ampliamente como inhibidores de la corrosión en medios salinos [2].

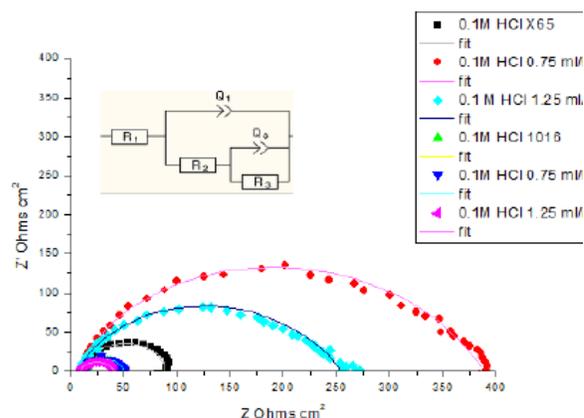
El presente trabajo presenta los resultados de evaluar dos aceros, uno AISI 1016 y un API 5L X65 en presencia de un inhibidor comercial base nitritos, en medios 1, 0.1 M HCl, y 3.5% peso de Cl<sup>-</sup>, proponiéndose un ejercicio de intercomparación entre varios laboratorios, mediante curvas de polarización y espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS)

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizó el inhibidor comercial TrasarTrac102 y se seleccionaron tres medios típicos para prueba de inhibidores. Se utilizaron las técnicas de curvas de polarización y EIS para evaluar dichos medios en dosificaciones obtenidas en pruebas de exploración previas.

### 3. RESULTADOS

El acero API X 5L X65 presenta un compartimiento a la corrosión superior al acero AISI 1016 y el inhibidor presenta una mayor eficiencia de inhibición en el primer acero, como se observa en la figura 1. Un comportamiento similar se observó en los medios 1, M de HCl, y 3.5% wt de Cl<sup>-</sup>. La eficiencia de inhibición fue de 48.31% en acero X65 y 18.65 % para acero 1016 en 1M de HCl, de 81.25% en acero X65 y 71.04% en acero 1016 para 0.1M de HCl para 0.75 ml/l de inhibidor y de 84.57% en acero X65 y 65.39% en acero 1016 para 3.5% peso de Cl<sup>-</sup> para 7 ml/l de inhibidor.



**Figura 1.** Diagrama de Nyquist a la concentración de inhibidor óptima para acero X65 y 1016 en medio HCl 0.1 M.

### 4. CONCLUSIONES

El acero API 5L X65 presenta un comportamiento a la corrosión superior al acero AISI 1016. El inhibidor también funciona mejor en el acero X65 que en el acero 1016 y la dosificación elegida de 0.75ml/l, tuvo una eficiencia de 48.31 % en el acero X65 a 1M y de 81.25% para 0.1M de HCl. En solución de 3.5% peso de Cl<sup>-</sup>, la eficiencia es del 84.57% para 7 ml/l de inhibidor en acero X65.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. A. Azam, et al., *Manufacturing Technology*, **21**, 561 (2021).  
[2] M. Hayyan, S. A. Sameh, A. Hayyan, I. M. AlNashef, *Int. J. Electrochem. Sci.*, **7**, 6941 (2012).

## Caracterización electroquímica de películas híbridas sobre la capa de óxidos de una bala de cañón del Siglo XVIII

Presentación Oral

D. E. Arceo Gómez<sup>1</sup>, J. Reyes Trujeque<sup>2</sup>, A. Espinoza Vazquez<sup>3</sup>, R. Galván Martínez<sup>3</sup>,  
R. OrozcoCruz<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Corrosión-Universidad Autónoma de Campeche, (CICORR-UACAM)

<sup>3</sup>UV-CA-245. Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

| 253

### 1. INTRODUCCIÓN

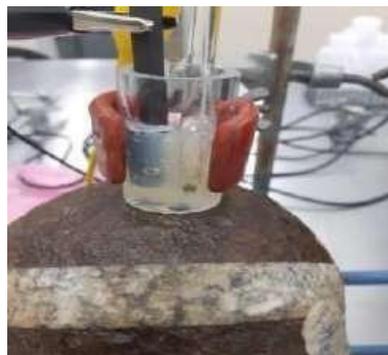
La caracterización de los materiales y monumentos históricos es importante para extraer información sobre el estado actual del patrimonio de una nación, que además representa parte del patrimonio mundial. La Fortaleza de San Juan de Ulúa se encuentra frente al Puerto de Veracruz, México, en la parte baja del Golfo de México, y donde se encuentran materiales metálicos de la munición militar de las batallas que ocurrieron desde 1568 [1]. Entre los materiales metálicos se encuentran balas de cañón de diferentes dimensiones, las cuales tienen una capa de óxido formada por cientos de años. Sin embargo, al rescatarlas del océano y exhibirlas en la Fortaleza de San Juan de Ulúa, el proceso de corrosión se activa nuevamente degradando la matriz metálica de fundición gris. El objetivo de este trabajo fue caracterizar electroquímicamente por Espectroscopía de Impedancia Electroquímica tres películas híbridas sobre una bala de cañón del siglo XVIII. Además, se utilizaron las técnicas de caracterización superficial: Infrarrojo y Colorimetría.

### 2. METODOLOGÍA

La bala de cañón utilizada tiene un diámetro de 16 cm y sobre su superficie se encuentra formada una capa de óxido de más de 200 años. Antes de aplicar las películas, se realizó una limpieza superficial retirando la capa de óxido menos adherente. Dos de las películas híbridas se desarrollaron con el método de sol-gel, las cuales fueron de TEOS-PDMS y TEOS-HDTMS. La última, consistió en incorporar nanopartículas de SiO<sub>2</sub> funcionalizadas con HDTMS a un convertidor de óxido verde. Para EIE se empleó una celda de agar-NaCl al 3.5% en peso y la evaluación de las películas fue por 28 días de exposición a la atmósfera de la ciudad de Boca del Río, Veracruz.

### 3. RESULTADOS

En EIE se obtuvieron altos valores de impedancia mayores de las películas híbridas en comparación a la capa de óxido de la bala, siendo la película de TEOS-HDTMS la que presentó una mayor capacidad protectora después de 2 días de exposición a la atmósfera [3].



**Figura 1.** Arreglo de la celda electroquímica de agar-NaCl al 3.5% en peso sobre la bala de cañón.

### 4. CONCLUSIONES

Las tres películas híbridas sobre la bala de cañón mostraron excelentes propiedades protectoras, por lo que se considera factible su uso en la protección y preservación de objetos de hierro de interés histórico.

### 5. REFERENCIAS

[1] M. Hernández, M. Hernández, C. Abreu, J. Uruchurtu, M. Bethencourt, A. Covelo, *Archaeometry*, **58**, 610 (2016).

# Validación de un modelo de corrosión galvánica. Un estudio de la distribución espacio-temporal del potencial eléctrico y del pH

Presentación Oral

A. Ruiz García, A. Ortiz, J. Genescá, R. Montoya\*

Facultad de Química, Polo Universitario de Tecnología Avanzada, Universidad Nacional Autónoma de México, Apodaca, 66629, Nuevo León, México.

E-mail: [rmontoyal@unam.mx](mailto:rmontoyal@unam.mx)

| 254

## 1. INTRODUCCIÓN

Muchos de los retos en la investigación sobre la corrosión son demasiado complejos para ser abordados desde un único enfoque. El análisis computacional de este fenómeno es cada vez más relevante, así como las técnicas electroquímicas localizadas, las cuales se han utilizado en los últimos años para corroborar las predicciones numéricas. Los cálculos que se han validado con mayor frecuencia en el campo de la corrosión galvánica son las distribuciones de potencial, de densidad de corriente y la concentración transitoria de iones (pH), para lo cual se han empleado respectivamente la sonda Kelvin de barrido (SKP, por sus siglas en inglés), la técnica del electrodo vibratorio de barrido (SVET, por sus siglas en inglés) y la técnica del electrodo selectivo de iones de barrido (SIET, por sus siglas en inglés) [1]. Estas técnicas sofisticadas además de presentar ciertas limitantes operativas, y de ser costosas, requieren de un alto nivel de conocimiento técnico para su implementación. Por este motivo, se plantea una innovadora metodología con electrolitos gelificados. Esta tecnología de geles de agar ya ha sido aprovechada para validar modelos transitorios de corrosión galvánica [2]. En este trabajo, se proponen dos nuevos métodos de bajo costo para la obtención de la distribución del potencial y del pH en sistemas galvánicos transitorios.

## 2. METODOLOGÍA

Para la simulación se ha empleado el programa comercial Comsol Multiphysics, el cual trabaja con el método de los elementos finitos (FEM, por sus siglas en inglés) para implementar un modelo de corriente terciaria. La aproximación numérica del modelo matemático permite obtener además de la distribución de potencial y corriente, las concentraciones de especies y su disposición espacial. Experimentalmente, la distribución del potencial se obtuvo mediante la combinación de una celda electroquímica miniaturizada y de electrolitos gelificados con agar. Mientras que los cambios de pH se registraron con la ayuda de un pH-metro capaz de

cuantificar pequeños volúmenes de gel. Para lo anterior, se prepararon geles (de espesor milimétrico) de agar al 1.5% m/v a partir de soluciones acuosas de NaCl. La celda galvánica se compone de un cátodo de acero al carbono unido a un ánodo de una aleación de aluminio y el gel que se posiciona sobre el sistema. Las mediciones (tanto del potencial como del pH) se efectúan después de un determinado tiempo de evolución del proceso corrosivo.

## 3. RESULTADOS

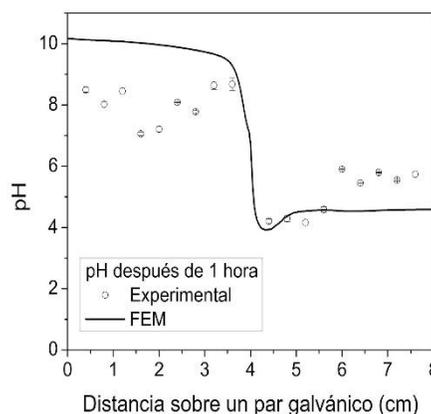


Figura 1. Comparación entre la simulación y los resultados experimentales para el caso del pH.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados numéricos y experimentales muestran una buena correlación en el ánodo (lado derecho) después de una hora.

## 5. REFERENCIAS

- [1] N. Jadhav and V. J. Gelling, *Journal of The Electrochemical Society*, **166**, C3461 (2019).
- [2] R. Montoya, A. G. Ruiz-García, A. Ortiz-Ozuna, B. Ramírez-Barat, and J. Genesca, *Materials and Corrosion*, **72**, 1259 (2021).

## Evaluación de la actividad inhibitoria de corrosión del extracto metanólico de *curcuma longa* en acero 1018 inmerso en distintos medios con sulfatos

Presentación Oral

G. Chávez Díaz<sup>1</sup>, J. Uruchurtu Chavarín<sup>1\*</sup>, E. C. Menchaca Campos<sup>1</sup>, M. G. Valladares Cisneros<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del estado de Morelos, Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Av. Universidad 1009, Cuernavaca, Mor, C.P. 60010, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del estado de Morelos, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Av. Universidad 1009, Cuernavaca, Mor, C.P. 60010, México

E-mail: [juch25@uaem.mx](mailto:juch25@uaem.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El amplio campo de aplicación y utilidad que presentan actualmente los materiales metálicos, motiva al estudio de la protección en contra de la corrosión y de su deterioro [1]. Lo cual se produce cuando los iones agresivos atacan un sitio local en la superficie del metal, por lo que la alta concentración de iones agresivos oxida los sitios adyacentes haciendo que se propague gradualmente la corrosión [2]. Lo anterior ocasiona el deterioro del metal, lo que tiene consecuencias como, la pérdida de materia prima, fallos en maquinaria, ruptura de estructuras en construcciones, tuberías de transporte de combustible provocando grandes derrames y produciendo contaminación y en casos extremos la pérdida de vidas humanas [3].

Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar a la *Curcuma longa* como inhibidor de la corrosión del acero 1018 en distintos medios que incluyeron iones sulfato.

### 2. METODOLOGÍA

La evaluación del extracto metanólico de *C. longa* (IMCL) en contra de la corrosión del acero 1018 se realizó empleando tres soluciones con iones sulfato, dos de las cuales fueron ácidas (ácido sulfúrico a pH 2 y pH 5) y una neutra (NaCl al 3 % p/v, con 0.1 M de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). En presencia y ausencia del inhibidor.

### 3. RESULTADOS

El IMCL actuó protegiendo eficientemente al acero 1018 inmerso en la solución neutra, en comparación con el acero inmerso en las respectivas soluciones ácidas. En la Figura 1 se muestran las curvas de polarización de las distintas concentraciones del IMCL empleadas en la evaluación de inhibición de la corrosión del acero 1018 en este medio.

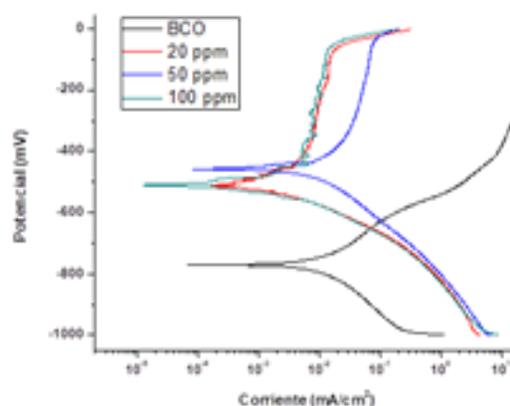


Figura 1. Diagrama de Evans del sistema acero 1018 en NaCl-Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con IMCL.

### 4. RESULTADOS

El IMCL mostró alta eficiencia de inhibición de la corrosión para el acero 1018 en el medio NaCl-Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. H. Arellano-Pérez, O. R. Negrón, R. F. Escobar-Jiménez, J. F. Gómez-Aguilar, y J. Uruchurtu-Chavarín, *Measurement*, **122**, 73 (2018).
- [2] E. Sarmiento, J. G. Gonzalez-Rodriguez, y J. Uruchurtu-Chavarín, *ECS Transactions*, **15**, 221 (2008).
- [3] I. A., Hermoso-Díaz, J. G., Gonzalez-Rodriguez, y J. Uruchurtu-Chavarín, *Int. J. Electrochem. Sci*, **11**, e4266 (2016).

# Corrosión electroquímica de aceros inoxidables pH pasivados, expuestos en $H_2SO_4$

Presentación Oral

M. Lara Banda, J. Villegas Tovar, C. Gaona Tiburcio, L. López Rodríguez, F. Estupiñán López, J. Cabral Miramontes, F. Almeraya Calderón\*

Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, FIME. Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica, CIIA. Carretera a Salinas Victoria km 2.3. Aeropuerto Internacinal del Norte, 66600, Apodaca, Nuevo León, México.

E-mail: [maria.laraba@uanl.edu.mx](mailto:maria.laraba@uanl.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los aceros inoxidables endurecibles por precipitación (PHSS) son empleados en la industria aeronáutica y aeroespacial[1], dada su resistencia a la corrosión, debida a la capa pasiva formada en la superficie de estos aceros durante el proceso de Pasivado, que se realiza a partir de ácido nítrico como agente pasivante y dados los problemas generados a la salud por este proceso, se investigan alternativas de agentes pasivantes para desarrollar procesos sustentables y saludables, con excelente resistencia a la corrosión y que en consecuencia aumenten la vida útil de los PHSS [2]. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de la corrosión de los PHSS (15-5PH, 17-4PH, AM350 y Custom 450) mediante la técnica de Curva de Polarización Potenciodinámica (CPP), con ácido nítrico y cítrico como agentes pasivantes, variando tiempo y temperatura de inmersión, expuesto en un ambiente de  $H_2SO_4$ .

## 2. METODOLOGÍA

Los PHSS se pasivaron en ácido cítrico y ácido nítrico a temperatura de 25 y 49°C con tiempos de inmersión de 60 y 90min. Los aceros pasivados se evaluaron mediante la técnica de electroquímica de CPP, empleando una celda electroquímica convencional de tres electrodos. El electrolito utilizado fue  $H_2SO_4$  al 1%.

## 3. RESULTADOS

En la Figura 1, se presentan las CPP de los aceros PHSS con un control mixto, con activación de la zona catódica y en la zona anódica se tiene pseudo- pasivación en el PHSS AM350 pasivado en ácido cítrico-25°C-60min y 15-5PH pasivado en ácido nítrico-49°C-90 min, el primero de estos no presenta pasivación secundaria, el

resto de los aceros PHSS presentan pasivación-transpasivación-pasivación secundaria. Los aceros PHSS pasivados en ácido cítrico presentan potenciales de corrosión más nobles; sin embargo, la estabilidad de la capa pasiva es mayor en ácido nítrico que en ácido cítrico.

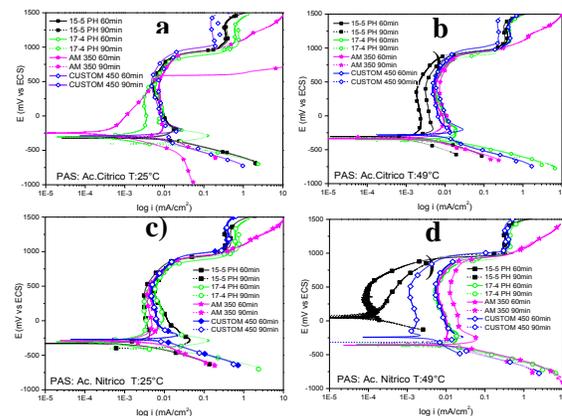


Figura 1. a) CPP de PHSS. y b) ácido cítrico 25 y 49°C; c) y d) ácido nítrico 25 y 49°C, en  $H_2SO_4$  al 1%.

## 4. CONCLUSIONES

Todos los PHSS pasivados y expuestos en  $H_2SO_4$ , presentan un control mixto por activación. El ácido cítrico es una alternativa como agente pasivante de PHSS.

## 5. REFERENCIAS

- [1] A. P. Mouritz, *Introduction to aerospace materials*. Woodhead Publishing, Philadelphia (2012).
- [2] B. Elsener et al., *Materials and Corrosion*, 797 (2020).

# Recubrimientos de óxido de grafeno vía jet de plasma a presión atmosférica para protección contra la corrosión

Presentación Oral

J. A. Cabello Mendez\*, Y. Meas Vong, J. J. Pérez Bueno

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.  
Parque Tecnológico Querétaro – Sanfandila, C.P. 76703, Pedro Escobedo, Qro.

E-mail: [jcabello@cideteq.mx](mailto:jcabello@cideteq.mx)

| 257

## 1. INTRODUCCIÓN

Los metales pueden deteriorarse de diferentes maneras, física o químicamente, y el deterioro químico de estos es normalmente llamado corrosión [1]. Se estima que la corrosión le cuesta a la economía global US\$2.5 trillones, lo cual es equivalente a 3.4% del producto interno bruto global (2013) [2]. Debido a esto, es necesario desarrollar recubrimientos capaces de proteger las estructuras metálicas de la corrosión. El jet de plasma a presión atmosférica (APPJ) es un método de modificación de superficies que permite la generación de un plasma en una boquilla a una pequeña distancia de la superficie. Esta boquilla permite la proyección de especies activas desde el plasma hacia la superficie del sustrato [3] y ha sido reportado para generar recubrimientos protectores [4]. El óxido de grafeno es un material químicamente inerte en condiciones ambientales y tiene la capacidad de formar películas delgadas que pueden funcionar como barrera impermeable [5]. Esto hace al óxido de grafeno una excelente opción como recubrimiento protector para los metales.

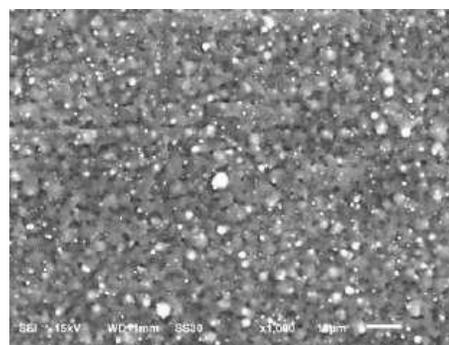
## 2. METODOLOGÍA

Los recubrimientos se obtienen a partir de niebla ultrasónica de una disolución de óxido de grafeno que fue proyectada al jet de plasma a presión atmosférica. Estos depósitos fueron caracterizados electroquímicamente con impedancia electroquímica, resistencia potenciodinámica cíclica y ruido electroquímico. La caracterización morfológica y de composición se realizó por SEM y EDS.

## 3. RESULTADOS

El método de APPJ demostró ser bastante eficiente para la formación de recubrimientos de óxido de grafeno, logrando obtener espesores desde 1  $\mu\text{m}$  a 4.5  $\mu\text{m}$  a 1 y 2.5 min con el jet de plasma, respectivamente. La Figura 1 muestra el recubrimiento de óxido de grafeno, el cual fue continuo y homogéneo. Esto

cumple con una de las características para ser viable de funcionar como barrera impermeable entre el electrolito y el metal.



**Figura 1.** Micrografía SEM de un recubrimiento de óxido de grafeno obtenido por APPJ.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran una protección al metal debido a la estabilidad y continuidad del óxido de grafeno en el ambiente corrosivo. El sustrato presenta una disminución en corrosión localizada.

## 5. REFERENCIAS

- [1] H. A. Videla, *Manual of Biocorrosion*, CRC Press, Inc. (1996).
- [2] E. Bowman, G. Jacobson, G Koch, *International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study*. NACE International, A-19 (2016).
- [3] J. A. Cabello Mendez, Y. Meas Vong, J. J. Perez Bueno, *Green Materials*, **10**, 1 (2021).
- [4] P. Li, L. Li, W. Wang, *Applied Surface Science*, **297**, 109 (2014).
- [5] A. Yadav, R. Kumar, *Carbon*, **140**, 477 (2018).

## Efecto de los parámetros de depósito en la respuesta corrosiva de recubrimientos de $ZrO_2$ depositados sobre aleación MgZnCa

Presentación Oral

B. Millán<sup>1</sup>, J. Victoria Hernández<sup>2</sup>, G. Kurz<sup>2</sup>, D. Letzig<sup>2</sup>, S. E. Rodil<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<sup>2</sup>Institute of Material and Process Design, Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht, Germany

E-mail: [bmillan@ciencias.unam.mx](mailto:bmillan@ciencias.unam.mx)

| 258

### 1. INTRODUCCIÓN

Las aleaciones biodegradables MgZnCa son candidatos prometedores para la fabricación de implantes ortopédicos [1]. Sin embargo, su principal limitación es la alta tasa de corrosión en la fase inicial de la implantación, la cual va acompañada de producción de hidrógeno ( $H_2$ ), y puede inducir un efecto tóxico para el tejido circundante. En un primer trabajo empleando evaporación catódica RF asistida por magnetrón se depositó una película delgada de  $ZrO_2$  sobre la aleación Mg-0.6Zn-0.6Ca observándose una mejora en la resistencia a la corrosión [1]. La protección ofrecida por el recubrimiento depende de los parámetros de depósito. En el presente trabajo se evaluó el efecto de los parámetros de depósito en la respuesta corrosiva del sistema MgZnCa/ $ZrO_2$ .

### 2. METODOLOGÍA

Las muestras de la aleación MgZnCa fueron lijadas progresivamente y limpiadas en isopropanol. Las películas delgadas de  $ZrO_2$  se depositaron sobre la aleación MgZnCa con la técnica de evaporación catódica reactiva asistida por magnetrón usando un blanco de Zr y atmósfera reactiva de argón-oxígeno. Los parámetros de depósito se variaron según un diseño factorial fraccional de 3 variables y hasta 3 niveles. Se consideró como variables independientes la potencia (P), la fracción de oxígeno ( $O_2$ ) y tiempo de depósito (t). Se evaluó la respuesta corrosiva con las técnicas de espectroscopia de impedancia (EIS) y polarización potenciodinámica (PDP) en solución 0.89 wt% NaCl a 37 °C. Además se determinó la cantidad de hidrógeno ( $H_2$ ) producido durante el proceso de corrosión con cromatografía de gases.

### 3. RESULTADOS

La rugosidad de las películas de  $ZrO_2$  depositadas considerando una fracción de  $O_2$  del 20, 30 y 40 % es 1.8, 6.4 y 7.0  $\mu m$ , respectivamente. En la Fig 1a se presenta el módulo de la impedancia ( $Z_{mod}$ ) obtenido

de las curvas de Bode ( $f = 1 \text{ Hz}$ ) para la aleación MgZnCa y las muestras recubiertas con películas delgadas de  $ZrO_2$  depositadas en las siguientes condiciones: fijando  $P = 400 \text{ W}$  y  $t = 90 \text{ min}$ , y variando la fracción de oxígeno ( $O_2$ ) a 20, 30 y 40 %. El  $Z_{mod}$  incrementó 30% para las muestras recubiertas con  $ZrO_2$  en comparación con la aleación MgZnCa, indicando un aumento en resistencia a la corrosión. Por otro lado, se observa que la producción de  $H_2$  (Fig 1b) disminuye hasta 50% para la condición de  $O_2 = 20\%$ .

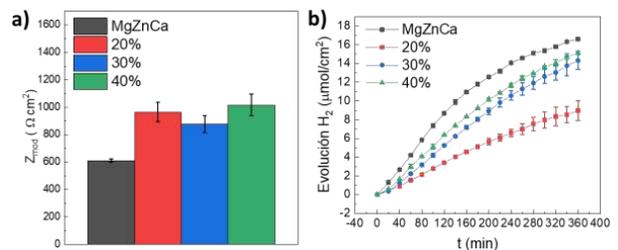


Figura 1. Módulo de la impedancia y evolución de hidrógeno en solución al 0.89% de NaCl.

### 4. CONCLUSIONES

Mientras que el  $Z_{mod}$  revela que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las muestras del 20, 30 y 40%; los resultados de evolución de  $H_2$  evidencian una diferencia importante entre las diferentes condiciones. Lo cual es consecuencia de la menor porosidad y rugosidad de la película delgada de  $ZrO_2$  depositada considerando una fracción de  $O_2$  del 20%.

### 5. REFERENCIAS

[1] B. Millán-Ramos, et al., *J. Magnes. Alloy*, **9**, 2019 (2021).

## Evaluación de la eficiencia de inhibición de extractos de *Opuntia Ficus-Indica* (Natural vs Suplemento) para el control de la corrosión en aceros al carbono en HCl

### Presentación Oral

D. A. Díaz Escobar, H. Herrera Hernández, J. G. Miranda Hernández, A. Mandujano Ruíz\*  
Universidad Autónoma del Estado de México, IIN-Laboratorio de Investigación en Electroquímica y Corrosión de Materiales Industriales. Blvd. Universitario s/n, Predio San Javier Atizapán de Zaragoza, Estado de México, 54500, México

E-mail: [amandujanor@uaemex.mx](mailto:amandujanor@uaemex.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN.

La corrosión es un fenómeno de degradación del acero, que genera una problemática de gran impacto a nivel industrial, lo que demanda un desarrollo de nuevos métodos para su protección. Los inhibidores verdes son hoy en día un área de oportunidad ya que existe un amplio abanico de opciones entre las que figuran, plantas, raíces, semillas, frutos, etc. ejemplo de esto es el Nopal (*Opuntia Ficus-Indica*), planta mexicana que tiene propiedades, anti-inflamatorias, desintoxicantes y diuréticas, por lo que figura como una muy buena opción para el estudio de sus propiedades de inhibición al proceso de oxidación de los metales. El presente trabajo propone el estudio electroquímico para evaluar las capacidades de inhibición del Nopal en dos presentaciones: el extracto obtenido de la planta (Natural) comparado con la presentación comercial (suplemento a base de capsulas), las cuales se probarán en tres diferentes aceros al carbono: AISI 1045, 4140 y 8620 los cuales son utilizados ampliamente en la industrial metal-mecánica [1].

### 2. METODOLOGÍA

Los dos extractos de Nopal preparados fueron dosificados a diferentes mililitros a una celda de 3 electrodos utilizando un electrodo contador (CE) de grafito, un electrodo de referencia (RE) de Ag/AgCl (KCl sat.) y los aceros como ánodo (WE). Las técnicas electroquímicas utilizadas para evaluar la eficiencia fueron la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS) y la Resistencia a la Polarización (LPR). El medio utilizado como blanco fue HCl (1 M).

### 3. RESULTADOS

Los resultados de la evidencia fotográfica revelan que el inhibidor de Nopal Natural forma una capa protectora más homogénea en los acero disminuyendo el ataque del ácido. Esto coincide con el cambio en el

comportamiento de la impedancia y las curvas de polarización, aumentando su resistencia conforme se realizaban a las dosificaciones del inhibidor.

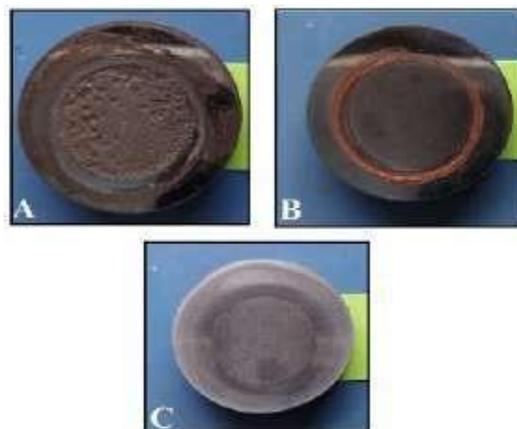


Figura 1. Ataque del acero 1045: A) en HCl, B) Nopal Natural, C) Nopal en cápsula.

### 4. CONCLUSIONES

El extracto Natural de *Opuntia Ficus-Indica* muestra tener una mejor adsorción sobre la superficie de los aceros, disminuyendo los sitios activos expuestos al medio ácido y cambiando el tipo de ataque por corrosión.

### 5. REFERENCIAS

[1] J. P. Flores-De los Ríos, M. Sánchez-Carrillo, C. G. Nava-Dino, J. G. Chacón-Nava, et al., *Journal of Spectroscopy*, 1 (2015).

# Extracto líquido de plantas medicinales para la inhibición de la corrosión del acero industrial AISI 1045 en medio ácido

## Presentación Oral

J. C. Trinidad González, H. Herrera Hernández, J. G. Miranda Hernández, A. Mandujano Ruíz\*  
Universidad Autónoma del Estado de México, IIN-Laboratorio de Investigación en Electroquímica y Corrosión de Materiales Industriales. Blvd. Universitario s/n, Predio San Javier Atizapán de Zaragoza, Estado de México, 54500, México  
E-mail: [amandujanor@uaemex.mx](mailto:amandujanor@uaemex.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los inhibidores de corrosión a base de extractos líquidos naturales están teniendo gran relevancia en la actualidad por su capacidad de protección al deterioro ante la corrosión de maquinaria, herramientas y componentes industriales alargando su vida útil, así como las ventajas que ofrecen ante las normativas ecológicas para el cuidado del medio ambiente. En este trabajo se plantea el estudio de inhibidores de extractos líquidos de diversas hojas de plantas como: la morera, limón persa, aguacate, morinda citrifolia, nopal, neem, stevia, limón mexicano (criollo), hoja verde, yerba buena, naranjo y eucalipto, dichas plantas fueron seleccionadas por sus componentes químicos los cuales contienen vitaminas y antioxidantes, algunas de ellas se utilizan en la medicina tradicional. La eficiencia de estos extractos se probó ante un acero al carbón AISI 1045 usado ampliamente en industria por sus propiedades mecánicas aunque presenta una alta susceptibilidad a la corrosión [1,2].

### 2. METODOLOGÍA

El arreglo experimental usado es una celda de 3 electrodos: un electrodo de referencia de Ag/AgCl (KCl sat.) y un grafito como contraelectrodo y el acero 1045 como electrodo de trabajo. Las pruebas implementadas para evaluar la eficiencia de los extractos fueron la Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS) y Polarización Potenciodinámica (LPR). La solución utilizada fue  $H_2SO_4/H_2SO_4$  (0.5 M) bajo condiciones estándar.

### 3. RESULTADOS

Los resultados electroquímicos registrados mediante EIS revelan un incremento en la resistencia del material, esto se comprueba con el incremento del tamaño del bucle en el gráfico de Nyquist, mientras que con LPR se obtuvieron velocidades de corrosión baja al incrementar las concentraciones de cada uno de los extractos protegiendo al acero del ataque que

genera el ácido, lo cual se comprueba mediante las capturas metalográficas.

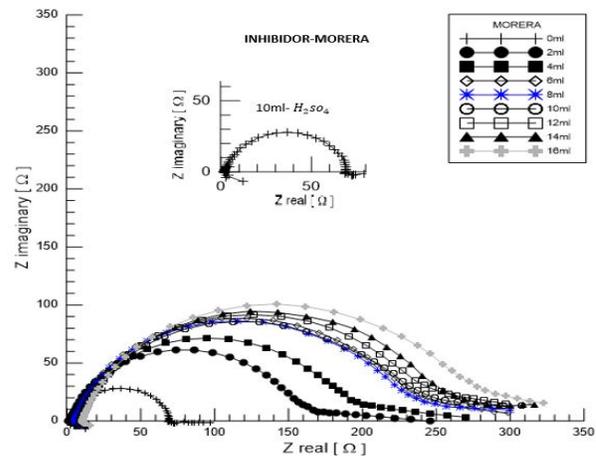


Figura 1. Comportamiento del diagrama de Nyquist de la inhibición de la corrosión del acero AISI 1045 usando inhibidor de Morera.

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados demuestran que estos extractos funcionan como un recubrimiento formando monocapas de moléculas que protegen al acero del proceso de corrosión.

### 5. REFERENCIAS

- [1] E. Monroy Barreto, *Extractos líquidos naturales de morinda citrifolia y aloe-vera como posibles inhibidores de la corrosión en aceros industriales*. UAEM Valle de México, Edo. de México (2016).
- [2] J. P. Flores de los Ríos, *Comportamiento de inhibidores "verdes" en la corrosión de acero 1018 en medios ácidos*. CIMAV. Chihuahua, Chihuahua, (2016).

## Evaluación electroquímica de extracto de *Lippia graveolens* como inhibidor de la corrosión del acero 1018 en medios ácidos

### Presentación Oral

R. E. Núñez Jaquez\*, N. Cárdenas Barba, C. P. Barrios Durstewitz, S. K. Luna Arellanes, C. G. Gámez Valdez

Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Fuente de Poseidón y Pról. Ángel Flores S/N, C. U., C.P. 81223, Los Mochis, Sinaloa, México.

E-mail: [ronunez@uas.edu.mx](mailto:ronunez@uas.edu.mx).

### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se presenta un crecimiento y avance tecnológico en las industrias donde los componentes metálicos son muy empleados debido a sus propiedades, sus bajos costos, alta disponibilidad y su alta resistencia mecánica. Sin embargo, estos materiales son muy susceptibles a presentar corrosión debido a que se encuentran expuestos a un ambiente que proporciona un rápido deterioro del material y sus propiedades [1,2]. Por otra parte, es posible retardar y/o prevenir el proceso de corrosión empleando inhibidores verdes que pueden ser extraídos de hierbas aromáticas, especies y plantas medicinales [2,3]. La presente propuesta se enfoca en el uso de un extracto acuoso de hojas de *Lippia graveolens*, como inhibidor, también, su uso otorga beneficios ecológicos al ser una sustancia natural, biodegradable, no tóxica para el medio ambiente, ni a la salud humana; de fácil y económica obtención, además de una buena eficiencia inhibidora de la corrosión.

### 2. METODOLOGÍA

El extracto de *Lippia graveolens* se obtuvo por extracción Soxhlet, se utilizó acero al carbono 1018 para preparar los especímenes de prueba, los cuales fueron sometidos a medios corrosivos de ácido sulfúrico  $H_2SO_4$  1 M y ácido clorhídrico HCl 1M y se adicionaron diferentes concentraciones de extracto acuoso *Lippia graveolens*. Para determinar la eficiencia de inhibición, se realizaron pruebas electroquímicas de curvas de polarización y espectroscopia de impedancia electroquímica a diferentes periodos de tiempo.

### 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos para los especímenes expuestos en ácido sulfúrico, muestran en promedio que al aumentar el tiempo de exposición disminuye la eficiencia de inhibición de corrosión. Los resultados obtenidos de los especímenes expuestos a ácido

clorhídrico mostraron que al aumentar la concentración aumenta la eficiencia de inhibición de

corrosión, donde las concentraciones más bajas se muestran inestables, sin embargo el medio donde se presentó la mayor eficiencia fue el de HCl.

### 4. CONCLUSIONES

Los especímenes expuestos en  $H_2SO_4$  mostraron que la mayor eficiencia de inhibición fue de 84.15% a una concentración de 1% V/V de extracto y un tiempo de exposición de 12 H.

Para las soluciones de HCl a las que fueron expuestos los especímenes, se encontró que la mayor eficiencia de inhibición fue de 93.63% a una concentración de 5% V/V de extracto y un tiempo de exposición de 60 H. Se determinó que el extracto acuoso de las hojas secas de *Lippia graveolens* actúa como inhibidor de tipo mixto, tanto en las soluciones de  $H_2SO_4$  como en las de HCl.

### 5. REFERENCIAS

- [1] V. S. Sastri, *Green Corrosion Inhibitors: theory and practice*, John Wiley & Sons, Inc, EUA (2011).
- [2] J. de Damborenea, A. Conde, y M. A. Arenas, *Corrosion inhibition with rare earth metal compounds in aqueous solutions*, Woodhead Publishing Limited, España (2014).
- [3] A. Groysman, *Corrosion for everybody*, Springer Dordrecht, EUA (2010).
- [4] L. T. Popoola, *Heliyon*, **5**, 01143 (2019).

## Evaluación de la corrosión de los aceros 1018, 1045 Y H13 en ácido sulfúrico

### Presentación Oral

C. O. Hernández Chávez, D. Hernández Pérez, M. E. Refugio García, J. I. Aldana González, G. Vázquez Huerta\*

Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana

E-mail: [gvh@azc.uam.mx](mailto:gvh@azc.uam.mx)

| 262

## 1. INTRODUCCIÓN

Los aceros de bajo y medio carbono se encuentran entre los materiales más utilizados en la industria, sin embargo, dado que la corrosión es un factor determinante para garantizar la seguridad y buen funcionamiento de los componentes de acero, es necesario realizar estudios de corrosión en donde se evalúe la susceptibilidad de éstos a ser corroídos [1,2]. En el presente trabajo se realiza un estudio comparativo del acero de bajo carbono (AISI 1018), acero de medio carbono (AISI 1045) y un acero aleado (H13) con la finalidad de evaluar la susceptibilidad a la corrosión en 0.1M y 0.5M de ácido sulfúrico. La caracterización se realizó por el método de curvas de Tafel y el método de resistencia a la polarización.

## 2. METODOLOGÍA

Se cortaron 3 probetas de 1 cm de longitud de cada una de las barras de acero (1018, 1045 y H13) y se montaron en baquelita, se desbastaron utilizando un papel abrasivo hasta una granulometría de 600. Se utilizó una celda electroquímica sumergiendo un electrodo de referencia (Ag/AgCl), una barra de grafito como contraelectrodo y el electrodo de trabajo (ET) que son las probetas de acero montadas en baquelita. Las mediciones electroquímicas se realizaron en solución 0.1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, por el método de curvas de Tafel y de resistencia a la polarización.

## 3. RESULTADOS

En los resultados de la Tabla 2 se observa que la corriente de corrosión se ve afectada por el contenido de carbono en los aceros, al aumentar el porcentaje por ejemplo entre el 1018 y 1045 la densidad de la corriente de corrosión ( $j_{corr}$ ) es menor. En el caso del acero H13 la disminución de la  $j_{corr}$  es más pequeña, este comportamiento se atribuye a la presencia de elementos aleantes como el V y el Mo, los cuales se oxidan fácilmente, provocando que este acero sea más susceptible a la corrosión en comparación con el acero 1045.

**Tabla 1.** Valores electroquímicos obtenidos de los aceros 1018, 1045 y H13 a 0.1M y 0.5M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por el método de intersección o curvas de Tafel.

[C]	ACERO	$R_p$ ( $\Omega$ )	$I_{corr}$ (A)	$E_{corr}$ (V)	$j_{corr}$ (A/cm <sup>2</sup> )
0.1M	1018	62.61	$2.96 \times 10^{-4}$	-0.422	$2.33 \times 10^{-4}$
	1045	252.98	$7.01 \times 10^{-5}$	-0.522	$5.53 \times 10^{-5}$
	H13	41.85	$4.18 \times 10^{-4}$	-0.475	$3.3 \times 10^{-4}$
0.5M	1018	10.56	$1.51 \times 10^{-3}$	-0.465	$1.19 \times 10^{-3}$
	1045	87.32	$1.91 \times 10^{-4}$	-0.498	$1.51 \times 10^{-4}$
	H13	10.63	$1.62 \times 10^{-3}$	-0.474	$1.28 \times 10^{-3}$

## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se evaluó el comportamiento de corrosión de los aceros 1018, 1045 y H13 en solución 0.1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, se encontró que la densidad de corriente de corrosión disminuye con el aumento del contenido de carbono en el acero. Al emplear el acero H13 la  $j_{corr}$  disminuye aunque no tanto como en el caso del 1045, el comportamiento se atribuyó a la presencia de elementos aleantes, los cuales tienden a oxidarse fácilmente aumentando la susceptibilidad del H13 a corroerse.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Zhou, L. Guo, Sh. Zhang, S. Kaya, X. Luo, B. Xiang, *RSC Advances*, **7**, 23961 (2017).
- [2] J. G. González-Rodríguez J.C. Valle- Quintana, G.F. Dominguez-Patiño, *Hindawi Publishing Corporation*, vol. 2014, **1** (2014).

# Estudio electroquímico del extracto etanólico de *Lentinula Edodes* como inhibidor "verde" de la corrosión de un acero de bajo en carbono en $H_2SO_4$

Presentación Oral

R. Suarez Hernandez\*, M. Bassam Rammal, S. Omanovic

Department of Chemical Engineering, McGill University, 3610 University Street, Montreal, Quebec, H3A 0C5, Canada

E-mail: [ruben.suarezhdez@outlook.com](mailto:ruben.suarezhdez@outlook.com)

| 263

## 1. INTRODUCCIÓN

Un inhibidor de corrosión constituye una sustancia química que puede suprimir eficientemente la velocidad de corrosión de metales/aleaciones sometidas a un ambiente corrosivo. Debido a sus interesantes propiedades químicas, los extractos de plantas son excelentes candidatos a inhibidores de la corrosión naturales potencialmente interesantes [1, 2]. *Lentinula Edodes* destaca por sus propiedades antioxidantes, además, los elementos funcionales del cuerpo fructífero de *Lentinula Edodes* se pueden concentrar fácilmente en extractos acuosos y alcohólicos obteniendo importantes compuestos bioactivos (glucanos, polisacáridos-péptidos, lentinan y el péptido KS-2 que contiene diferentes aminoácidos). En este trabajo el extracto del cuerpo fructífero de *Lentinula Edodes* LEBFE fue evaluado como un inhibidor ecológico para contrarrestar la corrosión del acero al carbono (CS) en medios ácidos empleando una amplia serie de métodos electroquímicos convencionales en diferentes condiciones de operación.

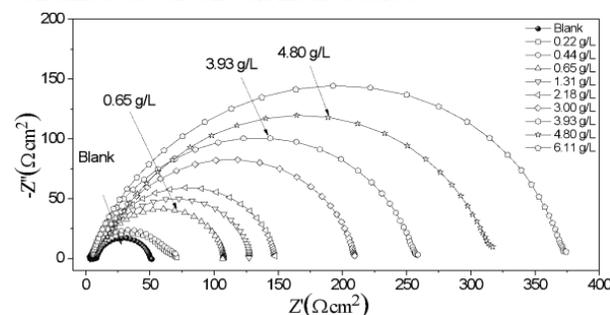
## 2. METODOLOGÍA

El extracto del cuerpo fructífero de *Lentinula Edodes* (LEBFE) se obtuvo utilizando un método químico bien establecido. Se emplearon una serie de métodos electroquímicos convencionales (EIS, TAFEL, LPR) para investigar la eficiencia de inhibición de la corrosión LEBFE bajo diferentes condiciones de operación.

## 3. RESULTADOS

Se encontró que LEBFE es un inhibidor de corrosión de tipo mixto eficiente, que produce una eficiencia máxima de protección contra la corrosión de  $88.50 \pm 0.15\%$  (obtenida de a Fig. 1). Se descubrió que el inhibidor inhibe de manera eficiente la corrosión de una superficie de acero al carbono durante un tiempo de inmersión prolongado y a diferentes temperaturas del electrolito. El mecanismo de adsorción correspondiente al inhibidor estudiado en la superficie

del acero al carbono se basó en la fisiorción con una isoterma de tipo Langmuir. Los resultados presentados aquí respaldan el hecho de que LEBFE puede considerarse un inhibidor verde ecológico efectivo para el control de la corrosión del acero con bajo contenido de carbono en medios ácidos.



**Figura 1.** Diagrama de Nyquist para CS en  $H_2SO_4$  0,5 M en OCP en ausencia y presencia de diferentes concentraciones de LEBFE a 22 °C.

## 4. CONCLUSIONES

Se afirmó que LEBFE actúa como un inhibidor de corrosión de tipo mixto, con una eficiencia de protección contra la corrosión proporcional a su concentración en el electrolito. LEBFE redujo efectivamente la tasa de corrosión del acero al carbono a diferentes temperaturas del electrolito. La interacción de LEBFE con la superficie de acero al carbono se describió mediante la isoterma de adsorción de Langmuir y se descubrió que la cinética de adsorción en la superficie de acero al carbono fue relativamente rápida.

## 5. REFERENCIAS

- [1].B, P.C. and P. Rao. *Int J Biol Macromol.*, **112**, 461 (2018).
- [2].Ghareba, S. and S. Omanovic, *Electrochimica Acta*, **56(11)**, 3890 (2011).

## Síntesis, caracterización y uso de líquidos iónicos como inhibidores de corrosión en anticongelantes

Presentación Oral

H. M. Martínez Fernández<sup>1\*</sup>, N. Casillas Santana<sup>1</sup>, A. G. González Gutiérrez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán #1451, Guadalajara, Jal., CP. 44430, México.

E-mail: [fq.hector.miguel@hotmail.com](mailto:fq.hector.miguel@hotmail.com)

| 264

### 1. INTRODUCCIÓN

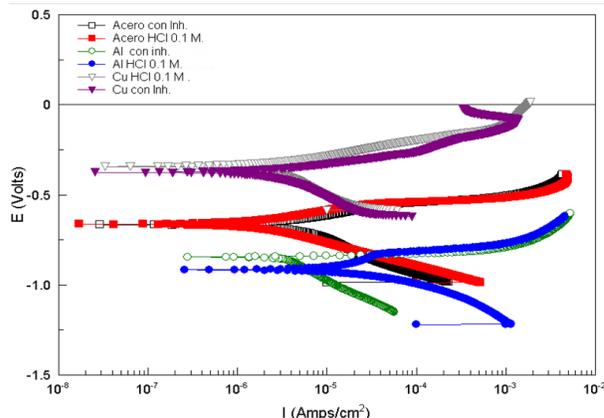
A lo largo de décadas, la corrosión ha ocasionado pérdida de vidas y costosos daños en casi todos los campos de la ingeniería, siendo esta una amenaza ambiental con atributos catastróficos [1]. En la última década, el uso de líquidos iónicos para la inhibición de la corrosión metálica ha sido de gran interés debido a su baja volatilidad, no inflamabilidad, naturaleza no tóxica, estabilidad térmica, así también su capacidad para adsorberse en la superficie metálica, catalogándolos como “inhibidores de corrosión verdes”[2].

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis se llevó a cabo a partir del 1-metilimidazol y el 1-bromotetradecano por el método de cuaternización de líquidos iónicos [3]. La caracterización se llevó a cabo mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR), resonancia magnética nuclear (RMN-H1) y microscopía electrónica de barrido (SEM)

El desempeño del líquido iónico fué evaluado en una celda de tres electrodos utilizando acero, cobre y aluminio como electrodos de trabajo, electrodo de platino como contraelectrodo y electrodo de plata/cloruro de plata como referencia por las técnicas de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), curvas de polarización y monitoreo del potencial a circuito abierto. Las evaluaciones se realizaron en HCl con inhibidor al 0.01 M. Finalmente, se realizó la formulación de un anticongelante al que se le aplicaron análisis fisicoquímicos de acuerdo a la normatividad ASTM que aplica en anticongelantes.

### 3. RESULTADOS



**Figura 1.** Curvas de polarización para cobre, aluminio y acero en HCl 0.1 M sin y con inhibidor de de líquido iónico.

**Tabla 1.** Parámetros de Tafel para cobre, aluminio y acero en HCl 0.1 M y con inhibidor a 0.01M.

Metal con inhibidor	Aluminio	Cobre	Acero
% de inhibición	79.06	11.16	0 %

### 4. CONCLUSIONES

El líquido iónico muestra características inhibitoras para el cobre y aluminio, siendo especialmente efectivo en el aluminio, sin embargo, no muestra resultados positivos para el acero.

### 5. REFERENCIAS

- [1] P. Lekan, *De Gruyter*, **37**, 71 (2019).
- [2] C. Verma, E. E. Ebenso, M.A. Quraishi, *Journal of Molecular Liquids*, **233**, 403 (2017).
- [3] L. Guglielmero, A. Mezzetta, L. Guazzelli, C. S. Pomelli, F. D'Andrea, C. Chiappe, *Frontiers in chemistry*, **6**, 612 (2018).

# Curvas potenciodinámicas de polarización cíclica en aleaciones de titanio anodizado en diferentes corrientes en soluciones alcalinas

## Presentación Oral

J. Díaz Salgado<sup>1</sup>, C. Gaona<sup>1</sup>, J. Jaquez Muñoz<sup>1</sup>, P. Zambrano<sup>1</sup>, C. Martínez Ramos<sup>1</sup>, M. Lara<sup>1</sup>, J. Cabral<sup>1</sup>, F. Estupiñán<sup>1</sup>, F. Almeraya Calderón<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

\*E-mail: [falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com](mailto:falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de titanio son usadas en diferentes industrias como la biomédica, aeroespacial, aeronáutica, química, naval, entre otras. Estos sectores poseen altos estándares con baja tolerancia a daños. El propósito de este trabajo es estudiar el comportamiento de la corrosión en aleaciones de titanio anodizado en soluciones alcalinas (KOH y NaOH) a diferentes corrientes de entrada (0.025 A/cm<sup>2</sup> y 0.010 A/cm<sup>2</sup>) expuesto a 3.5% peso NaCl y 3.5% peso H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a temperatura ambiente. Usando curvas potenciodinámicas de polarización cíclica siguiendo la ASTM G61 para obtener parámetros electroquímicos como rango de pasivación, tipo de corrosión, potencial de corrosión y velocidad de corrosión.

## 2. METODOLOGÍA

El procedimiento consiste en la adecuación de las probetas con el fin de que sean compatibles en el sistema de anodizado que consiste en cátodo, ánodo, electrolito y baño refrigerante.

## 3. RESULTADOS

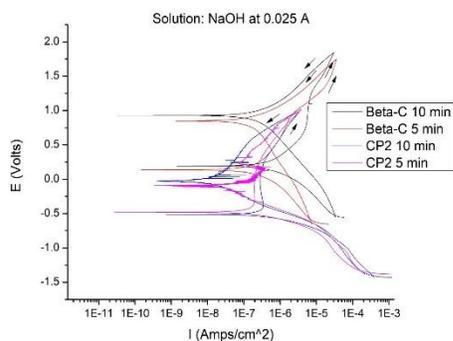


Figura 1. CPP solución NaOH a 0.025 A/cm<sup>2</sup>

Tabla 1. Resumen de resultados en soluciones alcalinas.

Aleación	I <sub>Corr</sub> (A/cm <sup>2</sup> )	E <sub>Corr</sub> (v)	Rango de pasivación (v)
Beta-C (1)	4.72 E-8	0.285	1.280
Beta-C (2)	1.01 E-6	0.050	1.543
CP2 (1)	1.61 E-5	-0.346	1.756
CP2 (2)	7.38 E-7	-0.514	1.311

## 4. CONCLUSIONES

La aleación Ti Beta-C presenta mejor comportamiento contrala corrosión y menor susceptibilidad a la misma.

Todas las pruebas presentan histéresis negativa lo que significa que el tipo de corrosión es uniforme o generalizado.

Las probetas con corriente de entrada 0.010 A/cm<sup>2</sup> alcanzan con mayor facilidad la pasivación (1.280v) y presentan menores densidades de corriente que las muestras con corriente de entrada 0.025 A/cm<sup>2</sup>

## 5. REFERENCIAS

- [1] A. Nemtsov, P. Kirshkov, *Medbiotech Journal*, **4** (2), 083 (2020).
- [2] T. Fu, Z. Zhan, Y. Tang, Z. Liu, J. Liu, L. Li, X. Yu, *Surface & Coatings Technology*, **280**, 129 (2015).

## Dureza del TiO<sub>2</sub> dopado con cromo obtenido mediante anodización electroquímica en una solución a base de HCl

### Presentación Oral

S. Hernández Montiel, J. Hernández Torres, J. C. Nolasco Montaña, E. E. Avalos Hernández, L. García González\*

Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana.

E-mail: [leagarcia@uv.mx](mailto:leagarcia@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Se ha observado en diferentes investigaciones como las películas de TiO<sub>2</sub> obtenidas por anodización electroquímica, tienen la capacidad de mejorar considerablemente las cualidades físicas y químicas del titanio [1]. No obstante, es gracias a la gran versatilidad de este proceso, que en la actualidad se ha llevado a cabo la incorporación de metales de transición en la matriz del TiO<sub>2</sub>, lo que finalmente ha ampliado su campo de estudio y la mejora de las propiedades en general. Un ejemplo es el TiO<sub>2</sub> dopado con cromo, demostrando en el trabajo de Sharifi [2] y en nuestro anterior estudio [3], que es potenciar la habilidad fotoelectroquímica y la dureza del titanio, respectivamente, con tan solo unos pequeños porcentajes. Se sabe de antemano que el cromo es un metal de transición con elevada dureza y resistencia al desgaste [4], por lo que en esta investigación, se realizó una vertiente hacia el estudio de la dureza, considerando como solución del anodizado una mezcla compuesta por HCl y K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> como la sal precursora del cromo.

### 2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución compuesta por HCl, agua desionizada, etilenglicol/glicerol y K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>. Se usó una diferencia de potencial de 24 Volts para la mezcla con etilenglicol y 30 Volts para la mezcla con glicerol; en ambos casos el tiempo de anodización fue de 90 minutos. Se observó por FE - SEM la morfología y mediante EDS se corroboró la presencia de cromo. Finalmente, se evaluó la dureza obtenida empleando un Microdurómetro Vickers.

### 3. RESULTADOS

Las imágenes por FE-SEM revelaron la presencia de columnas compuestas por estructuras compactas sobre las superficies anodizadas.

El estudio por EDS reveló la presencia de cromo en

ambos anodizados, pero con una mayor cantidad en el realizado con etilenglicol (Tabla 1).

**Tabla 1.** Composición atómica de las muestras.

Disolvente orgánico empleado	% atómico				
	Ti	O	Cl	Cr	K
Etilenglicol	18.16	74.66	5.46	1.42	0.30
Glicerol	16.40	76.97	5.92	0.71	---

La dureza más alta fue otorgada por la muestra con mayor presencia de cromo, es decir, la anodizada con la solución compuesta por etilenglicol. Su valor superó al TiO<sub>2</sub> en un 22% y al titanio en un 93%.

### 4. CONCLUSIONES

Sin importar el componente orgánico o los parámetros de trabajo, es posible mejorar la dureza del titanio gracias a la incorporación de cromo en la estructura del TiO<sub>2</sub> anodizado.

### 5. REFERENCIAS

- [1] K. Indira, U. Kamachi Mudali, T. Nishimura, N. Rajendran, *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, **1**, 27 (2015).
- [2] T. Sharifi, T. Mohammadi, M. M. Momeni, H. Kusic, M. Kraljic Rokovic, A. Locaric Bozic, and Y. Ghayeb, *Catalysts* **11**, 212 (2021).
- [3] S. Hernández Montiel, L. García González, J. Hernández Torres, L. Zamora Peredo, C. Ferreira Palma, and R. Orozco Cruz, *ECS Transactions*, **106**, 171 (2021).
- [4] L Reinert, C. Gachot, H. Aboufadi, S. Grandthyll, K. Jacobs, F. M€uller and F. M€ucklich, *Advanced Engineering Materials*, **17**, 1 (2015).

# Análisis de la corrosión empleando un extracto metanólico de las hojas del *Ficus carica* como inhibidor de la corrosión

Presentación Oral

M. P. Hernández Valencia<sup>1\*</sup>, A. R. Aguilar<sup>1</sup>, R. López Sesenes<sup>1</sup>, J. G. González Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

E-mail: [martha.hernandezval@uaem.edu.mx](mailto:martha.hernandezval@uaem.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia del análisis de la corrosión de la superficie metálica y la forma de evitarla o controlarla, está ligada al impacto económico y social que implica su falla. Con el objetivo de hacer frente a los inconvenientes generados por el daño por corrosión, se han desarrollado diversas tecnologías [1], enfocadas al aprovechamiento de la biomasa generada por los residuos agrícolas como inhibidores de la corrosión aportando beneficios al medio ambiente. Se han realizado varios análisis con el objetivo de probar extractos naturales de hojas y frutos de una gran cantidad de plantas para utilizarlos como inhibidores de la corrosión [2]

## 2. METODOLOGÍA

Los compuestos activos del *Ficus carica* fueron extraídos utilizando como disolvente el metanol y probado como inhibidor de corrosión a diferentes concentraciones (0, 100, 200, 300, 400 y 500 ppm) y suministrados en una solución de 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> utilizada como electrolito. Fue evaluado con técnicas electroquímicas como OCP, EIS y Curvas de polarización se llevaron a cabo utilizando una celda electroquímica convencional de tres electrodos. Los materiales de prueba fueron acero al carbono 1018 y cobre fundido.

## 3. RESULTADOS

En la siguiente imagen, se muestran los resultados obtenidos de la prueba de OCP, en el que se observa que el inhibidor se comporta de manera mixta, ya que con la adición del inhibidor a sus distintas concentraciones el E<sub>oc</sub>, tiende a tomar valores más positivos y valores más negativos, Asimismo, en la Tabla 1 se muestran los resultados de las eficiencias obtenidas de la I<sub>corr</sub>, los cuales fueron calculados a partir de las pruebas de curvas de polarización.

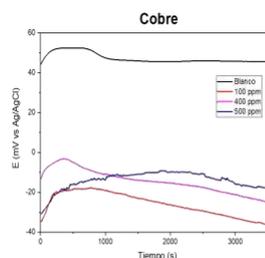


Figura 1. Resultados de potencial a circuito abierto para el Cobre.

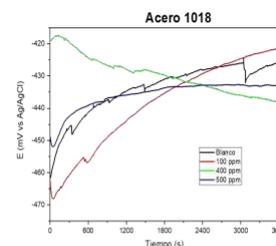


Figura 2. Resultados de potencial a circuito abierto para el Acero 1018.

Tabla 1. Resultados de eficiencia del I<sub>corr</sub> de los materiales con extracto metanólico.

Concentración/ Material	100	200	300	400	500
Cobre	62 %	34 %	66 %	76 %	74 %
Acero 1018	70 %	74 %	84 %	78 %	79 %

## 4. CONCLUSIONES

Con las pruebas electroquímicas realizadas, se comprobó que el extracto metanólico funciona como inhibidor de la corrosión en materiales como Acero 1018 y Cobre, sumergidos en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0.5 M

## 5. REFERENCIAS

- [1] L.A. Godínez, Y. Meas, R.O. Borges y A. Corona, *Revista De Metalurgia*, **39**, 140 (2003).
- [2] T.H. Ibrahim, E.E. Gomes, I.B. Obot, M. Khamis y M.A. Sabri., *Journal of Adhesion Science and Technology*, **31**, 2697 (2017).

## Obtención de recubrimientos de óxido de hierro sobre AZ31 mediante pulso potencioestático: Evaluación de la resistencia a la corrosión

Presentación Oral

S. E. Benito Santiago<sup>1</sup>, R. M. Lozano Puerto<sup>2</sup>, E. Onofre Bustamante<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> CICATA-IPN, Unidad -Altamira, carretera Tampico-Puerto Industrial Altamira Km 14.5, Industrial Altamira, 89600 Altamira, Tamps.

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Biológicas-Margarita Salas, c/ Ramiro de Maeztu, 9, 28040 Madrid, España.

E-mail: [sandra\\_edith21@outlook.com](mailto:sandra_edith21@outlook.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

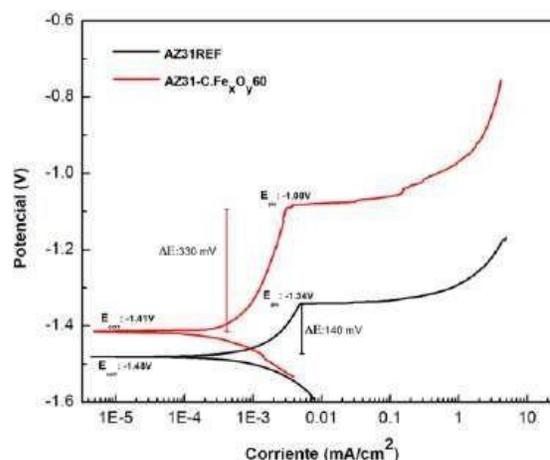
El magnesio y sus aleaciones como el AZ31, se proponen como materiales atractivos para su aplicación biomédica como implantes debido a sus propiedades biodegradables, sin embargo, presentan una velocidad de degradación rápida debido a su reactividad [1]. Para contrarrestar esta desventaja, se plantea el depósito de recubrimientos para proteger la superficie y mejorar la integridad del material [2]. El óxido de hierro se propone como recubrimiento ya que presenta baja toxicidad y resulta biocompatible cuando se estabiliza con materiales poliméricos o compuestos orgánicos [3,4]. En el presente trabajo se han obtenido electroquímicamente recubrimientos de óxido de hierro sobre la aleación AZ31 para mejorar sus propiedades frente a la corrosión.

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizaron discos de la aleación AZ31 de 3mm de espesor con un acabado superficial mediante lijado con hoja de SiC #1200 y posteriormente anodizados en una solución de NaOH 1M a un potencial de 3V durante 1 hora. El recubrimiento con óxido de hierro se realizó mediante pulso potencioestático aplicando 1V al sistema y a temperaturas de 60° y 80°C. La capa depositada se caracterizó mediante difracción de rayos X y XPS y se evaluó electroquímicamente la contribución de los recubrimientos en una solución salina equilibrada de Hank's.

### 3. RESULTADOS

Mediante difracción de rayos X se confirmó los planos cristalinos del óxido de hierro en fase magnetita y hematita. Las curvas de polarización (Fig.1) muestran la contribución del recubrimiento, con un  $\Delta E$  de 330 mV entre el potencial de corrosión y picado, mientras que en el sustrato AZ31 referencia el  $\Delta E$  fue de 140 mV.



**Figura 1.** Curva de polarización de la muestra AZ31 referencia y AZ31 anodizada recubierta con óxido de hierro obtenido a 60°C.

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran la mejora de la resistencia a la corrosión de la aleación AZ31 al aplicar el recubrimiento de óxido de hierro a la superficie de AZ31, como refleja el aumento del potencial de picado.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A. Zaffora, F. Di Franco, D. Virtú, *ACS Applied Materials and Interfaces*, **13**, 12866 (2021).
- [2] M. Janbozorgi, K.K. Taheri, A.K. Taheri, *Journal of Magnesium and alloys*, **7**, 80 (2019).
- [3] S. Shukla, A. Jadaun, V. Arora, *Toxicology Reports*, **7**, 27 (2015).
- [4] Lu. Wang, X. Li, Y. Zhang, *Nano Research*, **11**, 2746(2018).

# Efecto de la incorporación de Cr sobre la dureza del Ti anodizado, utilizando HCl y glicerol como solución electrolítica

## Presentación Oral

E. E. Avalos Hernández, S. Hernández Montiel, C. Ferreira Palma, J. Hernández Torres, L. Zamora Peredo, L. García González\*

Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana.

E-mail: [leagarcia@uv.mx](mailto:leagarcia@uv.mx)

| 269

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen diversas investigaciones respecto a la síntesis de recubrimientos de TiO<sub>2</sub> mediante anodizado electroquímico, las cuales muestran la capacidad que tiene este método para la modificación de superficies para el mejoramiento de las propiedades tanto químicas como físicas del Ti [1]. Sin embargo, existe poca información sobre la incorporación de metales de transición en el recubrimiento del TiO<sub>2</sub> anodizado usando electrolitos libres de fluoruros. Un ejemplo es el TiO<sub>2</sub> dopado con cromo, demostrado en el trabajo de Mohamad y colaboradores [2] y en el trabajo de Hernandez y col. [3], que están enfocados en la evolución de la estructura y dureza del Titanio anodizado, en ambos casos con bajos porcentajes de dopaje. El cromo se caracteriza por ser un metal de transición duro, frágil y muy resistente a la corrosión [4], por lo que se espera que mejore las propiedades del TiO<sub>2</sub>. En este trabajo se hizo un estudio de la dureza, considerando como electrolito para el anodizado una solución de HCl-glicerol y con adiciones de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>.

## 2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución utilizando HCl, glicerol, agua desionizada y como agente dopante K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>, con una concentración de 0.05, 0.1 y 0.5 M, con un voltaje de 30 V durante 90 min. Estas muestras fueron analizadas mediante FE-SEM para caracterizar la morfología de la superficie, EDS para el análisis químico y finalmente se obtuvieron resultados de dureza Vickers con ayuda de un microdurómetro.

## 3. RESULTADOS

Los resultados por FE-SEM revelaron la presencia de la formación de nanoestructuras que van cambiando de acuerdo con la concentración de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> del electrolito. Estas van desde granos nanométricos hasta nanotubos desordenados. El estudio por EDS confirmó la presencia de Cr en el TiO<sub>2</sub> anodizado (Tabla 1).

Tabla 1. Composición atómica del Cromo.

% de K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> (M)	% atómico				
	Ti	O	Cl	Cr	K
0.05	21.965	73.1	4.82	0.11	-
0.1	27.17	69.615	2.92	0.125	0.17
0.5	30.555	66.245	2.64	0.59	-

Una mayor concentración de Cr conlleva un incremento en la dureza del recubrimiento, en el cual se obtuvo un aumento en la dureza de hasta 428 HV, la cual es mayor en comparación con los valores de dureza de recubrimientos sin dopar.

## 4. CONCLUSIONES

Fue posible lograr la adición de Cr en TiO<sub>2</sub> mediante anodizado en un solo paso, observando un aumento en la dureza del recubrimiento que depende de la concentración de Cr.

## 5. REFERENCIAS

- [1] K. Indira, U. Kamachi Mudali, T. Nishimura, N. Rajendran, *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, **1**, 27 (2015).
- [2] M. Mohamad Mohsen and M Motalebian *Surface and Coatings Technology*, **420**, 11 (2021).
- [3] S. Hernández Montiel, L. García González, J. Hernández Torres, L. Zamora Peredo, C. Ferreira Palma, and R. Orozco Cruz, *ECS Transactions*, **106**, 171 (2021).
- [4] L. Alessio, M. Berlin and P. Aspostali, *Metales: Propiedades químicas y toxicidad*, p. 76, ASTDR (2014).

## Estudio electroquímico de la electrodeposición de paladio sobre ultramicroelectrodos de fibra de carbono

Presentación Oral

A.S. Bravo Rodríguez<sup>1</sup>, L. H. Mendoza Huizar<sup>1\*</sup>, G. A. Álvarez Romero<sup>1</sup>,  
S. Gonzalez Montiel<sup>1</sup>, M. Rivera Hernández<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Área Académica de Ciencias Químicas, UAEH, Mineral de la Reforma, Hgo. México.

<sup>2</sup>Instituto de Física, UNAM, Ciudad Universitaria, CDMX.

E-mail: [adrian.said.chem.br@gmail.com](mailto:adrian.said.chem.br@gmail.com), [hhuizar@uaeh.edu.mx](mailto:hhuizar@uaeh.edu.mx)

| 270

### 1. INTRODUCCIÓN

El paladio electrodepositado sobre sustratos de fibra de carbón ha encontrado aplicaciones en áreas como el almacenamiento de energía y en la fabricación de ánodos en celdas de combustible a base de etanol [1]. La actividad que presenta este Pd electrodepositados está relacionada con la morfología y el tamaño de las partículas electrodepositadas [2]. El paladio se ha electrodepositado sobre fibras de carbón utilizando métodos potenciodinámicos y potencioestáticos. Sin embargo, no se ha realizado un estudio cinético del proceso de nucleación y crecimiento del Pd sobre ultramicroelectrodos de carbón que permitirá entender la formación de estos depósitos sobre esta clase de sustratos.

### 2. METODOLOGÍA

La electrodeposición de Pd sobre un ultramicroelectrodo de Fibra de Carbono de 7  $\mu\text{m}$  de diámetro, se llevó a cabo a partir de un baño que contenía 0.001 M PdCl<sub>2</sub> + 1 M NH<sub>4</sub>Cl con un valor de pH de 5, trabajado a una temperatura de 25°C. Posteriormente se realizó un estudio voltamperométrico con el fin de determinar potenciales de inicio de cristalización y el rango de potencial de depósito. Se efectuó un estudio cronoamperométrico con el propósito de determinar los parámetros cinéticos asociados al proceso de nucleación y crecimiento.

### 3. RESULTADOS

La Figura 1a muestra uno de los Voltamperogramas obtenidos, en el que se observa que los picos observados en el barrido catódico se asociaron al Paladio electrodepositado. Por otro lado se encontró que el trazado de  $i_p$  vs  $v^{1/2}$  tuvo una tendencia lineal, lo que de acuerdo con la ecuación de Berzins-Delahay [3] corresponde a un sistema controlado por Difusión (Ver Figura 1b).

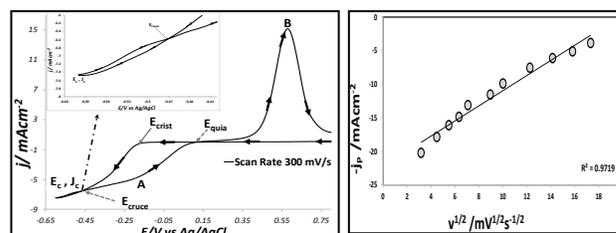


Figura 1. Voltamperogramas obtenidos a partir del sistema UME Pt/ 0.001 M PdCl<sub>2</sub> + 1 M NH<sub>4</sub>Cl.

La figura 2 muestra una familia de transitorios de corriente-tiempo que reflejan un crecimiento 3d individual sin traslape en la superficie del electrodo, a su vez se registra una mayor cantidad de corriente ( $i$ ), en potenciales más negativos. A su vez estos se ajustaron mediante el modelo de Scharifker *et al.*, obteniendo el valor del coeficiente de difusión.

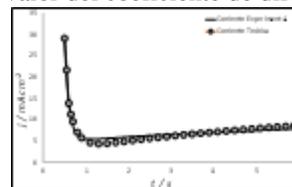


Figura 2. Comparativa  $i$  experimental vs  $i$  teórica.

### 4. CONCLUSIONES

En el presente sistema la electrodeposición de Pd, se encuentra controlada por difusión. A partir del estudio voltamperométrico y Cronoamperométrico se calcularon los coeficientes de difusión teniendo valores de  $1.12 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$  y  $1.18 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$  respectivamente.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Sawangphuk, *J. Mater. Chem.*, **1**, 1030 (2012).
- [2] C. Burda, X. Chen, *Chem. Rev.*, **105**, 1025 (2005).
- [3] T. Berzins, P. Delahay, *Journal of the American Chemical Society*, **75**, 555 (1953).

# Comportamiento a la corrosión de un recubrimiento absorbente solar de óxido de cobre negro con aplicación de recubrimiento nanométrico de aluminio

Presentación Oral

F. Razzón Hernández<sup>1\*</sup>, J. J. Pérez Bueno<sup>2</sup>, J. Santos Cruz<sup>1</sup>, S. A. Mayén Hernández<sup>1</sup>, F. J. de Moure Flores<sup>1</sup>, C. E. Pérez García<sup>1</sup>, A. Sosa Domínguez<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Querétaro.

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

E-mail: [frazzonh@gmail.com](mailto:frazzonh@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de superficies colectores solares de tipo cuerpo negro permite el aprovechamiento de la radiación solar para su posterior conversión energética y calentamiento de [1, 2]. El uso de procesos que permitan la formación de los recubrimientos, así como la optimización de las propiedades absorbentes solares ha permitido el desarrollo de técnicas electroquímicas como lo es la oxidación anódica, sin embargo, la exposición directa de las superficies al exterior genera una problemática por procesos de corrosión y desgaste[3, 4]. En el presente trabajo se desarrolló la metodología para la formación de recubrimientos de óxido de cobre sobre sustratos de cobre mediante la técnica ya mencionada, se realizó la aplicación de un recubrimiento nanométrico de Al/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mediante la técnica PVD.

## 2. METODOLOGÍA

Sustratos de cobre fueron preparados superficialmente para su posterior oxidación en medio alcalino aplicando un potencial constante por diferentes tiempos para la obtención de diferentes espesores. Un recubrimiento nanométrico de aluminio fue aplicado mediante la técnica PVD.

Se realizó la caracterización del recubrimiento formado mediante SEM, EDS y DRX. Estudios de corrosión polarización lineal se realizaron para determinar la velocidad de corrosión.

## 3. RESULTADOS

Mediante SEM se realizó el análisis de la morfología obtenida para el recubrimiento de CuO, la Figura 1 muestra la nanoestructura que presenta homogeneidad en el área analizada lo cual se atribuye a la aplicación de la densidad de corriente adecuada lo cual además permite la formación de nanoescamas permitiendo un acomodo constituido de poros y grietas.

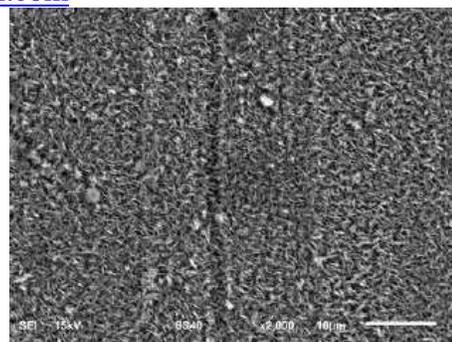


Figura 1. Imágen SEM-SEI x2000 – CuO.

Tabla 1. Tasas de velocidad de corrosión obtenidas mediante RPL.

Recubrimiento	CuO	CuO-Al
μm/año	70.22	6.06

## 4. CONCLUSIONES

La formación de recubrimientos de óxidos de cobre y aplicación de recubrimientos nanométricos de aluminio permitió la disminución de velocidad de corrosión de los sustratos en un orden de 11 veces.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. A. Kalogirou, *Progress in Energy and Combustion Science*, **30**, 231 (2004).
- [2] N. Khoza, *Journal of Alloys and Compounds*, **773**,975 (2019).
- [3] B. Liu, C. Wang, *Powder Technology*, **377**, 939 (2021).
- [4] S. Moon, *Journal of the Korean institute of surfaceengineering*, **51**, 1 (2018).

# Recuperación y reutilización sustentable de los desperdicios agrícolas de *Persea americana* como inhibidor en superficies metálicas

## Presentación Oral

D. García Rosas<sup>1</sup>, A. Rizo Aguilar<sup>2</sup>, R. López Sesenes<sup>3</sup>, J. G. González Rodríguez<sup>3</sup>,  
R. Guardian Tapia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la Maestría en Ingeniería Ambiental y Tecnologías Sustentables

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

E-mail: [dalia.garciaaros@uaem.edu.mx](mailto:dalia.garciaaros@uaem.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es uno de los problemas del deterioro de los materiales que se utilizan en la industria, una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos han sido investigados como sustancias que inhiben la corrosión de distintos metales y aleaciones [1].

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó la extracción de la hoja de *Persea americana* por método soxhlet, el extracto obtenido con hexano se utilizó en cinco diferentes concentraciones y un blanco, para evaluarse en solución de 0.05M NaCl, posterior a esto se realizaron pruebas electroquímicas como EIS y Curvas de polarización en AA2024-T3 [2].

## 3. RESULTADOS

Los resultados de EIS a temperatura ambiente para evaluar la eficiencia del extracto de hoja de *P. americana* muestra la formación de dos semicírculos deprimidos, uno de altas a medianas frecuencias y otro a bajas frecuencias lo cual normalmente es atribuido a la heterogeneidad de la superficie metálica (Tabla1).

Las curvas de polarización realizadas al AA2024 en presencia y ausencia del inhibidor, presentan un desplazamiento de los valores de potencial de corrosión ( $E_{corr}$ ) hacia valores más nobles con respecto al blanco de prueba. Para la eficiencia calculada en las diferentes concentraciones de inhibidor el valor más alto fue en la concentración de 200ppm con una eficiencia de 91%.

**Tabla 1.** Valores de Resistencia a la transferencia de carga  $R_p$  en cada concentración.

$C_{inh}$ (ppm)	$R_p$ ( $\Omega \cdot cm^2$ )
0	$8.53 \times 10^4$
100	$4.09 \times 10^4$
200	$1.11 \times 10^5$
300	$1.37 \times 10^5$
400	$1.17 \times 10^5$
500	$1.26 \times 10^5$

## 4. CONCLUSIONES

El extracto a partir de *P. americana*, actúa como un inhibidor de tipo mixto, para inhibir la corrosión de AA2024-T3 en 0.05 M NaCl.

Los resultados obtenidos por medio de las pruebas electroquímicas muestran una eficiencia conforme aumentan las concentraciones.

Las curvas de polarización muestran una eficiencia en la concentración a 200ppm con una efectividad del 91%.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. Manimegalai, P. Manjula, *International journal for innovative research in multidisciplinary field*, **3**, 213 (2017).
- [2] A. González, *Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del Amazonas* (Tesis), Universidad Nacional de Colombia (2004).

# Evaluación del efecto en el grado de corrosión del acero 100Cr6 al ser protegido con aceite mineral anticorit BG21 aplicado mediante la técnica de pulverización

## Presentación Oral

J. C. Baltazar Vera\*<sup>1</sup>, K. Mojarro Saad<sup>1</sup>, L. G. Alvarado Montalvo<sup>1</sup>, C. J. Rodríguez Rodríguez<sup>1</sup>, M. M. Salazar Hernández<sup>1</sup>, J. E. Valtierra Olivares<sup>1</sup>, G. Vázquez Rodríguez<sup>2</sup>, B. Ruiz Camacho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, División de Ingenierías

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, División de Ingenierías

<sup>3</sup>Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas

Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato.

E-mail: [jc.baltazarvera@ugto.mx](mailto:jc.baltazarvera@ugto.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es una de las principales fallas de los materiales metálicos debido a que envuelve la ionización de los átomos metálicos y la pérdida de estos iones en una solución o en un producto de corrosión. De acuerdo a lo anterior la velocidad de la corrosión electroquímica de un metal puede aumentar o disminuir hasta cero, dependiendo de la disponibilidad de sustancias activas específicas en su superficie. Por ejemplo, la presencia de humedad es un factor importante que determina la velocidad del proceso de corrosión en un acceso al oxígeno, o la presencia de iones corrosivos, así mismo, la atmósfera húmeda, especialmente en presencia de sulfuro de hidrógeno, dióxido de azufre y dióxido de carbono puede ser suficientemente agresiva [1,2]. El estudiar y desarrollar mecanismos que inhiban los procesos de corrosión que se presentan en diversos materiales es de vital importancia para la industria de latransformación.

## 2. METODOLOGÍA

En este trabajo se lleva a cabo el análisis del grado de corrosión en medio salino de probetas de acero 100Cr6 y se comparó con probetas que fueron protegidas con aceite mineral anticorit BG21 impregnado mediante la técnica de pulverización variando la presión de impregnación en 2, 2.5 y 3 bar. Con la finalidad de conocer el grado de corrosión del material después de ser sometido a un ambiente salino se realizaron las pruebas de : Potencial a circuito abierto (OCP), curva Tafel y resistencia a la polarización (LPR).

## 3. RESULTADOS

Los resultados muestran que el potencial a circuito abierto para todas las pruebas se mantuvo en un rango de -0.3139 V a 0.5489 V. La velocidad de corrosión

para cada uno de los casos de estudio se muestra en la tabla 1:

**Tabla 1.** Velocidades de corrosión de diversos casos de estudio.

Probeta	Sin recubrimiento	Impregnación a 2 bar	Impregnación a 2.5 bar	Impregnación a 3 bar
Velocidad (mm/año)	$1.16 \times 10^{-3}$	$2.18 \times 10^{-4}$	$1.37 \times 10^{-4}$	$3.60 \times 10^{-4}$

Las pruebas de resistencia a la polarización indican que el mecanismo de corrosión se ve inhibido en todos los casos donde se protege con aceite mineral la probeta.

## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se reporta el efecto inhibitorio del mecanismo de corrosión en ambiente salino del acero 100Cr6 al ser protegido con aceite mineral anticorit BG21 variando las condiciones de impregnación por la técnica de pulverización, los resultados muestran que existe una disminución significativa en el grado de corrosión de las probetas con protección.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Cai. J., Sun. L., Ma. H., Li., X. *Construction and Building Materials*, **341**, 127830 (2022).
- [2] Chen. M., Qian. H. *Construction and Building Materials*, **340**, 127660 (2022).

## Caracterización electroquímica de recubrimientos de conversión de fosfatos y TiO<sub>2</sub> nanoestructurado sobre magnesio en un fluido corporal simulado

Presentación Oral

B. P. Domínguez Capitaine<sup>1</sup>, A. G. Martínez López<sup>2</sup>, J. C. Tinoco Magaña<sup>2</sup>, G. Galicia Aguilar<sup>1</sup>, G. González Mancera<sup>3</sup>, J. L. Ramírez Reyes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología (MICRONA), Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Laboratorio de Microscopía, Facultad de Química, UNAM, México.

E-mail: [luramirez@uv.mx](mailto:luramirez@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el magnesio (Mg) y sus aleaciones son investigados debido a su biocompatibilidad y propiedades mecánicas semejantes a las del tejido óseo, que lo convierten en un candidato ideal para implantes biodegradables [1]. Sin embargo, el Mg es altamente reactivo y en un ambiente fisiológico la reducción catódica del hidrógeno, se convierte en un problema crítico [2]. En este trabajo se realizó la modificación superficial de un sustrato de Mg industrial a través de la fabricación de recubrimientos de conversión de fosfatos y TiO<sub>2</sub> nanoestructurado para disminuir y controlar la velocidad de corrosión de Mg, para su posible uso en aplicaciones biomédicas.

### 2. METODOLOGÍA

Se realizó la preparación superficial de Mg con desbaste con papel abrasivo y limpieza ultrasónica en acetona. Los sustratos fueron tratados en una solución fosfatante compuesta por H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaOH y H<sub>2</sub>O, con pH 3.5 y a 60°C. Se realizaron variaciones del tiempo de inmersión: 5, 15, 30 y 60 min. Adicionalmente, se aplicó una capa de TiO<sub>2</sub> sobre el magnesio fosfatado mediante electro spray y un templado a 100 °C. Los sustratos obtenidos fueron evaluados mediante las técnicas de Resistencia a la polarización lineal (RPL) y Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) en una celda electroquímica con tres electrodos: electrodo de Calomel saturado (ER), electrodo de grafito (CE) y las muestras de Mg recubiertas (ET), como electrolito fue utilizado el fluido corporal simulado de Kokubo.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los resultados de EIE de las muestras el día 0, donde se observa que el

semicírculo capacitivo de MgP 15 min es mayor al formado por las otras muestras, con una impedancia real de 3000 ohm, esto debido a la presencia de la capa de fosfatos en el sustrato con menor porosidad.

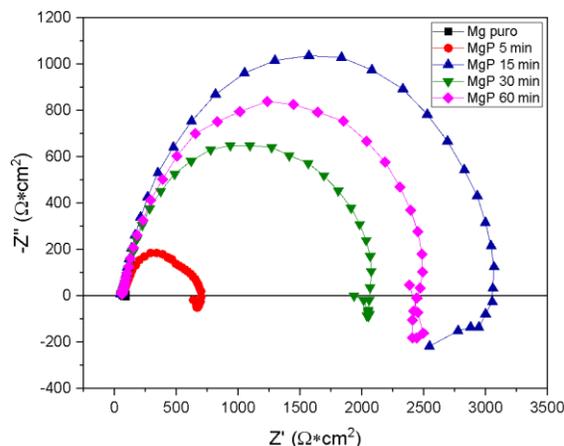


Figura 1. Diagramas de Nyquist de los sustratos de Mg fosfatados evaluados en SBF Kokubo el día 0.

### 4. CONCLUSIONES

Se fabricaron fosfatados de Mg a diferentes tiempos y se evaluaron durante 7 días en el SBF de Kokubo. Todas las muestras fosfatadas mostraron buena protección al inicio de la inmersión, pero la muestra de 15 min presentó mayor impedancia y menor V<sub>corr</sub> (0.17 mm/año), indicando menor área de exposición en los poros.

### 5. REFERENCIAS

- [1] G. Song, *Corrosion science*, **49**, 1696 (2007).
- [2] C. L. Liu, Y. J. Wang, R. C. Zeng, X. M. Zhang, W. J. Huang, P. K. Chu, *Corrosion Science*, **52**, 3341 (2010).

# Estudio electroquímico del proceso de electrodeposición de Pd sobre electrodos de 50, 30 y 10 $\mu\text{m}$ de diámetro

Presentación Oral

A.S. Bravo Rodríguez<sup>1</sup>, L.H. Mendoza Huizar<sup>1\*</sup>, G.A. Álvarez Romero<sup>1</sup>,  
S. Gonzalez Montiel<sup>1</sup>, M. Rivera Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Área Académica de Ciencias Químicas, UAEH, Mineral de la Reforma, Hgo. México.

<sup>2</sup>Instituto de Física, UNAM, Ciudad Universitaria, CDMX.

E-mail: [adrian.said.chem.br@gmail.com](mailto:adrian.said.chem.br@gmail.com), [hhuizar@uaeh.edu.mx](mailto:hhuizar@uaeh.edu.mx)

| 275

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ultramicroelectrodos (UMEs) son electrodos de dimensiones micrométricas y han demostrado ser una herramienta conveniente en los estudios de electrodeposición, ya que permite tener un proceso controlado por difusión. Además, sus pequeñas dimensiones permiten la formación y el crecimiento de núcleos individuales lo que posibilita el análisis del proceso de nucleación y crecimiento, sin la influencia del traslape en algunos casos [1]. Aquí es interesante mencionar que las zonas de difusión se relacionan directamente con el tamaño del ultramicroelectrodo, lo que modifica el coeficiente de difusión aparente en el sistema. Dado lo anterior, en el presente trabajo realizamos un estudio electroquímico, utilizando técnicas voltamperométricas y cronoamperométricas para analizar la influencia del diámetro del electrodo en el proceso de electrodeposición del Pd [2].

## 2. METODOLOGÍA

La electrodeposición de Pd sobre ultramicroelectrodos de un tamaño crítico de 50, 30 y 10  $\mu\text{m}$  de diámetro, se llevó a cabo a partir de un baño que contenía 0.001 M  $\text{PdCl}_2 + 1 \text{ M NH}_4\text{Cl}$  con un valor de pH de 5, trabajado a una temperatura de 25°C. Posteriormente se realizó un estudio voltamperométrico con el fin de determinar potenciales de inicio de cristalización y el rango de potencial de depósito. Se efectuó un estudio cronoamperométrico con el propósito de determinar los parámetros cinéticos asociados al proceso de nucleación y crecimiento.

## 3. RESULTADOS

La figura 1a muestra una comparativa de los voltamperogramas obtenidos a partir de una velocidad de barrido de 10 mV/s de los Ultramicroelectrodos de Pd con diámetros de 50, 30 y 10  $\mu\text{m}$ , en el que se

observa que los picos observados en el barrido catódico se asociaron al Paladio electrodepositado. Adicionalmente se observa una menor cantidad de densidad de corriente por parte del UME de 50  $\mu\text{m}$ . La figura 1b muestra una familia de transitorios de corriente-tiempo a un potencial de -0.50 V, obtenidos al aplicar diferentes pulsos de potencial. En los transitorios se aprecia muy poca caída inicial de corriente a tiempos cortos lo cual corresponde de la carga de la doble capa, es interesante notar que estos transitorios no exhiben un máximo, por lo probablemente se tiene un proceso de nucleación y crecimiento 2D

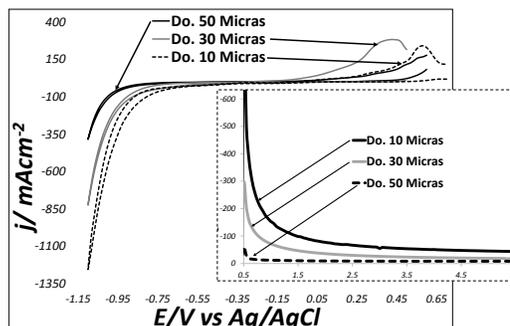


Figura 1. UME Pd 50, 30, 10  $\mu\text{m}$ / 0.001 M  $\text{PdCl}_2 + 1 \text{ M NH}_4\text{Cl}$ .

## 4. CONCLUSIONES

En el presente sistema la electrodeposición de Pd, se encuentra controlada por difusión. Los transitorios de densidad de corriente sugieren que el proceso de nucleación y crecimiento es del tipo 2D en los electrodos empleados.

## 5. REFERENCIAS

- [1] R. Duo, R. Peña, R. Celdrán, *J. Electroanal Chem*, **404**, 99 (1996).
- [2] C. Burda, X. Chen, *Chem. Rev*, **105**, 1025 (2005).

## Evaluación del comportamiento electroquímico de la aleación AZ31 en SBF para el desarrollo de implantes bioabsorbibles

### Presentación Oral

Y. L. Martínez Galván<sup>1</sup>, L. R. Dzib Pérez<sup>2</sup>, J. D. Heano Penenrey<sup>2</sup>, C. A. Poblano Salas<sup>1</sup>, J. A. González Sánchez<sup>3</sup>, A. L. Giraldo Betancur\*

<sup>1</sup> Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, Av. Héroe de Nacozari 480, C.P. 24070, Campeche, Cam., México

<sup>2</sup> CIATEQ-Unidad Querétaro, Av. Mantiales 23A, Parque Industrial Bernardo Quintana, El Marqués, C.P. 76246, Querétaro, Qro., México

<sup>3</sup> CINVESTAV. Libramiento Norponiente #2000, Fracc. Real de Juriquilla. C.P. 76230 Santiago de Querétaro, Qro. México.

E-mail: [AI053704@uacam.mx](mailto:AI053704@uacam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El uso de materiales que se degradan en el entorno fisiológico elimina la necesidad de una segunda cirugía para remover el implante, lo cual es un gran beneficio en términos de reducción de morbilidad asociada a una intervención quirúrgica y a su vez una disminución de gastos en salud (Levesque et al., 2004). Sin embargo, a pesar de biocompatibilidad de las aleaciones de Mg con el cuerpo humano, la alta velocidad de corrosión que presentan en medios fisiológicos provoca efectos negativos como la pérdida de integridad mecánica antes que el hueso haya sanado, así como la generación de hidrógeno molecular que puede dar lugar a abultamientos y necrosis del tejido circundante [4]. En la presente investigación se utiliza un recubrimiento de vidrio bioactivo para reducir la velocidad de corrosión de una aleación AZ31, además de promover la regeneración de tejido óseo, con el objetivo de estudiar el proceso de disolución de la aleación para que pueda ser usada como implante no permanente

### 2. METODOLOGÍA

Muestras de la aleación AZ31 con y sin recubrimiento de vidrio bioactivo serán expuestas en una solución fisiológica simulada a una temperatura de 37 °C la cual se hace recircular con una bomba peristáltica para determinar el mecanismo del proceso de corrosión, la velocidad de corrosión en términos de el tipo de corrosión, así como la morfología de la degradación de la aleación en solución fisiológica simulada, mediante técnicas electroquímicas de alta sensibilidad: Espectroscopía de impedancia electroquímica y ruido electroquímico .

### 3. RESULTADOS

Se observó que la aleación AZ31 sin recubrimiento

presentó alta velocidad de corrosión durante las tres primeras horas de exposición y una pérdida de material considerable durante la inmersión continua por tres días. La evaluación de la aleación con recubrimiento de vidrio bioactivo por 15 días presentó una acelerada corrosión en las primeras 3 horas de inmersión para después presentar una pérdida de masa menor.

### 4. CONCLUSIONES

La interacción del vidrio bioactivo, con los productos de corrosión de la aleación AZ31 y la solución fisiológica simulada forma una película de hidróxido de sodio que reduce la rapidez de disolución de la aleación en esta solución a 37 °C.

### 5. REFERENCIAS

- [1] N. Hort, et al., *Acta Biomater.*, **6**, 1714 (2010).
- [2] Y. Xin, et al., *Acta biomater.*, **7**, 1452 (2011).
- [3] M. Speich, et al., *Clin Chem.*, **27**, 246 (1981).
- [4] M. Carboneras, et al., *Corros. Sci.*, **53**, 1433 (2011).

# Evaluación electroquímica del recubrimiento ErGO-HA sobre aleación CoCrMo en PBS fisiológico para aplicaciones biomédicas

## Presentación Oral

G. M. Tavares Martínez<sup>1</sup>, E. Onofre Bustamante<sup>1\*</sup>, M. C. García Alonso<sup>2</sup>, M. L. Escudero Rincón

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Unidad Altamira. Km 14.5 Tampico-Puerto Industrial, 89600 Altamira, Tamaulipas, México.

<sup>2</sup> CSIC, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas, Avenida Gregorio de 1 Amo 8, 28040 Madrid, Spain.

E-mail: [eonofre@ipn.mx](mailto:eonofre@ipn.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de alternativas para aumentar la vida útil de los materiales para la elaboración de implantes de reemplazo de tejido óseo es de interés actual para mejorar la calidad de vida del usuario.

Tomando en cuenta diversos estudios que presentan evidencias de que los compuestos grafíticos reducen el desgaste de las articulaciones naturales [1,2], en esta investigación se estudian recubrimientos ErGO obtenidos por voltamperometría cíclica y funcionalizado con ácido hialurónico (HA) sobre CoCrMo, que es uno de los principales materiales utilizados para esta propuesta.

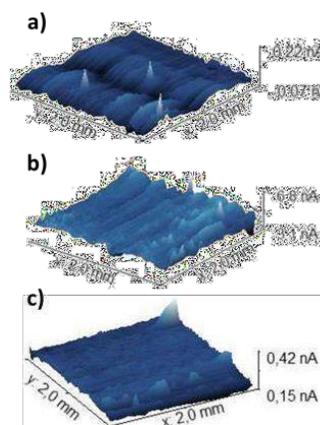
## 2. METODOLOGÍA

Se probaron diferentes parámetros de electrodeposición y reducción de óxido de grafeno (GO) por voltametría cíclica como voltaje máximo de polarización, número de ciclos y velocidad de barrido, además de las muestras funcionalizadas con HA mediante inmersión. Las cuales fueron analizadas por técnicas electroquímicas tradicionales y localizadas para determinar su efecto para retardar la corrosión en un medio fisiológico simulado.

## 3. RESULTADOS

El estudio electroquímico de las superficies de CoCrMo modificadas con depósitos de óxido de grafeno reducido electroquímicamente bajo las diferentes condiciones y funcionalizado con ácido hialurónico, reflejó que estas capas brindan protección contra la corrosión al sustrato de CoCrMo, siendo las generadas por voltamperometría de -2.1V a -0.5V a 60 mV/min para 10 ciclos que tienen mejor rendimiento. En la Fig. 1 se presentan las microscopías electroquímicas de las muestras analizadas en las que se observa que al recubrirse de ErGO aumenta la

corriente debido a la densidad electrónica y al funcionalizarse la superficie es más homogénea.



**Figura 1.** Microscopías Electroquímicas de Barrido de (a) CoCrMo, (b) ErGO/CoCrMo y (c) ErGO-HA/CoCrMo.

## 4. CONCLUSIONES

El comportamiento frente a la corrosión de las muestras de CoCrMo con depósitos de ErGO actúan como una barrera frente a la corrosión al sustrato en un medio fisiológico simulado. Mediante microscopía electroquímica de barrido se detectaron mayores fluctuaciones de corriente en presencia del depósito de óxido de grafeno reducido posiblemente debido a la restauración de la estructura del grafeno en ciertos dominios de la red de óxido de grafeno reducido.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M.A. Wimmer, C. Sprecher, R. Hauert. *Wear*, **255**, 1007 (2003).
- [2] A. Liu, P. Wang, J. Zhang. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **19**, 91 (2019).

## Análisis de defectos de corrosión en la superficie interna de tuberías soldadas

### Presentación Oral

O. Bilyy, J. G. Rosado Carrasco, L. Dzib Perez, G. Domínguez Rodríguez\*

Centro de Investigación en Corrosión. Universidad Autónoma de Campeche

E-mail: [orebilyy@uacam.mx](mailto:orebilyy@uacam.mx)

| 278

### 1. INTRODUCCIÓN

Varios defectos corrosivos y corrosivos-mecánicos de los diferentes sistemas de tuberías afectan significativamente el término de su operación segura sobre la base del diagnóstico del estado del metal, que cambia sus propiedades durante la operación a largo tiempo. Igualmente, los enfoques de la electroquímica, la mecánica de la fractura se utilizan como bases científicas y metodológicas, que el proceso de fractura de elementos estructurales bajo la influencia de la acción combinada de cargas mecánicas y medios agresivos consiste en una serie de microprocesos físico-químicos [1]. Para su investigación, es importante desarrollar métodos para evaluar la cinética del desarrollo de los defectos por corrosión localizada [2].

### 2. METODOLOGÍA

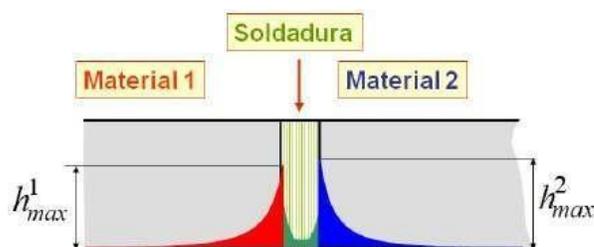
Se estudiaron las soldaduras combinadas de sistemas de tuberías incluye las tuberías disimilares. Las soldaduras se probaron tal como se entregaron y se operaron durante un período de tiempo. Se estudiaron las curvas de polarización potenciodinámica y en base a ellas se determinaron indicadores electroquímicos básicos: potenciales de corrosión, resistencias de polarización específicas del cátodo y del ánodo, y también se determinó la conductividad del medio, a partir de los cuales es posible juzgar el comportamiento electroquímico de la soldadura en ambientes de trabajo.

### 3. RESULTADOS

Para evaluar el desarrollo de las defectos por corrosión localizado, se supuso que el crecimiento del defecto por corrosión se realiza por el mecanismo de disolución electroquímica local del metal. Para calcular la profundidad del defecto en función del tiempo se utilizó un modelo analítico numérico de una soldadura como un sistema electroquímico de tres electrodos. Con base en el modelo, obtuvimos una relación para predecir el desarrollo del daño por corrosión de la soldadura investigada.

Al describir el cambio en el tiempo de los parámetros

electroquímicos para cada uno de los componentes de la conexión en primera aproximación según la ley lineal, se obtuvo una base de datos para determinar la profundidad del daño de los elementos de la conexión investigada a lo largo del tiempo.



**Figura 1.** Representación esquemática de daños en las paredes de tuberías disimilares

### 4. CONCLUSIONES

Se propone un enfoque experimental de cálculo para predecir el desarrollo de los defectos por corrosión de la soldadura del sistema de tuberías, que arroja resultados predictivos suficientemente adecuados. Este enfoque se puede utilizar para realizar evaluaciones predictivas del desarrollo de los defectos a objetos similares durante su funcionamiento a largo tiempo.

### 5. REFERENCIAS

- [1] I. M. Dmytrakh, A.M. Syrotyuk, and R.L. Leshchak *Physicochemical mechanics of materials*, **57**, 124 (2021).
- [2] N. V. Kret, L. M. Svirskaya, T. P. Vengryniuk, *Physicochemical mechanics of materials*, **56**, 130 (2020).

## Elaboración de un inhibidor verde con cáscara de *Musa paradisiaca*

### Presentación Oral

J. del R. Torres Hernández<sup>1</sup>, F. E. Corvo Pérez<sup>2</sup>, Ma. G. Rivera Ruedas<sup>1</sup>, E. Del Angel Meraz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Posgrado en Ciencias en Ingeniería

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Investigación en Corrosión

E-mail: [ebelia.delangel@ujat.mx](mailto:ebelia.delangel@ujat.mx)

| 279

### 1. INTRODUCCIÓN

El acero utilizado en la construcción de plantas industriales está sujeto a la corrosión debido a la presencia de sustancias corrosivas. Siendo el acero al carbón el más común en las industrias debido a la disponibilidad, costos y propiedades mecánicas, sin embargo, son altamente sensibles a la corrosión [1].

Se han investigado inhibidores en base de productos naturales como; frutas, plantas, cortezas, semillas, hojas, debido a sus propiedades antioxidantes y a los bajos costos de producción. De acuerdo con las investigaciones, los compuestos extraídos de las plantas o frutos que contienen; taninos, fenoles, lignina, flavonoides, entre otros compuestos. Los inhibidores de corrosión de origen natural conocidos como inhibidores verdes, forman películas o capas protectoras en la superficie del metal [2]. Se investigaron los compuestos del extracto de cáscara de *Musa paradisiaca* (ECMP) para darle un valor agregado a un producto considerado como desecho en el sureste de México.

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizó el método soxhlet, para la extracción de los componentes, estos fueron caracterizados por Cromatografía (GC-MS). En el estudio de pérdida de peso, se utilizó acero al carbono (SAE 1010). La prueba se realizó en solución de HCl a concentraciones de extractos de; 0-1200 ppm. La impedancia electroquímica (IE) se realizó en el rango de frecuencia de 10000 Hz a 0.01 Hz, para concentraciones del extracto de 0-1200 ppm.

### 3. RESULTADOS

Se encontraron los siguientes compuestos en el extracto: C<sub>18</sub>H<sub>36</sub>O (octadecanal, compuesto lineal), CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>14</sub>COOH (ácido palmítico, compuesto lineal) y C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>O (fenol, compuesto cíclico), que tienen características de inhibidor de corrosión [3]. Con la técnica de pérdida de peso se alcanzó la máxima eficiencia de 91% a 1000 ppm. En los diagramas Nyquist, se observó la influencia del tiempo de

inmersión en la eficiencia; siendo en el siguiente orden 1h (75%), 24h, (89%) y en 48 h (93%) [4].

### 4. CONCLUSIONES

Con la cromatografía de gases se observaron presencia de moléculas inhibitoras de corrosión. Los resultados del estudio de pérdida de peso mostraron 94% de eficiencia y con la técnica de IE se mostró eficiencia de 93% en tiempos de inmersión de 48 h.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Zhang, *International Journal of Electrochemical Science*, **16**, 1 (2021).
- [2] A. G. Berezhnaya, E. S. Khudoleeva, and V. Chernyavina, *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*, **10**, 649 (2021).
- [3] O. Oyewole, T. A. Oshin, and B. O. Atotuoma, *Heliyon*, **7**, (2021).
- [4] S. Cherrad *et al.*, *International Journal of Corrosion and Scale Inhibition*, **9**, 607 (2020).

# Estudio del extracto de *Agave americana* del estado de Jalisco como inhibidor de corrosión

## Presentación Oral

J. C. Solís Maciel<sup>1</sup>, N. Casillas Santana<sup>1</sup>, A. G. González Gutiérrez<sup>1</sup>, E. R. Larios Duran<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán #1451, Guadalajara, Jal., CP. 44430, México

E-mail: [jacquelinesolm@gmail.com](mailto:jacquelinesolm@gmail.com)

| 280

## 1. INTRODUCCIÓN

En Jalisco el *Agave americana* es mayoritariamente cosechado en los municipios de Huejuquilla, La Barca y en La Primavera al oeste de Guadalajara, y su principal uso es para la elaboración de “mezcal” [1,2]. Sin embargo, en el proceso de fermentación únicamente se aprovecha la piña y las hojas son desechadas como residuos agroindustriales. Debido a esto, se propone el aprovechamiento de las hojas de *Agave americana*, las cuales poseen compuestos bioactivos capaces de inhibir la corrosión, ya que contienen compuestos heterocíclicos con heteroátomos como N y O que permiten la formación de una capa protectora en la superficie del metal [3].

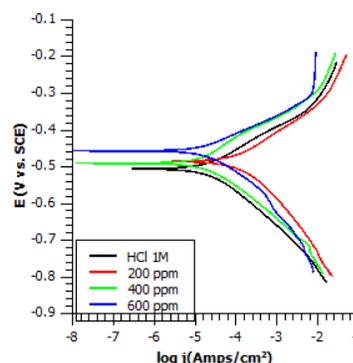
## 2. METODOLOGÍA

2.1 Obtención del Extracto. El extracto se obtuvo a través del método de maceración dinámica, con una proporción de 1/10 de material orgánico y etanol al 99%.

2.2 Análisis electroquímicos. Se utilizó una celda de tres electrodos en HCl 1 M, utilizando el acero al carbón como electrodo de trabajo, un electrodo de platino como contraelectrodo y un electrodo de calomel saturado como referencia. El efecto inhibitor fue evaluado mediante las curvas de polarización potenciodinámicas y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), utilizando concentraciones de 200, 400 y 600 ppm de inhibidor.

2.3 Caracterización de los especímenes. El extracto de *Agave americana* se caracterizó mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) y Espectroscopia Ultravioleta Visible.

## 3. RESULTADOS



**Figura 1.** Curvas de polarización para acero 1018 en HCl 1 M sin y con inhibidor de *Agave americana*.

**Tabla 1.** Parámetros de Tafel para acero 1018 en HCl 1 M y con inhibidor a 600 ppm.

	$i_{corr}$ , $\mu\text{A}$	$E_{corr}$ , V/SCE	$\beta_a$ , mV/déc	$\beta_c$ , mV/déc	$R_p$ , $\Omega$	EI%
HCl 1 M	267	-0.424	0.055	-0.089	97.08	----
600 ppm	35.4	-0.477	0.047	-0.071	1497.54	93.51

## 4. CONCLUSIONES

El extracto de *Agave americana* es un buen inhibidor de corrosión en HCl 1 M para acero al carbón 1018, el comportamiento de la pendiente al agregar el inhibidor sugiere que inhibe la reacción anódica, asimismo con una eficacia de inhibición del 93.51 %.

## 5. REFERENCIAS

- [1] F. E. Rodríguez Contreras, et al., *Región y Sociedad*, **29** (2017).
- [2] C. Lucio, *Social Environmental Conflicts in Mexico*, p. 359–391, MAPorra (2019).
- [3] J. C. López-Romero., et al., *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **98**, 2461 (2018).

# Evaluación electroquímica por EIE de Mg anodizado electro-rociado con quitosano + nanopartículas de hidroxiapatita y expuesto en una solución de Kokubo

Presentación Oral

D. Martínez Quintero<sup>1</sup>, G. Galicia Aguilar<sup>2</sup>, J. C. Tinoco Magaña<sup>3</sup>, A. G., Martínez López<sup>3</sup>, G. González Mancera<sup>4</sup>, O. Viveros Cansino<sup>2</sup>, J. L. Ramírez Reyes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Maestría MIC, II-UV Campus Veracruz-Boca del Río

<sup>2</sup>Instituto de ingeniería Universidad Veracruzana Campus Veracruz-Boca del Río

<sup>3</sup>Centro MICRONA Universidad Veracruzana Campus Veracruz-Boca del Río

<sup>4</sup>Laboratorio de Microscopía MEB, Metalurgia, FQ-UNAM

E-mail: [dmq0610@gmail.com](mailto:dmq0610@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Se evaluó el comportamiento electroquímico de la interfase de magnesio, tanto anodizado como anodizado+película polimérica, exponiendo en una solución de Kokubo durante 7 días, utilizando las técnicas electroquímicas de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE) y se aplicaron modelos de circuitos equivalentes para determinar los parámetros electroquímicos como la Resistencia de transferencia de carga ( $R_{ct}$ ), la Resistencias de difusión ( $R_{dif}$ ) y también la influencia que tiene la inductancia ( $L$ ), todos estos parámetros en sus ramas anódica y catódica respectivamente [1].

A las muestras metálicas utilizadas se les realizó una caracterización superficial, se observaron y determinaron el espesor del anodizado, antes y después de la exposición en el fluido corporal simulado, mediante Microscopía electrónica de barrido (MEB) y la composición química por (EDS), de los principales elementos presentes en la morfología superficial del anodizado y de la bio-película polimérica.

## 2. METODOLOGÍA

Se fabricó un recubrimiento con quitosano de bajo peso molecular adicionado con nano-partículas de hidroxiapatita, el cual fue aplicado utilizando un método de electroespreado sobre el sustrato anodizado de magnesio. La evaluación electroquímica se siguió por 7 días y se utilizó una solución de Kokubo como fluido corporal simulado a una temperatura de  $37 \pm 2$  °C. Se aplicó la técnica de EIE y los circuitos equivalentes con el software Boukamp [2] para el análisis de la respuesta electroquímica. Se realizaron estudios de morfología superficial por MEB y composición química por EDS.

## 3. RESULTADOS

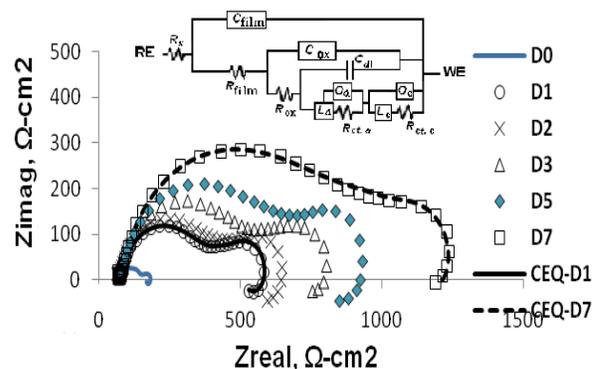


Figura 1. Diagramas de Nyquist del Mg Anodizado con Quitosano + Hidroxiapatita electro rociado y expuesto en Kokubo a 37 °C.

## 4. CONCLUSIONES

El comportamiento del Mg anodizado y la bio-película de Quitosano+ Hidroxiapatita, alcanzan buena eficiencia de protección sólo al principio de la inmersión y la composición química al nivel de la morfología superficial mostró que las zonas cubiertas por la bio-película pueden asociarse con el control de la corrosión en las zonas catódicas, dejando un perfil anódico para las zonas descubiertas.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Ramírez-Reyes J. L., et al., *ECS Transactions*, **10**, 147 (2021).
- [2] Boukamp B., "Equivalent Circuit. Users Manual", University of Twente (1989).

## Caracterización de películas delgadas de Cr-Ni-Mo depositadas por vaporización física (PVD) resistentes a la oxidación/corrosión

Presentación Oral

J. Morales Hernández<sup>1\*</sup>, D. Monge Uriarte<sup>1</sup>, A. Mandujano Ruíz<sup>2</sup>, H. Herrera Hernández<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro s/n Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, C.P. 76703, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Atizapán de Zaragoza, Estado de México.

E-mail: [jmorales@cideteq.mx](mailto:jmorales@cideteq.mx)

| 282

### 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la necesidad de materiales con una mayor capacidad de trabajo a alta temperatura para varios sectores industriales, tales como la generación de energía eléctrica, el transporte y el sector aeronáutico, entre otros, ha incrementado como un factor que define la competitividad de la industria en atención a las demandas de la población.

Desde el punto de vista de una máquina térmica, la eficiencia de los procesos aumenta con la temperatura de operación, sin embargo, no todos los intentos para mejorar la eficiencia de los procesos con el aumento de la temperatura han tenido éxito, debido a las limitaciones de los materiales para trabajar a altas temperaturas en una atmósfera oxidante.

Los materiales para alta temperatura comúnmente operan en ambientes donde se combinan condiciones de oxidación, corrosión, erosión y desgaste [1].

### 2. METODOLOGÍA

Por medio de la técnica de Vaporización Física, (PVD) se depositaron películas delgadas de 1  $\mu\text{m}$  de espesor promedio sobre sustratos de acero al carbono. Por medio de DRX, MEB y Microscopía de Fuerza Atómica (AFM) se caracterizó la estructura de las películas. Posteriormente se realizó un proceso de oxidación a diferentes temperaturas en el rango de 400 a 600 °C a diferentes tiempos (2, 3 y 4 h). Las películas oxidadas se caracterizaron por DRX, MEB y AFM para identificar los óxidos presentes en la superficie en función del tiempo y temperatura de oxidación.

Finalmente se determinó la resistencia a la corrosión de las películas oxidadas en una celda de tres electrodos, utilizando una solución salina a una concentración 1M. La caracterización electroquímica se realizó mediante las técnicas de Resistencia a la polarización lineal (LPR) e Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS)

### 3. RESULTADOS

Las películas delgadas después de 2 h de crecimiento, mostraron un espesor promedio de 1  $\mu\text{m}$ , con una dureza promedio de 630 HV. Después de ser expuestas al proceso de oxidación durante 2, 3 y 4 h en el rango de temperatura de 400 a 600 °C, La mayor presencia de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  se reportó en las películas oxidadas por 3 h a la temperatura de 500°C. La presencia de NiO solo se identificó en la muestra oxidada durante 5 horas a la temperatura de 600°C. La mayor resistencia a la Oxidación/Corrosión se observó precisamente en el recubrimiento oxidado por 3 h a la temperatura de 500°C; siendo la muestra oxidada por 2 h a 400°C la que reportó una menor resistencia a la oxidación/corrosión.

### 4. CONCLUSIONES

El crecimiento de óxidos de cromo y níquel sobre la superficie de un recubrimiento metálico, se presentan a temperaturas mayores a los 500°C en aire, sin embargo, al hablar de películas delgadas, las reacciones de oxidación que inician en la superficie, se promueven de manera inmediata a través de los límites de grano, lo que promueve la pasivación de la película delgada.

### 5. REFERENCIAS

[1] G.W. Meetham and M.H. Van de Voorde, *Materials for High Temperature Engineering Applications*, p. 19-49, Springer, Berlin, (2000).

## ***Ruta graveolens* y *Origanum majorana* como inhibidores verdes de corrosión para un acero austenítico 304 en un medio 1M HCl**

### **Presentación Oral**

S.E. Hernández Sánchez<sup>1\*</sup>, N. Flores Holguín<sup>1</sup>, A. Borunda Terrazas<sup>1</sup>, L. M. Rodríguez Valdez<sup>2</sup>, J. P. Flores De los Ríos<sup>2</sup>, J. G. Chacón Nava<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chihuahua.

E-mail: [sonia.hernandez@cimav.edu.mx](mailto:sonia.hernandez@cimav.edu.mx)

### **1. INTRODUCCIÓN**

Los inhibidores verdes de la corrosión son preferidos sobre los inhibidores de origen inorgánico por su bajo costo, fácil acceso y baja toxicidad. Uno de los mejores métodos de protección para reducir la velocidad de corrosión es añadiendo inhibidores, que incluso en pequeñas concentraciones pueden disminuirla [1-2]. Se ha reportado que la adsorción de un inhibidor en una superficie metálica depende en gran medida de la interacción electrostática, el modo de adsorción, la estructura molecular así como también la solución electrolítica[3]. Las propiedades de adsorción de los inhibidores de origen orgánico dependen principalmente de algunas propiedades fisicoquímicas de las moléculas; los grupos funcionales, los posibles efectos estéricos, la densidad electrónica de los átomos donantes y la posible interacción de los orbitales p del inhibidor con los orbitales d de los átomos de la superficie, estas propiedades establecen un grado de adsorción de las moléculas inhibitoras sobre la superficie sólida dando como resultado una barrera de protección contra la corrosión [4]. Suelen producirse a partir de extractos naturales como hojas, tallos, raíces de plantas y desechos orgánicos como: cáscara de huevo, manzana, naranja, nuez, camarón, etc. Estos extractos pueden adsorberse en la superficie metálica ya sea física o químicamente proporcionando un mejor recurso de inhibición de la corrosión. Este comportamiento se debe a flavonoides y ácidos fenólicos que pueden interactuar con la superficie del metal al donar un par solitario de electrones de heteroátomos y sistemas aromáticos insaturados [5].

### **2. METODOLOGÍA**

Técnicas experimentales como: pérdida de masa y curvas de polarización fueron empleadas para evaluar la eficiencia de inhibición de los extractos de *R. graveolens* y *O. majorana*.

Cálculos de química computacional también fueron empleados para determinar las propiedades

electrónicas de las moléculas presentes en ambos extractos, dichas relacionadas al fenómeno de la corrosión.

### **3. RESULTADOS**

En la tabla 1 se presentan las eficiencias máximas obtenidas por las técnicas empleadas:

**Tabla 1.** Eficiencias máximas obtenidas por ambas técnicas experimentales.

%Eficiencia	Pérdida de masa	Curva de polarización
R. <i>graveolens</i>	95	96
O. <i>majorana</i>	88	90

### **4. CONCLUSIONES**

De acuerdo con las eficiencias obtenidas por las diferentes técnicas ambos pueden utilizarse como inhibidores de la corrosión. Sin embargo, el extracto de *R. graveolens* actuó como mejor inhibidor de la corrosión

### **5. REFERENCIAS**

- [1] M. Benabdellah, et al., *Applied Surface Science*, **252**, 6212 (2006).
- [2] P. B. Raja and M. G. Sethuraman, *Mater. Lett.*, **62**, 113 (2008).
- [3] N. Yilmaz, et al., *Corrosion Science*, **111**, 110 (2016).
- [4] S. Kertit and B. Hammouti, *Applied Surface Science*, **93**, 59 (1996).
- [5] K. Vidhya Thomas, et al., *Mater. Today Sustain.*, **13**, 100076 (2021).

## Evaluación electroquímica del acero al carbono expuesto en agua congénita

### Presentación Oral

L. A. Uresti Enriquez, E. Gallardo Castán, G. Lugo Islas, C. Mercado Ramos, A.E. Galicia Badillo, N. García Navarro, S.E. Martínez Solís

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana. Región: Poza Rica-Tuxpan, Av. Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución, Poza Rica Veracruz, México. CP 93390.

E-mail: [ecastan2008@hotmail.com](mailto:ecastan2008@hotmail.com)

| 284

### 1. INTRODUCCIÓN

El proceso de corrosión ocurre principalmente en los materiales metálicos puros y sus aleaciones, cuando son expuestos en agua, aire o suelo. Las industrias de proceso y de la construcción utilizan comúnmente el acero al carbono, conocido como hierro, en contacto con el agua. Este líquido cuando se extrae de la perforación de un pozo petrolero se le denomina agua congénita, la mayoría de las veces carece de tratamiento adecuado, reinyectándola al subsuelo o arrojándola a otros espacios donde existen estructuras de metales aumentando su degradación [1]. Por lo que resulta de interés evaluar por técnicas electroquímicas el comportamiento del acero al carbono cuando es expuesto en este tipo de agua [2].

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizaron placas de acero al carbono con y sin defecto en forma de cruz para evaluarse en una celda electroquímica con electrolitos a base de agua congénita, a diferentes días (8, 16, 24, 32 y 41) de exposición simulando las condiciones petroleras industriales. Las técnicas electroquímicas utilizadas son Resistencia a la Polarización Lineal ( $R_p$ ), Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE) y Curvas de Polarización (CP) [3].

### 3. RESULTADOS

Durante los primeros 8 días de análisis, el acero al carbono sin defecto figura 1 a) presentó control de la corrosión por activación o transferencia de carga. Los iones y moléculas migran y se difunden a nivel interfase generando fenómenos de transferencia de masa y flujo de corriente. Cuando el acero al carbono presenta defecto en forma de cruz figura 1 b) muestra densidades de corriente de  $-0.06$  a  $0.08$  lo que significa que ante el defecto de la superficie el zinc se activa protegiendo al sustrato. En los siguientes días se observó un comportamiento similar en ambas placas de acero al carbono donde con mayor resistencia a la corrosión consecuencia del depósito de los productos

de corrosión sobre la superficie del metal para darle efecto de pasivación.

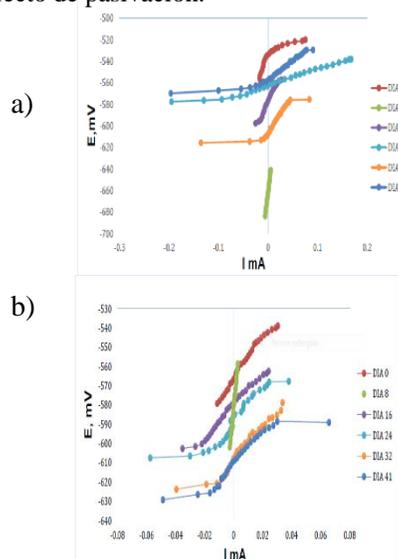


Figura 1. Resistencia a la Polarización Lineal del acero al carbono sin(a) y con defecto(b).

### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados del acero al carbono expuesto en agua congénita es posible concluir que el acero al carbono sufre de una corrosión a causa del agua congénita, principalmente corrosión localizada, el acero al carbono sin defecto tuvo una corrosión más lenta en comparación con la versión de material con defecto.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Schlumberger, *Corrosion: The Longest War. Oilfield Review*, **28**, 36 (2016).
- [2] J. Genescá, *Más allá de la herrumbre II*, p. 6-7, Fondo de Cultura Económica S.A. de C.V., México, DF (1996).
- [3] J. Genescá, *Técnicas Electroquímicas para el Control y Estudio de la Corrosión.*, p. 28-33, Facultad de Química, UNAM, México DF, (2002).

## Evaluación electroquímica del acero galvanizado en medio ácido

### Presentación Oral

D. Triana Luna<sup>1</sup>, G. Lugo Islas<sup>1\*</sup>, E. Gallardo Castán<sup>1</sup>, J. U. Pérez Comonfort<sup>1</sup>, N. García Navarro<sup>1</sup>, G. Galicia Aguilar<sup>2</sup>, J. L. Ramírez Reyes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica-Tuxpan, Av. Venustiano Carranza S/N, Col. Revolurion, Poza Rica Veracruz, México, C.P.93390.

<sup>2</sup>Intituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Mocambo SS. Juan Pablo II.

E-mail: [galy\\_2510@hotmail.com](mailto:galy_2510@hotmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión a nivel industrial es un problema frecuente y puede llegar a ser catastrófico si se tiene descuido, para contrarrestar esta situación existen diferentes formas de protección, entre ellas los recubrimientos, además del monitoreo para prevención y control, por ejemplo a través de evaluaciones electroquímicas, lo que permite proyectar el tiempo de vida útil del material como lo es el acero galvanizado, previniendo su degradación en un medio ácido comúnmente presente a nivel industrial. De aquí que resulta de interés evaluar el comportamiento del acero galvanizado en medio ácido mediante ensayos electroquímicos [1,2].

### 2. METODOLOGÍA

Para los experimentos se utilizó acero galvanizado sin y con defecto en forma de cruz y este fue evaluado en una celda electroquímica, el electrolito utilizado fue H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 3%, las pruebas fueron realizadas en diferentes días de exposición. Las técnicas electroquímicas utilizadas fueron la Resistencia a la polarización lineal (Rp), espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) y curvas de polarización (CP).

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra el resultado de la evaluación del acero galvanizado en una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 3% a diferentes tiempos de exposición, los valores de impedancia se incrementan en función del tiempo de exposición, asociándose a la participación del zinc para proteger al acero.

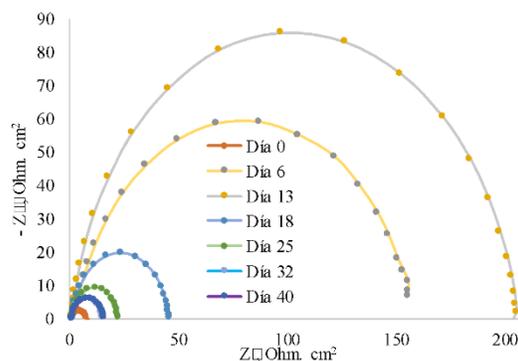


Figura 1. EIE de Nyquist para el acero galvanizado en caliente en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 3% con defecto y sin defecto.

### 4. CONCLUSIONES

El acero galvanizado se ve afectado por la corrosión a consecuencia de su exposición al electrolito típico de una atmósfera industrial debido al contenido de sulfatos y por el pH ácido que ocasionan la formación de productos de corrosión sobre su superficie del acero galvanizado activando el mecanismo de protección catódica por ánodos de sacrificio.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Alejandro, G. N., Influencia de la pre-oxidación por plasma en el estudio de la corrosión del cobre en la solución de NaCl al 3.5% a diferentes temperaturas, *Tesis de maestría*, Universidad Autónoma De México, CDMX (2021).
- [2] L. J. Genescá, J. Ávila, "Más allá de la herrumbre II: la lucha contra la corrosión". Cap., II y III., Fondo de Cultura Económica, México (1995).

# Análisis por DFT de la capacidad de inhibición de líquidos iónicos

## Presentación Oral

D. Llache Robledo<sup>1</sup>, B. B. Pérez Delgadillo<sup>2</sup>, R. Flores Moreno<sup>2</sup>, N. Casillas Santana<sup>2\*</sup>

Departamento de Ingeniería Química, <sup>2</sup>Departamento de Química,

Universidad de Guadalajara. Blvd. Marcelino García Barragán #1451, C.P. 44430, México

E-mail: [llachediego@hotmail.com](mailto:llachediego@hotmail.com)

| 286

## 1. INTRODUCCIÓN

La teoría del funcional de la densidad (DFT) constituye una alternativa para resolver la ecuación de Schrödinger y estar en posibilidad de describir el comportamiento cuántico de átomos y moléculas [1]. En los últimos años, su uso se ha extendido hacia el entendimiento de los mecanismos de adsorción de los inhibidores de corrosión y a la predicción de la capacidad de inhibición [2]-[3].

Trabajos recientes demuestran que un valor de  $E_{\text{HOMO}}$  elevado, aunado a un valor energético  $E_{\text{LUMO}}$  bajo ( $\Delta E$ ) y una geometría plana, sugieren una molécula que posee una buena capacidad de inhibición [2]-[3]. En este trabajo se realiza un estudio extenso de las propiedades calculadas mediante DFT y se compara con resultados teóricos.

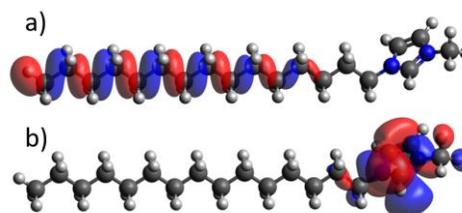
## 2. METODOLOGÍA

Los inhibidores de corrosión y líquidos iónicos investigados son: bromuro de 1 pentil 3 metilimidazolio (pmI) y bromuro de 1 tetil 3 metilimidazolio (tmI). Las pruebas de corrosión incluyen mediciones de pérdida de peso, resistencia a la polarización lineal y EIS. Los cupones de prueba son de acero al carbón 1018 (0.15-0.20 % C, 0.6-0.9 % Mn, 0.1-0.2 % Si). El medio de prueba es 0.1 M HCl sin y con 150 ppm de inhibidor. Las pruebas se realizan en un potencióstato-galvanostato Metrohm y el software Nova 2.1, empleando una celda de tres electrodos convencional, con un electrodo de referencia de sulfato de cobre, CSE, y un electrodo auxiliar de Pt. Los cálculos de DFT se efectuaron con el software deMon2k, versión 4.0.8 y el Orca, versión 5.0.3.

## 3. RESULTADOS

**Tabla 1.** Eficiencias de inhibición y energías de  $E_{\text{HOMO}}$ ,  $E_{\text{LUMO}}$  y diferencia de energías de pmI y tmI.

	pmI	tmI
$\mu$ , Polarización, $R_p$	72%	87%
$\mu$ , EIS, $R_p$	74%	86%
$\mu$ , Pérdida de peso	94.1%	94.5%
$E_{\text{HOMO}}$ (eV)	-8.171	-8.283
$E_{\text{LUMO}}$ (eV)	-5.788	-5.789
$\Delta E$ (eV)	2.383	2.495



**Figura 1.** Distribución de a) HOMO y b) LUMO del pmI.

## 4. CONCLUSIONES

DFT es una herramienta útil para predecir la capacidad de inhibición de diferentes moléculas de líquidos iónicos. Esta herramienta además permite dilucidar el mecanismo por el cual el inhibidor se adsorbe en el metal.

## 5. REFERENCIAS

- [1] D. S. Sholl and N. A. Steckel, *John Wiley & Sons*, Inc., Hoboken, (2009).
- [2] E. Ituen, V. Mkpene, and E. Ekemini, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, **578**, 123597 (2019).
- [3] F. Poshtiban, G. Bahlakeh, and B. Ramezanzadeh, *Appl. Surf. Sci.*, **495**, 143582 (2019).

# Evaluación experimental del consumo de oxígeno disuelto durante la corrosión galvánica del sistema magnesio puro/AA7075

## Presentación Oral

A.E. Ortiz Ozuna, A. G. Ruíz García, J. Genescá Llongueras, R. Montoya López\*

Unidad de Investigación y Tecnología Aplicadas de la UNAM, Facultad de Química,  
Universidad Nacional Autónoma de México. Vía de la Innovación 410, Autopista Monterrey-  
Aeropuerto Km. 10, PIIT, 66629 Apodaca, Nuevo León..

E-mail: [alma\\_ortiz@comunidad.unam.mx](mailto:alma_ortiz@comunidad.unam.mx), [rmontoyal@unam.mx](mailto:rmontoyal@unam.mx)

287

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XX el estudio del magnesio y sus aleaciones han ido en aumento debido a las buenas propiedades mecánicas que presentan y a la variedad de aplicaciones que poseen destacando su uso ingenieril en componentes automotrices, aeroespaciales y biomédicas [1]. Para ello, es preciso conocer los mecanismos de corrosión del Mg y tener identificadas a las reacciones químicas y electroquímicas más importantes que tienen lugar durante el proceso de disolución del Mg. Es importante mencionar que la mayor parte de las fuentes consideran como única reacción de reducción a la reacción de evolución de hidrógeno (HER) [2] mientras que la reacción de reducción del oxígeno (ORR) solo ha sido considerada en menor recurrencia [3]. En el presente trabajo se propone realizar una evaluación experimental que permita conocer la relevancia del oxígeno disuelto en un electrolito gelificado durante la corrosión galvánica del sistema Mg puro/Aleación de aluminio 7075 (AA7075).

## 2. METODOLOGÍA

2.1 Medición de la concentración de oxígeno disuelto  $[O_2]$  en el electrolito gelificado 0.06 M y 1.2 M NaCl durante la corrosión galvánica del sistema Mg puro/AA7075 utilizando el medidor Orion Star™ RDO Optical Dissolved Oxygen Sensor. Para ello se seleccionaron 4 puntos de medición característicos en el electrolito:  $X_1$  y  $X_3$  alejados de la superficie de reacción electroquímica sobre el Mg y la AA7075, respectivamente. Mientras que los puntos  $X_2$  y  $X_4$  corresponden a la superficie de reacción electroquímica del Mg y la AA7075, respectivamente.

## 3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que existe una disminución considerable de la concentración inicial

de oxígeno en el punto  $X^4$  (resultado cuya conjetura se reporta en [4]) tanto para el electrolito 0.06 como 1.2 M NaCl, registrando en este último el mayor consumo de  $[O_2]$  al obtener cerca del 47%. De la misma manera en el punto  $X^2$  se observó un ligero descenso de la  $[O_2]$  de un 8% en 1.2 M NaCl.

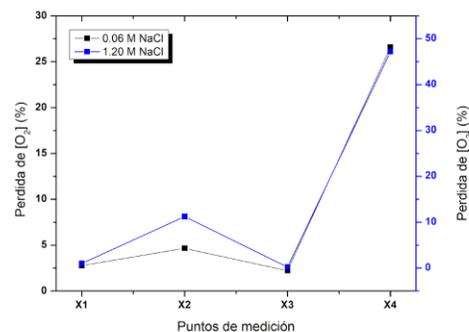


Figura 1. Porcentaje de pérdida de  $[O_2]$  en el sistema Mg puro/AA7075 para 0.06 y 1.2 M NaCl.

## 4. CONCLUSIONES

Por medio del diseño experimental propuesto fue posible detectar el descenso de la  $[O_2]$  en el electrolito gelificado 0.06 y 1.2 M NaCl en el sistema Mg puro/AA7075, esto es atribuido a la ORR como reacción complementaria a la HER, por lo que ha quedado demostrado que es de suma importancia considerar su efecto y aportación durante el proceso corrosivo del Mg y sus aleaciones.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. Tan, S. Ramakrishna, *Applied Sciences*, **11**, 6861 (2021).
- [2] G.L. Song, *Corrosion of Magnesium alloys*, 3 (2011).
- [3] C. Wang, et al., *npj Materials Degradation*, **4**, 1 (2020).
- [4] A. Ortiz-Ozuna, et al., *Corrosion Science*, **178**, 109061 (2021).

## Efecto superficial de la capsaicina como inhibidor de corrosión

### Presentación Oral

J. de los A. Paat-Estrella<sup>1,2\*</sup>, A. Y. Gómez Pérez<sup>2</sup>, R. López Alcántara<sup>2</sup>, T. Pérez López<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana, Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar S/N entre Calle 20 y Juan de la Barrera. Col. Buenavista. CP 24039.

E-mail: [S17000377@uv.mx](mailto:S17000377@uv.mx), [josapaae@uacam.mx](mailto:josapaae@uacam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones y los estudios de la corrosión de sistemas de transporte de petróleos crudos en la actualidad ha sido uno de los principales intereses de los investigadores en el área de la preservación de materiales, ya que por necesidades económicas, mecánicas y de seguridad, la industria se ha encargado de hallar un método de control de la corrosión en el proceso del decapado, proceso el cual es clave al momento de limpieza de tuberías. Una forma sencilla y económica de evitar el deterioro de los metales es el uso de inhibidores de corrosión sintéticos, sin embargo este ha ocasionado a través del tiempo una problemática ecológica e incluso daños al ser humano. Es por eso, que los científicos están en busca de un inhibidor ecológico y amigable con el medio ambiente, el cual sea igual o mejor que un inhibidor sintético nocivo.

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizó como inhibidor capsaicina purificada Sigma Aldrich, a 3 diferentes concentraciones: 5, 20 y 50 ppm. El electrolito fue una disolución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.5M, medio aireado, a temperatura ambiente (25°C). El material estudiado para esta investigación fue acero API X52 extraído de tuberías de transporte de hidrocarburos. Se utilizó un arreglo convencional de tres electrodos compuesta por un electrodo Calomel (SCE) como electrodo de referencia, una malla de platino de 2x2cm<sup>2</sup> como contraelectrodo y muestras de acero API X52 como electrodo de trabajo. Se utilizó un potenciostato versaSTAT 4 en donde se llevaron a cabo dos pruebas electroquímicas. Rp se llevó a cabo con una velocidad de barrido de 0.25mV en el rango de -0.20mV a +0.20mV vs potencial de corrosión E<sub>corr</sub> de electrodo de trabajo vs electrodo de referencia Calomel. Para TAFEL se realizó un Intervalo de barrido desde -250mV hasta +250mV vs potencial de circuito abierto, la velocidad de barrido fue de (0.16 mV / seg).

### 3. RESULTADOS

Con las velocidades de corrosión obtenidas, se obtuvieron los gráficos para analizar el tipo de interacción superficial mediante diversas isotermas. Se observó que la de Langmuir tiene la mayor correlación y por tanto la adsorción del inhibidor sigue este patrón (Figura 1).

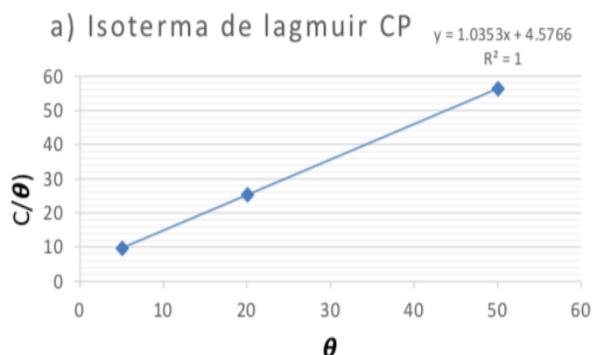


Figura 1. Isoterma de Langmuir.

### 4. CONCLUSIONES

Con la gráfica de Tafel, se observa que la capsaicina tiene un efecto inhibitorio de tipo mixto, alafectar ambas pendientes de la curva de polarización. El tratamiento de los datos con la isoterma de Langmuir permite proponer que el mecanismo de cobertura superficial del inhibidor es por monocapa y por medio de adsorción física.

### 5. REFERENCIAS

[1] A Ehsani, M G Mahjani, R Moshrefi, H Mostanzadeh, J S Shayeh. *RSC Advances*, **4**, 20031 (2014).

## Evaluación electroquímica del acero galvanizado calibre 18 expuesto en la atmósfera de Poza-Rica

### Presentación Oral

D. Triana Luna<sup>1</sup>, G. Lugo Islas<sup>1\*</sup>, E. Gallardo Castán<sup>1</sup>, N. García Navarro<sup>1</sup>, J. L. Ramírez Reyes<sup>2</sup>, G. Galicia Aguilar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica-Tuxpan, Av. Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución, Poza Rica Veracruz, México CP. 93390.

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Mocambo SS. Juan Pablo II, E-mail: [dany triana@live.com.mx](mailto:dany triana@live.com.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El impacto que tiene la corrosión de los metales por la corrosión atmosférica comprende, desde el sector eléctrico, donde se utilizan toneladas de acero galvanizado para la elaboración de postes de luz e infraestructura metálica eléctrica, así como en las barras de contención de las carreteras para salvaguardar la integridad de civiles, por lo que es de importancia contar con algún material que sea resistente a este fenómeno natural. La aplicación de técnicas de polarización Potenciodinámicas ha sido exitosa en el cálculo de la velocidad de corrosión, por lo que en el presente trabajo se evalúa por métodos electroquímicos el comportamiento corrosivo del acero galvanizado calibre 18 en presencia de humedad [1-2] en la ciudad de Poza Rica, Veracruz.

### 2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue experimental cuantitativa, se utilizaron dos placas de acero galvanizado calibre 18 de grado comercial, las placas fueron expuestas en la atmósfera de la ciudad de Poza Rica, a diferentes tiempos de exposición, utilizando pruebas electroquímicas; Resistencia a la Polarización Lineal (RP), Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE) y Curvas de Polarización Potenciodinámicas (CP).

### 3. RESULTADOS

En la figura 1.a) se observa el comportamiento del acero galvanizado sin defecto, en donde se observan interfases capacitivas que con el paso del tiempo transitan a interfases resistivas, formando una película pasiva de residuos corrosivos sobre la superficie, que funge de protección, impidiendo la degradación del acero galvanizado. En la figura 1.b) existe corrosión por activación a los primeros días de exposición, sin embargo, se aprecia una respuesta de la impedancia

tipo Warburg conforme avanza el tiempo de exposición, lo que indica procesos puros de control por difusión o transferencia de masa.

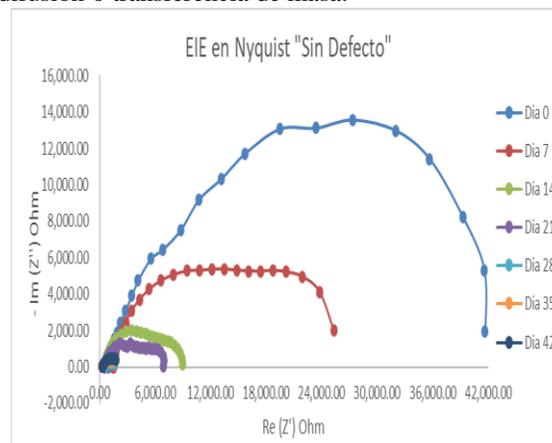


Figura 1. EIE en Nyquist para el acero galvanizado con y sin defecto a diferentes tiempos de exposición.

### 4. CONCLUSIONES

La evaluación electroquímica del acero galvanizado permitió rectificar la efectividad del método de galvanización en presencia de la atmósfera de Poza Rica. Existe formación de productos de corrosión en la superficie del sustrato derivados de la reacción de oxidación, que forma una capa de residuos compacta, donde ocurre la difusión de especies electroactivas.

### 5. REFERENCIAS

- [1] E. Otero Huerta, *Corrosión y Degradación de Materiales*, Editorial Síntesis, España (2001).
- [2] J. Genescá Llongueras, *Técnicas Electroquímicas para el Control y Estudio de la Corrosión*, Facultad de Química, UNAM, Querétaro (2002).

## Estudio comparativo de un recubrimiento epóxico adicionado con nanopartículas de ZnO-MBD en acero A36 a diferentes niveles de pH

Presentación Oral

E. Zárate Virgen, A. Espinoza Vázquez, M. A. Martínez Cosío, R. Orozco Cruz\*

Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

290

### 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 200 años, la acidez del agua de mar se ha incrementado en un 30%. Las proyecciones muestran que para el 2060, la acidez del agua de mar podría aumentar en un 120 %, [1]. Al ser disuelto  $\text{CO}_2$  en el agua de mar este provoca una acidificación progresiva, que a su vez propicia la facilidad en que las reacciones catódicas se llevan a cabo. Ante tal problemática se busca analizar la eficiencia de un recubrimiento de carácter epóxico adicionado de ZnO nanoestructurado y el compuesto 4,6-O-Bencilideno-alfa-D-glucopiranososa como agente inhibidor, aplicado sobre los aceros navales en la estructura de los cascos de barcos, de tal manera que se pueda proteger el material metálico del medio corrosivo.

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Síntesis de nanopartículas de ZnO

Las partículas nanoestructuradas de ZnO se sintetizaron mediante una ruta de síntesis solvotermal. Se utilizaron como precursores acetato de zinc dihidratado e hidróxido de sodio, disueltos en metanol a 0.1 M y 0.5 M, respectivamente. Se añadió la solución de NaOH a la solución de sal de zinc hasta que la mezcla final alcanzó un pH entre 8 y 9 para ser llevadas a un tratamiento térmico a 200 °C.

#### 2.2 Evaluación de un inhibidor orgánico

El medio electrolítico fue agua de mar sintética, como electrodos de trabajo se realizó la preparación de cupones de acero A36, como solución inhibidora, el MBD se preparó en concentraciones de 20, 50 y 100 ppm. El arreglo electroquímico constó de una celda de tres electrodos: electrodo de trabajo (Acero A36), electrodo de referencia (Ag/AgCl) y un contraelectrodo de grafito. La secuencia de pruebas en condiciones estáticas fue la siguiente: la medición de potencial a circuito abierto (OCP), impedancia electroquímica (EIS) y curvas de polarización (CP).

#### 2.3 Aplicación de nanopartículas de ZnO

Para la aplicación de las nanopartículas de ZnO por el método de cepillado, se preparó una concentración de 1 % p/p de nanopartículas de ZnO disueltas en alcohol terbutílico [2].

### 3. RESULTADOS

Las nanopartículas sintetizadas de ZnO fueron caracterizadas por las técnicas de EDS y MEB, observando que se obtienen los tamaños de partícula buscados.

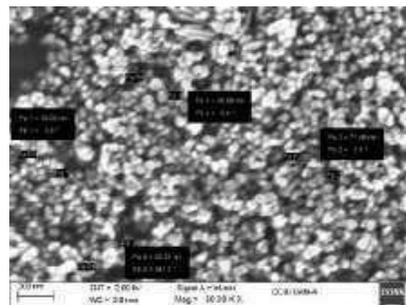


Figura 1. MEB de nanopartículas de ZnO a 50.000x.

### 4. CONCLUSIONES

Las nanopartículas obtenidas serán adicionadas a un recubrimiento epóxico junto con el compuesto MBD para su posterior evaluación electroquímica y recolección de datos.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. M., Dan Laffoley, *Introducción a la acidificación oceánica: Lo que es, lo que sabemos y lo que puede suceder*. Gland, Suiza: UICN (2017).
- [2] J. C. Tinoco, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, **31**, 7373 (2020).

# Evaluación de ácido nicotínico como inhibidor de corrosión para acero galvanizado en medio salino

## Presentación Oral

A. Mercado Castellanos\*, P. Roncagliolo Barrera, F. J. Rodríguez Gómez

Departamento Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México.

E-mail: [aljeangel@gmail.com](mailto:aljeangel@gmail.com)

| 291

## 1. INTRODUCCIÓN

Los revestimientos de zinc son comúnmente utilizados como medio de protección para el acero contra diversas formas de corrosión. Sin embargo, como el zinc es un metal electroquímicamentereactivo, normalmente es necesario aplicar un tratamiento superficial a los materiales galvanizados con el fin de aumentar la vida útil del sistema. Otro método para aumentar la vida útil de estos recubrimientos es el uso de inhibidores de la corrosión. Los esfuerzos dirigidos a la búsqueda de sustancias orgánicas de origen natural o materiales orgánicos biodegradables como un sustituto adecuado de los inhibidores de corrosión orgánicos/inorgánicos se han intensificado en las investigaciones. El ácido nicotínico con fórmula química  $C_6H_5NO_2$  es una vitamina hidrosoluble el cuál se ha probado efectivamente en aleaciones de Zn y Zn-Al en medio ácido por lo que se propone como posible inhibidor de acero galvanizado como pretratamiento.

## 1. METODOLOGÍA

Se evaluó el ácido nicotínico como inhibidor en concentraciones de 10, 20, 50, 100, 200 y 500 ppm sobre acero galvanizado en solución de cloruro de sodio 3% en peso.

La evaluación electroquímica se realizó en una celda típica de tres electrodos: Electrodo de referencia de plata/cloruro de plata y contraelectrodo de grafito en un potenciostato Gill AC. La secuencia de pruebas es la siguiente: Medición de potencial a circuito abierto (30 min), resistencia a la polarización y Polarización potenciodinámica cíclica PPC (sobrepotenciales desde  $\pm 300$  mV con una velocidad de barrido 1 mV/segundo).

## 2. RESULTADOS

**Tabla 1.** Eficiencia de niacina a distintas concentraciones en partes por millón (PPM).

Concentración	Densidad de corrosión I (mA/cm <sup>2</sup> )	Velocidad de corrosión V (mm/año)	Eficiencia del inhibidor (%)
testigo	0.0011409	0.171	
10 ppm	0.0005774	0.009	94.94
20 ppm	0.0004762	0.007	95.83
50 ppm	0.0005678	0.008	95.02
100 ppm	0.0004231	0.006	96.29
200 ppm	0.0012754	0.019	88.82

## 3. CONCLUSIÓN

La concentración de 100 ppm resultó tener una mejor eficiencia en comparación de la muestra testigo, la cual es la placa de acero galvanizado sin la adición del inhibidor.

## 4. REFERENCIAS

- [1] A. C. Arias, *Estudio del comportamiento de un ambiente corrosivo con cloruros y sulfatos, sobre una lámina de acero galvanizado*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga (2011).
- [2] C. Valdés Clementea, A. Castañeda Valdésa, F. Corvo Pérez, R. Marrero Águila, *Revista Cenic Ciencias Químicas*, **51**, 194 (2020).
- [3] L. Hernández Alvarado, L. Hernández Hernández, S.L. Rodríguez Reyna. *Recubrimientos para aumentar la duración del acero galvanizado. Memorias del XVII congreso internacional anual de la somim*, p. 749 - 755, San Luis Potosí: SOMIM (2011).

# Caracterización analítica y electroquímica de una resina epóxica reforzada con nanocontenedores de ZnO con el extracto de *Mimosa tenuiflora*

Presentación Oral

H. Méndez Figueroa<sup>1</sup>, M. SoriabCastro<sup>2</sup>, G. I. Hernández Bolio<sup>3</sup>,  
L. F. Hernández Pat<sup>3</sup>, P. Quintana Owen<sup>3</sup>, R. Galván Martínez<sup>4</sup>, A. Esponza Vázquez<sup>4</sup>, R.  
Orozco Cruz<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Bv. Adolfo Ruíz Cortines 455, Costa Verde, C.P. 94294 Boca del Río, Veracruz, México.

<sup>2</sup> PUNTA-UNAM, Vía de la Innovación 410, PIIT-Monterrey, Autopista Monterrey- Aeropuerto Km 10. Apodaca, N.L. 66629, México.

<sup>3</sup> Centro de Investigación y de Estudios avanzados. Departamento de Física Aplicada Unidad-Mérida, México

<sup>4</sup> Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Juan Pablo II S/N, Costa Verde, C.P. 94294, Boca del Río, Veracruz, México.

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido a sus cualidades únicas el ZnO es un material *ad hoc* en la formulación de recubrimientos anticorrosivos, particularmente los de tipo epóxico. Sin embargo, la formación y propagación de microgrietas en estos, debido a su exposición en medios agresivos, puede traer como consecuencia la pérdida de adherencia de las capas protectoras. Recientemente, se ha reportado que al agregar convertidores de óxidos en resinas epóxicas, es posible disminuir esta pérdida de adherencia [1]. En ese sentido, uno de los extractos estudiados como convertidor de óxidos es el de *Mimosa tenuiflora* (Mt) [2]. No obstante, su efecto al ser adicionado en nanocontenedores (NCs) a base de ZnO aún se desconoce.

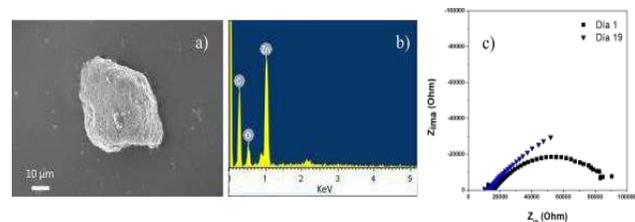
Este trabajo tiene como objetivo evaluar las propiedades anticorrosivas de una resina epóxica reforzada con NCs de ZnO/Mt sobre acero A36 en NaCl (3.5%).

## 2. METODOLOGÍA

Para la obtención de los NCs, se mezcló el extracto de Mt con ZnO (1:1) en etanol a temperatura ambiente. Después de 24 h, se centrifugó y se secó. La caracterización de los NCs consistió en DRX, MEB, EDS y RMN. Posteriormente, los NCs se agregaron a una resina epóxica (0.02% p/v) y se evaluaron sobre acero A36 inmerso en NaCl (3.5%) mediante Espectroscopia de Impedancia Electroquímica y Curvas de Polarización.

## 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta la morfología (a) y la composición elemental (b) de los nanocontenedores de ZnO/Mt, así como los diagramas de Nyquist (c) al evaluar el sistema después de 1 y 19 días.



**Figura 1.** a) MEB y b) EDS de los NCs; c) Diagrama de Nyquist del sistema.

## 4. CONCLUSIONES

La resina epóxica adicionada con nanocontenedores de ZnO/Mt, sobre acero A36, incrementa su capacidad protectora a través del tiempo, durante su exposición en NaCl (3.5%).

## 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Lei, W. Xiao, H. Peng, P. Yu, X. Cai, Z. Luan, S. Deng, and S. Wang, *Journal of Alloys and Compounds*, **853**, 157005 (2021).
- [2] D. E. Arceo Gómez, J. Reyes Trujeque, R. Galván Martínez, R. Orozco Cruz, *Nova Scientia*, **13**, 1 (2021).

## Evaluación del extracto de las hojas *Coccoloba Uvifera* como inhibidor verde de corrosión

Presentación Oral

N. del C. Huchin Chan<sup>1</sup>, J. M. Sierra Grajeda<sup>1</sup>, J. Porcayo Calderon<sup>2</sup>, S. J. Figueroa  
Ramírez\*

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campus III, Avenida Central S/N,  
Esq. con Fracc. Mundo Maya, C.P. 24115, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

<sup>2</sup>División de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de  
Sonora, Edificio 5B, Del Conocimiento Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora, México.

\*E-mail: [sfigueroa@pampano.unacar.mx](mailto:sfigueroa@pampano.unacar.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El acero de carbono 1018 es comúnmente utilizado en los procesos y equipos industriales. Este material se encuentra expuesto a sales y ácidos, que degradan la calidad del acero. Una de las alternativas para disminuir la velocidad de corrosión en los metales son los inhibidores. Sin embargo, algunos contienen metales pesados que son de carácter toxicológico para el medio ambiente y la salud. Actualmente, se están estudiando las frutas, vegetales y plantas (hojas, tallo, fruto, flor, etc.) para obtener extractos que puedan ser utilizados como inhibidores verdes de corrosión, ya que son biodegradables y no son tóxicos [1,2]. Por esta razón, en el presente trabajo se evaluará el extracto de las hojas de la planta *Coccoloba uvifera* como un inhibidor verde de corrosión en el acero 1018 en medio ácido mediante diferentes técnicas electroquímicas.

### 2. METODOLOGÍA

Las hojas de planta *Coccoloba Uvifera* se recolectaron en Playa Norte, Ciudad del Carmen, Campeche, las cuales se secaron en el horno y se pulverizaron hasta obtener un tamaño de 250  $\mu$ m. El extracto etanólico se obtuvo mediante el método de maceración. El extracto se caracterizó mediante espectroscopia UV-Vis y pruebas fitoquímicas. Se determinó la eficiencia del inhibidor mediante las técnicas electroquímicas de curvas de polarización (CP) y resistencia a la polarización (Rp) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE). Se emplearon concentraciones del inhibidor de 200 hasta 1000 ppm en 1 M HCl a 25°C.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra el espectro UV-Vis del extracto etanólico de las hojas de la *Coccoloba*

*Uvifera*. Se describen dos picos máximos en 219 nm y 281 nm; el último se asocia a fenoles con estructuras de tipo flavonoide [3]. Las pruebas fitoquímicas mostraron la presencia de flavonoides. Las pruebas electroquímicas mostraron una mayor eficiencia a 800 ppm.

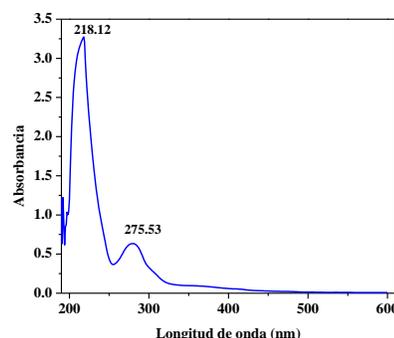


Figura 1. Espectro de UV-Vis del extracto etanólico de la *Coccoloba Uvifera*.

### 4. CONCLUSIONES

Las técnicas UV-Vis y fitoquímicas mostraron la presencia de polifenoles, los cuales son conocidos por sus excelentes características inhibitorias. Los resultados obtenidos mediante las técnicas electroquímicas mostraron que el extracto etanólico de la *Coccoloba Uvifera* tiene potencial para utilizarlo como inhibidor verde de corrosión en el acero 1018 en medio ácido.

### 5. REFERENCIAS

- [1] O. Eddy, U. J. Ibok, R. Garg, R. Garg, A. Iqba, M. Amin, F. Mustafa, M. Egilmez, A. M. Galal. *Environments. Molecules*, **6**, 2991 (2022).
- [2] B. R. Fazal, T. Becker, B. Kinsella, K. Lepkova. *Materials Degradation*, **6**, (2022).

# Aplicación de ruido electroquímico en la caracterización de un bronce de la edad de hierro

## Presentación Póster

R. González Parra, E. Lopez, A. Covelo, A. Barba, M. Hernández\*

División de Ingeniería Mecánica e Industrial, CENISA, Facultad de Ingeniería, UNAM Cd. Universitaria, Av. Universidad 3000, Coyoacán, CDMX, 04510.

E-mail: [mahdz2010@comunidad.unam.mx](mailto:mahdz2010@comunidad.unam.mx)

| 294

## 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión de los metales es un fenómeno termodinámicamente estable que lleva a la degradación y pérdida de propiedades de los materiales metálicos, casi todos los metales se corroen [1]. Los materiales arqueológicos pueden ser vistos como documentos en los cuales se reúnen los desarrollos tecnológicos, históricos y artísticos de una cultura [2]. Además, la caracterización de los materiales metálicos arqueológicos permiten entender de mejor manera los procesos de corrosión a largo plazo ya que son restos materiales de culturas de la antigüedad que han sido sometidos a procesos de corrosión natural a lo largo del tiempo. El objetivo de este trabajo consiste en la caracterización superficial y electroquímica de un fragmento de material arqueológico perteneciente a la edad de hierro para determinar la composición de la aleación y el comportamiento a la corrosión de la pieza.

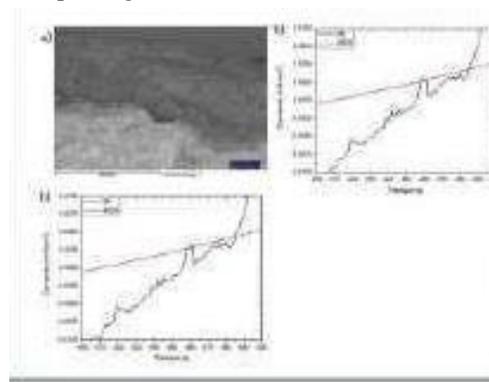
## 2. METODOLOGÍA

Se obtuvo un fragmento de material arqueológico al cual se le realizó una mínima limpieza para no modificar la composición de la pátina. Posteriormente la morfología, composición elemental y fases cristalinas presentes en la capa de productos de corrosión fueron caracterizadas por medio de microscopía electrónica de barrido y difracción de rayos X. Posteriormente, fueron sometidas a ensayos de ruido electroquímico en una solución 0.1 M NaCl para determinar el comportamiento a la corrosión de la muestra arqueológica.

## 3. RESULTADOS

La Figura 1 (a) muestra el material arqueológico estudiado se encuentra cubierto por una pátina con apariencia rugosa y voluminosa formada por la interacción de la aleación con los iones presentes en el contexto de enterramiento.

La Figura 1 (b) muestra la serie de tiempo de corriente para las 0 y 480 h de inmersión. Las series de tiempo presentan transitorios de baja amplitud y baja repetitividad los cuales muestran una notable disminución conforme el tiempo de exposición al electrolito aumenta. Este comportamiento se asocia con la disminución de los fenómenos de corrosión en el material arqueológico.



**Figura 1.** (a) Corte transversal de la pieza arqueológica, (b) fragmento de las series de tiempo de corriente obtenidas en 0.1 M NaCl.

## CONCLUSIONES

El material arqueológico se encuentra cubierto por una pátina de apariencia porosa y elevada rugosidad. Esta pátina provee protección contra la corrosión, sin embargo, permite la reactivación de picaduras y la prevalencia de fenómenos de corrosión localizados en su superficie.

## REFERENCIAS

- [1] M. Ghoniem, Int. J. Conserv. Sci., **2**, 95 (2011).
- [2] H. Hassairi, L. Boussefmi, S. Khosrof, E. Triki, Mater. Corros., **59**, 32 (2008).

# Influencia de la microestructura resultante de aleaciones base Cu conteniendo Al-Ag como consecuencia del tratamiento térmico de normalizado y recocido sobre su comportamiento de corrosión

Presentación Póster

D. Flores Sanchez<sup>1\*</sup>, M. A. Suárez Rosales<sup>1</sup>, M. Gutiérrez Arzaluz<sup>2</sup>, M. A. Romero Romo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Área de Ciencia de Materiales, Departamento de Materiales. Av San Pablo Xalpa 180, Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, 02200 Ciudad de México, CDMX.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Área de Química Aplicada, Departamento de Ciencias Básicas. Av San Pablo Xalpa 180, Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, 02200 Ciudad de México, CDMX.

E-mail: [fs.daniel04@gmail.com](mailto:fs.daniel04@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las aleaciones base Cu, principalmente aquellas que se encuentran en la clasificación de bronce al aluminio, presentan una excelente resistencia a la corrosión debido al contenido de aluminio presente, el cual oscila entre 5 y 12% [1].

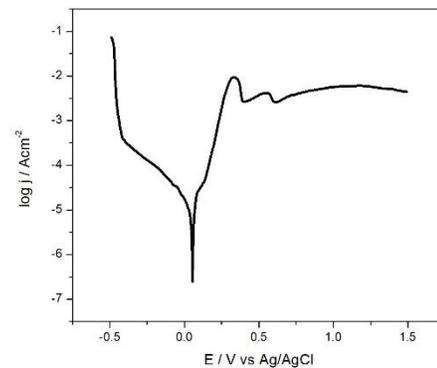
De acuerdo con [2], las aleaciones Cu-Al poseen propiedades óptimas que le permiten emplearlas en plantas de energía térmica, principalmente en intercambiadores de calor debido a su resistencia a la oxidación a altas temperaturas.

## 2. METODOLOGÍA

Fabricación de la aleación, tratamiento térmico, metalografía, pruebas de corrosión (polarización potenciodinámica, voltamperometría cíclica) a 0.5M NaCl.

## 3. RESULTADOS

La figura 1 muestra la curva de polarización potenciodinámica de la aleación Cu-9%Al-3%Ag. La cual fue sometida previamente a un tratamiento térmico de normalizado a 900 °C durante un tiempo de 1 h, y teniendo como medio de enfriamiento el aire a temperatura ambiente.



**Figura 1.** Polarización potenciodinámica resultante del tratamiento térmico de normalizado. Realizado a  $1 \text{mVs}^{-1}$  en una solución de 0.5M NaCl.

## 4. CONCLUSIONES

Las polarizaciones potenciodinámicas realizadas después de los tratamientos de normalizado y revenido, mostraron regiones de potenciales de pasivación primario, formados bajo determinadas condiciones ambientales generando una película sobre la superficie de la aleación.

## 5. REFERENCIAS

- [1] R. Baboian, (Ed), *Corrosion tests and standards: Application and Interpretation 2nd Ed.*, p. 567, ASTM International, Baltimore MD (2005).
- [2] M. A. Shaik, K. H. Syed, B. R. Golla, *Corrosion Science*, **153**, 249 (2019).

## Influencia de la fase martensítica presente en la aleación Cu-9Al-3Ag y su comportamiento de corrosión en medios salinos

### Presentación Póster

D. Flores Sanchez<sup>1\*</sup>, M. A. Suárez Rosales<sup>1</sup>, M. Gutiérrez Arzuluz<sup>2</sup>, M. A. Romero Romo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Área de Ciencia de Materiales, Departamento de Materiales. Av San Pablo Xalpa 180, Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, 02200 Ciudad de México, CDMX.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Área de Química Aplicada, Departamento de Ciencias Básicas. Av San Pablo Xalpa 180, Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, 02200 Ciudad de México, CDMX.

E-mail: [fs.daniel04@gmail.com](mailto:fs.daniel04@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los bronce al aluminio con contenidos menores al 8% de aluminio se caracterizan por presentar una fase única, llamada  $\alpha$ . Sin embargo, en cuanto el contenido de aluminio se incrementa entre 8 y 12%, se obtiene una fase distinta denominada  $\beta$  [1].

De acuerdo con [2], las aleaciones Cu-Al sometidas a un enfriamiento rápido ocasiona la formación de la fase  $\beta$ , la cual se caracteriza por presentar una morfología con apariencia de agujas.

### 2. METODOLOGÍA

Fabricación de la aleación, tratamiento térmico, metalografía, pruebas de corrosión (polarización potenciodinámica, voltamperometría cíclica) a 0.5M NaCl.

### 3. RESULTADOS

La figura 1 muestra el resultado del tratamiento térmico de temple realizado a la aleación Cu-9%Al-3%Ag. Como consecuencia, se presentan regiones separadas mediante límites de grano. En cada región se contemplan las morfologías con aspecto de aguja laminar.



Figura 1. Fase martensítica resultante del enfriamiento rápido de la aleación Cu-9Al-3Ag.

### 4. CONCLUSIONES

El cambio de morfología obtenida a partir del tratamiento térmico de temple propició una buena resistencia a la corrosión, esto de acuerdo con las curvas de Tafel.

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. Francis, *The corrosion of copper and its alloys: A practical guide for engineers*, p. 10, NACE International, United States of America, (2010).
- [2] R.A.G. Silva, E. S. Machado, A.T. Adorno, A.G. Magdalena, T.M. Carvalho, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, **109**, 927 (2012).

# Ácido cítrico como alternativa al ácido sulfúrico para el anodizado duro de aleaciones empleadas en la industria aeronáutica

## Presentación Póster

C. N. Cabral Miramontes<sup>1</sup>, C. Gaona Tiburcio<sup>2</sup>, F. Estupiñan López<sup>2</sup>, P. Zambrano Robledo<sup>2</sup>, F. J. Olguin Coca<sup>3</sup>, L. D. López León<sup>3</sup>, F. Almeraya Calderón<sup>2</sup>, J. A. Cabral Miramontes<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Durango.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,

<sup>3</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Área académica de ingeniería y arquitectura.

E-mail: [jocamira@hotmail.com](mailto:jocamira@hotmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

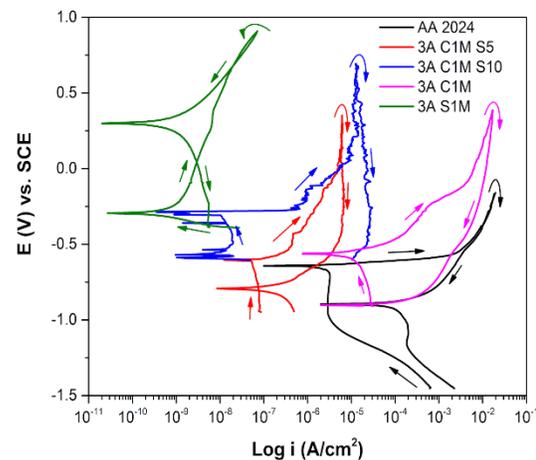
En la industria aeronáutica las aleaciones de aluminio son materiales de suma importancia. Las aleaciones que se utilizan con mayor frecuencia en la estructura de los aviones son las de las series 2XXX y 7XXX ya que poseen tolerancia al daño por corrosión y fatiga, además de tener bajo peso y costos moderados. En los últimos años se ha buscado procesos que sean más amigables con el medio ambiente, es por esto que se busca utilizar ácido cítrico como solución electrolítica como sustituto del ácido sulfúrico para el proceso de fabricación de anodizado duro en aleaciones de aluminio de la serie 2XXX. Esto debido a que la solución proporcionará una capa dura de óxido de aluminio en la superficie, misma que se puede obtener con ácido cítrico [1, 2].

## 2. METODOLOGÍA

Para la fabricación del anodizado duro se empleó como material base aluminio AA 2024, la solución electrolítica utilizada para el anodizado fue una mezcla de ácido cítrico y ácido sulfúrico aplicando dos diferentes densidades de corriente de 3 y 4.5 A/dm<sup>2</sup>, a temperatura de 0 °C durante 60 min. La evaluación de la aleación AA 2024 anodizada se efectuó a través de la técnica electroquímica de curvas de polarización cíclicas (CPC) en una solución de NaCl al 3.5 % en peso. Se utilizó microscopía electrónica de barrido para determinar la morfología y espesor de los anodizados.

## 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta la curva de polarización cíclica de las muestras anodizadas con una densidad de corriente de 3 A/dm<sup>2</sup>. Se puede observar que las muestras anodizadas con ácido cítrico presentaron histerésis positivas y densidades de corriente de corrosión menores al aluminio AA2024 sin anodizado.



**Figura 1.** Curvas de polarización cíclica del aluminio anodizado en solución de ácido cítrico con densidad de corriente de 3 A/dm<sup>2</sup>.

## 4. CONCLUSIONES

Las muestras anodizadas en ácido cítrico presentaron una resistencia a la corrosión similar al anodizado en ácido sulfúrico lo cual convierte al ácido cítrico en una alternativa viable para la fabricación de anodizado duro de aluminio AA2024.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. M. Runge, *The Metallurgy of anodizing Aluminum*, Springer, USA (2018).
- [2] J. Cabral Miramontes, C. Gaona Tiburcio, F. Estupiñan López, F. Almeraya Calderón, *Coatings*, **10**, 601 (2020).

## A scientific approach to chromium (III) plating. I. The standard potentials

### Poster Presentation

J. C. Avalos, J. Torres, G. Orozco\*

CIDETEQ, Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México

E-mail: [gorozco@cideteq.mx](mailto:gorozco@cideteq.mx)

### 1. INTRODUCTION

In the twenty century chrome plating was synonymous of durable, long-lasting, untarnishable and in the consumer's imagination was the standard of high-quality metallic shine. In 1933 Kasper reviewed 34 papers and patents about the Cr(III) electrodeposition and found articles from ninth century (1853, 1854, and 1899) [1]. It was conclude that trivalent chromium baths yield poor deposits at low efficiencies. It's notorious that the structure of hexa-aquo complex of chromium ( $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ) was identified in this early review. In solutions more acidic than pH 4.0 Cr(III) this hexa-aqua (abbreviated as  $\text{Cr}^{3+}$ ) is the predominant specie and in less acidic solution this complex undergoes hydrolysis to yield  $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5(\text{OH})^{2+}$  (abbreviated as  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ ).

In 1984, Dubpernell revised 109 papers and patents from 1937 to 1983 and concluded that the properties of Cr(III) chromium deposits are distinctly different from those from Cr(VI) solutions. The Cr(III) deposits generally had a darker color due to impurities and resemble the appearance of stainless steel. In addition, the structure was weak and consequently not considered for wear resistance. This explains why the Cr(VI) was the dominant industrial process and only a few pilot plans using Cr(III) bath were constructed [2,3].

Our first step on the scientific approach to study Cr(III) electrodeposition is based on fundamental thermodynamics (Nernst equations). The Pourbaix diagrams are usefully, but limited, because due to the assumption of ionic strength ( $I$ ) is zero. In the plating bath the  $I$  is equal to 4.8 or more, consequently it is necessary to re-calculated the Nernst equations in these conditions.

### 2. METHODOLOGY

The Nernst equations needed appropriate activity coefficients,  $\gamma$ , and the Davies equation is stated to be useful at higher ionic strengths, making easier estimating  $\gamma$  values in these concentrated solutions [4]. Consequently, the standard electrochemical potentials ( $E^\circ$ ) were calculated using Davies equation.

### 3. RESULTADOS

The  $E^\circ$  for reduction of  $\text{Cr}^{3+}(\text{aq})$  to  $\text{Cr}^{2+}(\text{aq})$  remains somewhat ambiguous in literature [4]. However, a reasonable value for  $E^\circ$  for this reduction is about  $-0.378 \text{ V}$  ( $I = 4.895 \text{ M}$ ), which is clearly distinct from  $E^\circ = -0.42 \text{ V}$  at  $I = 0 \text{ M}$  and  $\text{pH}=0$  [5]. The electrode potentials for the equilibrium  $\text{Cr}^{2+}(\text{aq})$  to  $\text{Cr}^0$  had been calculated ( $E^\circ = -0.847 \text{ V}$  at  $I = 54.985 \text{ M}$ ) and their value is distinctive from the value reported ( $-0.89 \text{ V}$ ) at  $I=0$  and  $\text{pH} = 0$  [5].

### 4. CONCLUSION

The  $E^\circ$  derived from our study provide much better thermodynamic data for reduction of  $\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cr}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Cr}^0$  than any previously available.

### 5. REFERENCES

- [1] C. Kasper, *B. S. J. Research*, The deposition of chromium from solutions of chromic acid and chromous salts, **11**, 515 (1933).
- [2] G. Dubpernell, History of chromium plating, *Plat. Surf. Finish*, **71**, 84 (1984).
- [3] E. L. Smith, C. Fullarton, R.C. Harris, S. Saleem, A. P. Abbott, K. S. Ryder, *Transactions of the IMF* **88**, 285 (2010)
- [4] J. W. Ball, D. K. Nordstrom, *J. Chem. Eng. Data* **43**, 895 (1998).
- [5] S. G. Bratsch, *J. Phys. Chem. Ref. Data*, **18**, 1 (1989).

# Influencia de la corrosión sobre el índice de vulnerabilidad sísmica de edificios escolares de concreto reforzado

## Presentación Póster

J. Carrera Alvarado<sup>1</sup>, F. A. Carpio Santamaria<sup>2\*</sup>, R. Salgado Estrada<sup>1</sup>, S. Marquez Dominguez<sup>2</sup>, J. E. Barradas Hernandez<sup>2</sup>, A. Carmona Hernandez<sup>2</sup>, Abigail Zamora Hernandez<sup>2</sup>, A. Vargas Colorado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana.

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana.

E-mail: [fcarpio@uv.mx](mailto:fcarpio@uv.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los edificios escolares son estructuras esenciales, que deben permanecer funcionales incluso ante sismos de gran intensidad. Su vida útil debe ser al menos 50 años, no obstante, debido a un diseño por durabilidad deficiente o a la falta de mantenimiento, estos pueden deteriorarse rápidamente antes de cumplirla; lo que reduce su resistencia sísmica. Además, en un ambiente altamente corrosivo como lo es el de la Conurbación de Veracruz-Boca del Río (Fig. 1), aumenta la velocidad del deterioro en estructuras de concreto reforzado (CR), afectando aún más su estado de conservación [1]. Por otra parte, los métodos de inspección rápida (MIR) son herramientas esenciales para administrar mantenimientos o intervenciones en las estructuras, que mediante el monitoreo de su estado o su integridad, coadyuvan a determinar su índice de vulnerabilidad sísmica (IVS). En este trabajo se extiende el MIR de Benedetti-Pettrini [2], incorporando la evaluación de su deterioro debido a la corrosión para estimar el estado de conservación de edificios de CR y así obtener un valor más adecuado del IVS.



Figura 1. Zona de estudio.

## 2. METODOLOGÍA

La secuencia de pasos para determinar el IVS en edificios escolares de CR, es la siguiente:

- Relacionar el ancho de grietas y la edad de las estructuras mediante la observación en campo [1].
- Definir los parámetros a evaluar del deterioro por corrosión para la inspección visual rápida.

- Inspeccionar edificios menores de 60 años.
- Realizar la inspección visual del edificio.
- Evaluar el índice de vulnerabilidad sísmica.

## 3. RESULTADOS

Se evaluaron 39 edificios escolares de 8 facultades que tienen distancias diferentes a la costa (Fig. 1). En algunos de ellos, se encontró que el IVS se incrementó debido a los deterioros causados por corrosión. Se identificó que los edificios más cercanos a la línea costera, y cuya cara está expuesta al lado donde azotan los vientos del “norte” son los más afectados.

## 4. CONCLUSIONES

Al relacionar semi empíricamente el ancho de grieta con el tiempo, es posible estimar racionalmente el estado de conservación de un edificio de CR.

Al mejorar la metodología de Benedetti-Petrini para considerar los deterioros por corrosión en estructuras de CR, se conoce mejor el IVS, y de ser necesario tomar las acciones pertinentes.

## 5. REFERENCIAS

[1] J. Torres and J. Sánchez, *International RILEM Conference on Early-Age and Long-Term Cracking in RC structures*, p. 115, Suiza (2021).

[2] C. Moreno Tuesta, M. J. Mecható Jiménez and G.A. Díaz Jáuregui, *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales E Ingeniería*, **4**, 57 (2021).

## Evaluación electroquímica de TrasarTrac102 como inhibidor de la corrosión en el acero API 5L X65

### Presentación Poster

A. Espinoza Vázquez<sup>1</sup>, F. J. Rodríguez Gómez<sup>2</sup>, R. Galván Martínez<sup>1</sup>, C. Arganis Juárez<sup>3</sup>, T. Pérez López<sup>4</sup>, A. Veloz Rodríguez<sup>5</sup>, A. Vázquez Márquez<sup>1</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

<sup>3</sup>Departamento de Sistemas nucleares, Carretera Mexico-Toluca S/N, La Marquesa, Ocoyoacac, Edo. De México, C.P. 52750, México.

<sup>4</sup>Centro de Investigación en Corrosión de la Universidad Autónoma de Campeche.

<sup>5</sup>Centro de Investigaciones en Materiales y Metalurgia (CIMyM), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca - Actopan, Campo de Tiro, 42039 Pachuca de Soto, Hgo.

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Si bien el petróleo y el gas que se transportan por ductos de transporte se someten a diversos tratamientos para eliminar las impurezas, aún retienen algunos contaminantes que pueden afectar la integridad física de los ductos de transporte debido a procesos de corrosión tales como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, compuestos de cloro, microorganismos, etc. Cuando un ducto de transporte de acero transporta una mezcla de hidrocarburos y agua que contiene CO<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>S disueltos, estos gases pueden disolverse en la fase acuosa, disminuyendo el pH y aumentando su tendencia corrosiva [1].

Analizar electroquímicamente el efecto de la concentración y las condiciones hidrodinámicas de Trasar Trac102 como inhibidor de la corrosión en una superficie metálica de acero API 5L X65 en medio salino.

## 2. METODOLOGÍA

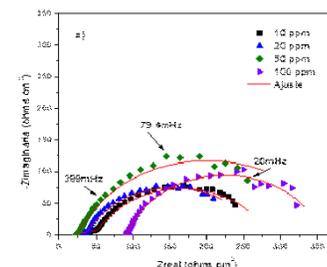
Se preparó una solución de NaCl 3% (wt), y se pesó 0.1 gr del inhibidor Trasar Trac102 disolviéndose en 1 lt. de solución de NaCl 3% obteniendo una solución madre de 100 ppm. Se realizaron diluciones de 10, 20 y 50 ppm del inhibidor de corrosión.

Se realizaron las siguientes pruebas electroquímicas de corrosión:

- ✓ Potencial a circuito abierto (OCP)
- ✓ Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE)
- ✓ Curvas de polarización potenciodinámica.

## 3. RESULTADOS

A 100 rpm (figura 1) se observa con un comportamiento en el cual aumenta el diámetro del semicírculo conforme incrementa la concentración del inhibidor. Por otro lado, a 100 ppm del inhibidor presentó el mayor valor del semicírculo de Z<sub>real</sub> ~350 Ω cm<sup>2</sup>, presentando un comportamiento similar a 50 ppm.



**Figura 1.** Diagrama de Nyquist a diferentes concentraciones de inhibidor y velocidades de rotación a 100 rpm

## 4. CONCLUSIONES

En condiciones hidrodinámicas, el inhibidor mostró una reducción general en su eficiencia sobre el acero. Mediante CP se encontró que a condiciones estáticas e hidrodinámicas de 100 rpm el inhibidor presentó un comportamiento anódico. Mientras que para 500 y 1000 rpm el inhibidor es catódico.

## 5. REFERENCIAS

[1] E.S. Mereshi, et al. *Corros Sci*; **54**, 36 (2012).

# Estudio electroquímico de un acero ASTM A36 con recubrimiento epóxico adicionado con nanopartículas de SiO<sub>2</sub>

## Presentación Póster

J. A. Ramírez Fernández<sup>1\*</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>2</sup>, J. E. Barradas Hernández<sup>2</sup>, A. Carmona Hernández<sup>2</sup>, R. Orozco Cruz<sup>2</sup>, R. Galván Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, MX.

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, MX.

E-mail: [a.ramfer05@gmail.com](mailto:a.ramfer05@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN.

El uso de recubrimientos para el control de la corrosión es un método ampliamente utilizado para extender la vida útil de los metales estructurales, particularmente de los aceros con bajo contenido de carbono, como el ASTM A36. Para proteger a estas infraestructuras, es común aplicar recubrimientos epóxicos, los cuales ya han sido utilizados de manera eficiente para proteger a los metales contra el fenómeno de la corrosión. Por otro lado, a pesar de contar con un buen desempeño electroquímico, estos pueden presentar defectos como porosidades, por lo que existen proyectos que buscan mejorar sus características anticorrosivas, siendo uno de estos métodos el uso de nanopartículas, cumpliendo la función de nanofillers, aunque existen pocos trabajos que tomen en cuenta diversos factores, como el espesor de película, así como el uso de primario y acabado epóxico [1,2].

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> usando el método Stober, caracterizadas por Difracción de Rayos X [3]. La evaluación electroquímica se llevó a cabo en placas de acero A36 como electrodo de trabajo, inmersas en NaCl al 3.5 % p/p, con acero desnudo, recubierto con primario y acabado epóxico, y este recubrimiento adicionado con nanopartículas de SiO<sub>2</sub> al 2 % p/p. Se aplicó la técnica de Resistencia a la Polarización lineal, Espectroscopia de Impedancia Electroquímica y Ruido electroquímico.

## 3. RESULTADOS

Se obtuvieron nanopartículas de SiO<sub>2</sub> amorfas, como se observa en la gráfica de DRX en la figura 1, las cuales fueron adicionadas a un recubrimiento epóxico, mejorando su desempeño anticorrosivo. Se aplicó el recubrimiento sobre sustratos de acero A36

con un perfil de anclaje de 2.5 mils y un espesor de película seca total de entre 27 y 32 mils, cumpliendo con la norma NRF-026-PEMEX.

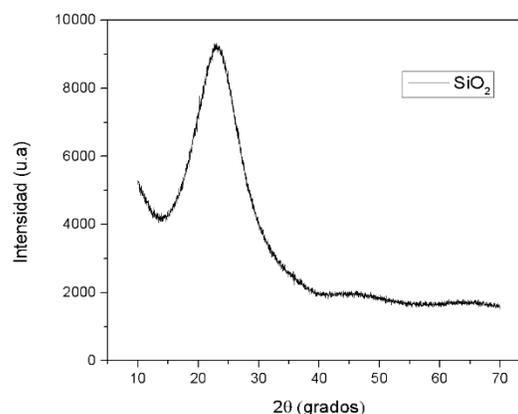


Figura 1. DRX de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> obtenida.

## 4. CONCLUSIONES

La adición de nanopartículas amorfas de SiO<sub>2</sub> a un recubrimiento epóxico de dos capas mejoró su desempeño anticorrosivo, al disminuir la cantidad de porosidades, por lo tanto, la permeabilidad del medio agresivo al sustrato metálico, disminuyendo la cinética del proceso.

## 5. REFERENCIAS

- [1] X. Shi, T.A. Nguyen, Z. Suo, Y. Liu, R. Avci, *Surface and Coatings Technology*, **10**, 204 (2010).
- [2] A. Ghanbari, M.M. Attar, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **23**, 145 (2015).
- [3] I.A. Ibrahim, A.A.F. Zikry, M.A. Sharaf, *Journal of American Science*, **6**, 985 (2010).

## Evaluación de un surfactante gemini no iónico como inhibidor de la corrosión dulce del acero X100 en solución salmuera dulce

### Presentación Póster

R. A. Sánchez Garrido<sup>1</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>1</sup>, C. Campechano Lira<sup>2</sup>, E. Vázquez Vélez<sup>3</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1</sup>, R. Galván Martínez<sup>1</sup>, A. Carmona Hernández<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

<sup>3</sup> Instituto de Ciencias Físicas, UNAM Cuernavaca, Morelos, México.

E-mail: [zs21023451@estudiantes.uv.mx](mailto:zs21023451@estudiantes.uv.mx)

| 302

## 1. INTRODUCCIÓN

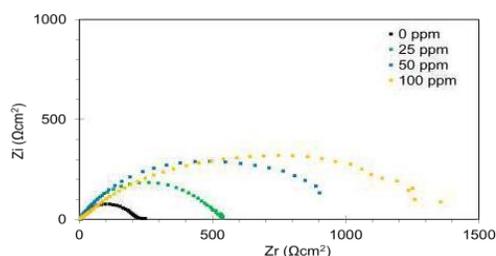
La corrosión en el campo petrolífero se manifiesta de varias formas, entre las formas más frecuentes se encuentra la corrosión por CO<sub>2</sub> (dulce corrosión) y por H<sub>2</sub>S (corrosión ácida) en los fluidos producidos y la corrosión por oxígeno en los sistemas de inyección de agua son por mucho las formas más frecuentes de ataque en la producción de petróleo y gas. Las fallas de corrosión por CO<sub>2</sub>, abarcan un 25% de todos los incidentes de seguridad. La industria petrolera emplea aceros de baja aleación, los cuales son capaces de cumplir los requisitos estructurales, mecánicos, fabricación y costos. Dentro de estos, el acero API X100 es un acero de nueva generación con una composición específica y tratamiento térmico no convencional que lo hace confiable para aplicaciones a alta presión para el transporte de hidrocarburos [1]. Uno de los métodos más eficaces para prevenir la corrosión es mediante el uso de inhibidores de corrosión. Chauhan et al [2] realizó una extensa revisión de los inhibidores verdes usados para la prevención de la corrosión por CO<sub>2</sub>, siendo parte de estos los surfactantes gemini. En el presente trabajo se evaluó el efecto de inhibición de un surfactante gemini en la corrosión dulce de un acero X100.

## 2. METODOLOGÍA

El metal bajo estudio fue el acero API X100 en una solución salmuera saturada con CO<sub>2</sub> a 60°C. La evaluación electroquímica del surfactante se llevó a cabo con un arreglo típico de 3 electrodos y se aplicaron las técnicas de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS) y Curvas de polarización (CP). La síntesis y caracterización del inhibidor fue reportada en un trabajo previo [3].

## 3. RESULTADOS

Los diagramas de Nyquist correspondientes al acero X100 en la solución de prueba (figura 1) mostró que en presencia del inhibidor, aumentó la transferencia de carga con respecto al blanco. Además, el desempeño del inhibidor mejoró conforme se incrementó la concentración del inhibidor. Lo cual es indicativo de la formación de una capa fílmica protectora del inhibidor.



**Figura 1.** Diagrama de Nyquist del acero X100 en una solución salmuera saturada con CO<sub>2</sub>.

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados de la evaluación electroquímica mostraron que el inhibidor alcanzó una alta eficiencia de inhibición con una concentración de 100 ppm. El proceso de adsorción de las moléculas del extracto obedeció a la isoterma de Langmuir, indicando quimisorción.

## 5. REFERENCIAS

- [1] F. F. Eliyan, et al., *Corros. Sci.*, **58**, 181 (2012).
- [2] D. S. Chauhan, M. A. Quraishi, A. Qurashi, *J. Mol. Liq.*, **326**, 115117 (2021).
- [3] A. Carmona-Hernández, et al., *Green Chem Lett Rev.*, **12**, 89 (2019).

## Evaluación electroquímica de hidrotalcita Mg/Al con cafeína en la protección de una aleación AZ31

Presentación Póster

Y. Acosta Gordillo<sup>1</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>2\*</sup>, F. J. Rodríguez Gómez<sup>1</sup>, J. F. Flores Alvarez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

<sup>2</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México

E-mail: [araespinoza@uv.mx](mailto:araespinoza@uv.mx)

| 303

### 1. INTRODUCCIÓN

El magnesio es un elemento abundante en el mundo, que exhibe una baja densidad, excelente amortiguador, su facilidad de mecanización, buena conductividad térmica y eléctrica como su biocompatibilidad [1]. La principal desventaja de las aleaciones de Mg es la “velocidad de corrosión”[2].

Esta investigación se enfoca en caracterizar las propiedades electroquímicas de la aleación AZ31 para osteosíntesis, modificando la superficie con hidrotalcitas (HTs) (Figura 1a), funcionalizadas con cafeína(1,3,7-trimetilxantina) en una solución Hank's (Figura 1b).



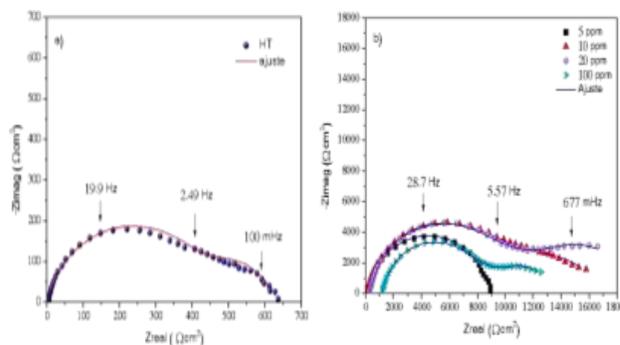
**Figura 1.** A)HTs Mg/Al B)Cafeína (1,3,7-trimetilxantina).

### 2. METODOLOGÍA

Se empleó a la cafeína con concentraciones de 0 a 100 ppm impregnada con la HT y se evaluará en un medio fisiológico (sin detallar la solución, pH =7.6) utilizando un equipo Gill- AC para espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS). Una amplitud de  $\pm 10$  mV durante un intervalo de frecuencia (100 kHz to 0.1 Hz) utilizando una celda de tres electrodos, que comprende un electrodo de trabajo se magnesio AS21, un electrodo de referencia de Ag/AgCl, y contra electrodo se grafito, en una solución, el área expuesta de estudio fue de  $3.3 \text{ cm}^2$ .

### 3. RESULTADOS

El diagrama de Nyquist de la figura 2 muestra el efecto de la concentración del inhibidor dentro de la matriz de hidrotalcita. Se observó que el mejor resultado fue alcanzado en la concentración de 20 ppm



**Figura 2.** Efecto de la concentración de la cafeína+ HT Mg/Al en la aleación AZ31 inmerso en una solución de Hank's.

### 4. CONCLUSIONES

El recubrimiento HT Mg/Al impregnado con cafeína tuvo buenos resultados en la protección contra la corrosión en una solución de Hank's desde bajas concentraciones, siendo la mejor 20 ppm.

### 5. REFERENCIAS

- [1] H. Hornberger, S. Virtanen, A. Boccaccini, *Acta biomaterialia*, **8**, 2442 (2012).
- [2] R. Winston Review, *Uhlig's corrosion handbook*, p. 809-836, Wiley, Hoboken, New Jersey (2011).

## Estudio de la sal BBT para la inhibición de la corrosión de un acero API 5L X70 en medio salino

### Presentación Póster

D. S. Jacobo Mora<sup>1</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>2\*</sup>, F. J. Rodríguez Gómez<sup>1</sup>, J. F. Flores Alvarez<sup>1</sup>, R. González Olvera<sup>3</sup>, G. E. Negrón Silva<sup>4</sup>, R. Orozco Cruz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

<sup>2</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

<sup>3</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de mayo s/n esquina Fuerte de Loreto, C.P. 09230, Ciudad de México, México.

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 180, Ciudad de México 02200, México

E-mail: [araespinoza@uv.mx](mailto:araespinoza@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

En la industria del petróleo se producen diferentes tipos de corrosión, dependiendo de la interacción entre el material y el entorno; dentro de las principales formas está la corrosión por picaduras [1]. La sal BBT (C<sub>17</sub>H<sub>18</sub>IN<sub>3</sub>O) es un derivado de los triazoles, los cuales “son materiales filmógenos que proporcionan un revestimiento eficaz en superficies metálicas.” [2] Las especificaciones de la norma NRF-005-2009 recalcan una exigencia del 90% de efectividad, además de ser formadores de películas. [3]



Figura 1. Estructura química de la sal de triazol.

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizaron piezas de acero API 5L X70 en una solución de NaCl 3% e inhibidor sal BBT en 0.01M para la construcción de una celda típica de 3 electrodos, donde: ET es la pieza de acero al carbono, ER es un electrodo de Ag/AgCl y EA es un electrodo de grafito. Posteriormente, se realizaron pruebas de potencial a circuito abierto (OCP), espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) y curvas de polarización (CP) en distintas concentraciones de inhibidor.

### 3. RESULTADOS

EIS muestra dos constantes de tiempo relacionadas con la resistencia a la polarización y la resistencia del

inhibidor adsorbido (Figura 2). Las CP conforme se añade inhibidor se desplazan hacia valores más negativos protegiendo de mejor manera el material.

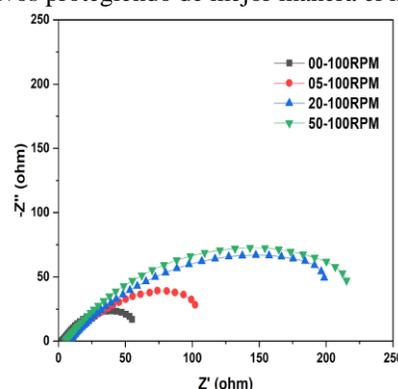


Figura 2. Diagrama de Nyquist en flujo turbulento (100 rpm) NaCl 3%.

### 4. CONCLUSIONES

Se presenta una eficiencia del 77.76% en 50 ppm a 100 rpm teniendo un mecanismo combinado de quimisorción y fisisorción.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A. Bahadori, *Corrosión and Materials: Corrosion Control In Oil and Gas Industry*, p. 4-5, ELSEVIER, USA (2021).
- [2] D. Reichgott, *Métodos para inhibir la corrosión utilizando N-haloazoles*. p. 2, OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS, España, (2007).
- [3] *Protección interior de ductos con inhibidores NRF-005-PEMEX-2009*, p. 10, México (2009).

## Trasar Trac 102 como inhibidor de la corrosión para aluminio inmerso en 3% p/v NaCl y 0.5 M NaOH

### Presentación Póster

J. C. Carreon Gómez<sup>1</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>1</sup>, R. Galván Martínez<sup>1</sup>, A. Vargas Colorado<sup>2</sup>, S. Marquez Dominguez<sup>2</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

<sup>2</sup>CA. Vulnerabilidad de suelos e integración estructural, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es una problemática que afecta a todas las industrias y a todo los metales. El fenómeno de corrosión se lleva a cabo en un material metálico, llevándolo de una zona de mayor energía a una de menor energía, y como consecuencia se obtiene la degradación o destrucción de este [1], pero, de todos los materiales susceptibles a la corrosión, el aluminio, en condiciones normales, cuenta con características notables frente a la corrosión. Sin embargo, cuando hay presencia de iones cloruros en el medio estas características se ven afectadas, teniendo en consecuencia, la pérdida de la capa protectora superficial del aluminio[2]. Debido a esto, se buscan alternativas en el mercado que puedan disminuir el fenómeno de corrosión en este tipo de ambientes, por ejemplo, el inhibidor de corrosión Trasar Trac 102, el cual es utilizado en esta investigación.

### 2. METODOLOGÍA

El aluminio es el material de trabajo y se emplearon soluciones de cloruro de sodio e hidróxido de sodio al 3% p/v y 0.5 M para simular un ambiente corrosivo. A las soluciones de NaCl y NaOH se les añade el Trasar Trac 102 hasta llegar a una concentración de 200 ppm. Con esta solución madre se forman alícuotas de 10, 50, 100, 150 y 200 ppm. El aluminio de trabajo será preparado con lijas de 220, 320, 400 y 600 para ser montado en una celda electroquímica junto al electrodo de referencia (Ag/AgCl), el contra electrodo (grafito) y el electrolito. Después de montar la celda se deberán correr las pruebas electroquímicas de potencial de circuito abierto (OPC) espectroscopia de impedancia (EiS) y curvas de polarización (CP).

### 3. RESULTADOS

La figura 1 permite describir el comportamiento

resistivo del aluminio inmerso en NaCl 3% en condiciones estáticas, en el cual, se puede notar que, la Zreal aumenta cuando se incrementa la concentración del inhibidor partiendo en 0 pp., obteniendo una mejor resistencia en 50 ppm, puesto que, al aumentarse la concentración a partir de dicha concentración, la Zreal empieza a decrecer como resultado de la desorción de moléculas orgánicas.

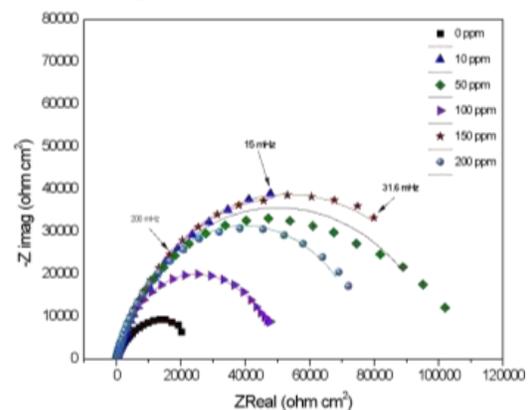


Figura 1. Diagrama de Nyquist del Trasar Trac 102 en aluminio inmerso en 3% de NaCl

### 4. CONCLUSIONES

El inhibidor Trasar Trac 102 tiene un correcto funcionamiento aparente contra la corrosión en medios con iones cloruros presentes, ya que, se demuestra mediante una figura el desempeño del inhibidor para diferentes concentraciones, potencializando los resultados en 50 ppm.

### 5. REFERENCIAS

- [1] C. Paseiro de Cira, *Corrosión en el aluminio*, Marcombo, España (2016).
- [2] P. Molera Solá, *Metales resistentes a la corrosión*, Proquimia, Barcelona, España (2009).

## Inhibición de la corrosión de la sal de triazol fluorada en el acero API 5L X700 inmerso en NaCl saturada con CO<sub>2</sub>

Presentación Póster

R. Mendoza Bando<sup>1</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>1\*</sup>, R. González Olvera<sup>2</sup>, G. E. Negrón Silva<sup>3</sup>, J. León Sánchez<sup>1</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Batalla 5 de mayo s/n esquina Fuerte de Loreto, C.P. 09230, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 180, Ciudad de México 02200, México

E-mail: [araespinoza@uv.mx](mailto:araespinoza@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

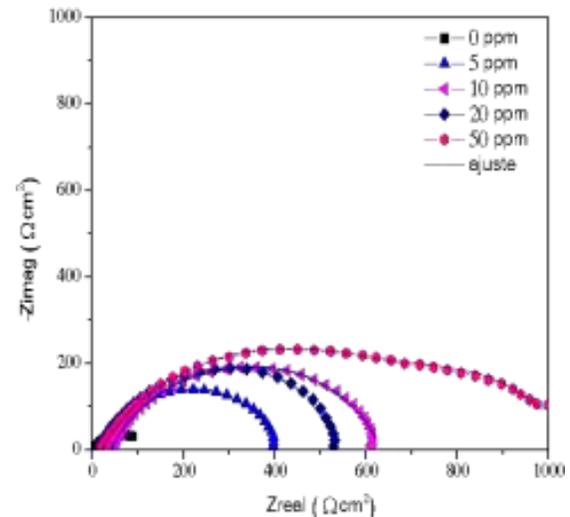
La industria petrolera usa los aceros al carbono para el transporte de hidrocarburos pesados y gases[1], tal como lo es el acero API 5L X70 el cual tiene excelentes propiedades mecánicas y soldabilidad[2], pero este material metálico también presenta problemas de corrosión en la superficie. Actualmente se está investigando el uso de compuestos orgánicos, ya que no son tan tóxicos y costosos. Se ha reportado que el uso de inhibidores orgánicos es una alternativa de protección contra la corrosión en la industria petrolera. El objetivo del trabajo se pretende determinar las propiedades de inhibición de la corrosión del triazol en el acero API 5L X70 inmerso en un medio salino con CO<sub>2</sub>.

### 2. METODOLOGÍA

Las probetas de acero API 5L X70 se prepararon con un desbaste con lijas, hasta que quedara la superficie espejo. Posteriormente, se hicieron pruebas electroquímicas de potencial a circuito abierto (OCP), Espectroscopia de Impedancia electroquímica (EIS) y Curvas de polarización (CP), en concentraciones de 5, 10, 20 y 50 ppm, a temperaturas de 20°C.

### 3. RESULTADOS

El diagrama de Nyquist de la Figura 1 muestra un aumento continuo en el valor de Z<sub>real</sub> con la presencia del inhibidor evaluado. Además, de que a 50 ppm es el que obtuvo el diámetro del semicírculo mayor demostrando que es la mejor concentración para proteger la superficie metálica.



**Figura 1.** Diagrama de Nyquist a diferentes concentraciones del triazol para el acero API 5L 70 inmerso en NaCl + CO<sub>2</sub>.

### 4. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el triazol como inhibidor demuestra ser eficiente retrasando el proceso de corrosión.

### 5. REFERENCIAS

- [1] O. F. Montes, R. S. Garcés, F. A. Reyes, *Soldagem & inspecao*, **21**, 172 (2016).
- [2] J. Biomorgi, S. Hernández, J. Marín, E. Rodríguez, M. Lara, A. Vilorio, *Revista latinoamericana de metalurgia*, **32**, 96 (2012).

# Uso de una sal de amonio cuaternaria como inhibidor de la corrosión en el acero inoxidable dúplex LDX 2101 en salmuera CO<sub>2</sub>

## Presentación Póster

A. Brito Franco<sup>1\*</sup>, E. Vazquez Velez<sup>2</sup>, J. G. Gonzalez Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca 62209, México.

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Físicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca 62209, México.

E-mail: [alfredo.britof@uaem.edu.mx](mailto:alfredo.britof@uaem.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

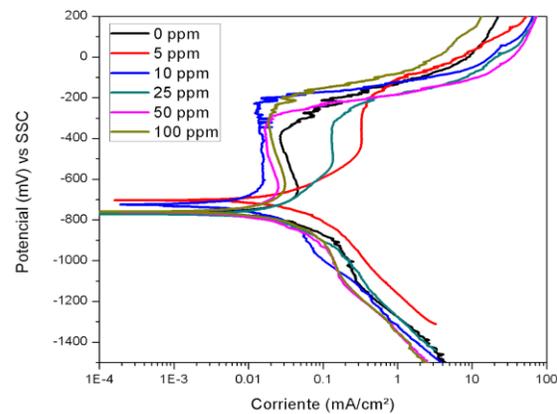
La corrosión es un tema de interés en la industria del petróleo y gas ya que afecta el rendimiento de los equipos de transporte y almacenamiento[1]. Para prevenir la pérdida de propiedades del metal existen diferentes alternativas de las cuales el uso de inhibidores orgánicos a base de nitrógeno, como los surfactantes catiónicos, se han utilizado con éxito en diferentes aplicaciones para controlar el proceso de corrosión del metal en presencia de CO<sub>2</sub>[2]. El uso de metales que poseen propiedades mecánicas asociadas con un alto rendimiento de la resistencia de la corrosión como lo es el acero inoxidable dúplex LDX 2101 lo hace un candidato en aplicaciones en la industria del petróleo y gas en donde el uso de CO<sub>2</sub> se encuentra presente en la mayoría de los procesos de la industria petrolera[3].

## 2. METODOLOGÍA

Para las pruebas electroquímica se utilizaron probetas de acero inoxidable dúplex LDX 2101 inmersas en una solución de NaCl al 3.5% en peso saturada con CO<sub>2</sub> a 50°C durante 24 h a diferentes concentraciones de inhibidor.

## 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos para las curvas de polarización del acero inoxidable tipo dúplex Ldx 2101 a diferentes concentraciones de inhibidor. En esta se observa un comportamiento activo-pasivo en la zona anódica con potenciales de corrosión alrededor de los -750 mV para el blanco teniendo un ligero incremento hacia potenciales más nobles con la adición del inhibidor a diferentes concentraciones.



**Figura 1** Curvas de polarización del acero inoxidable duplex LDX 2101 a diferentes concentraciones de inhibidor.

## 4. CONCLUSIONES

Las curvas de polarización mostraron que el inhibidor es de tipo anódico al retardar la disolución del metal y teniendo una mejor estabilidad en la zona pasiva debido a la absorción de especies sobre la superficie del metal protegiéndolo del medio.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M.A. Kelland, *Production Chemical for the Oil and Gas Industry*, pp. 191-212, CRC Press Taylor & Francis Group, Florida, USA (2014).
- [2] J. Porcayo Calderon, L. M. Martinez de la Escalera, M. Casales Diaz, J. Canto, *Electrochemical Science*, **10**,3160 (2015).
- [3] F. Zonotto, V. Grassi, A. Balbo, C. Monticelli, F.Zucci, *Corrosion Science*, **80**, 205 (2014).

## Protección del pavonado de un hierro clase 45 con cera microcristalina

### Presentación Póster

D. M. Zapata Valdez<sup>1</sup>, E. F. Hernández Molina<sup>1\*</sup>, P. Rocagliolo Barrera<sup>1</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>2</sup>, F. J. Rodríguez Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

<sup>2</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México

E-mail: [iqm.ericmolina@quimica.unam.mx](mailto:iqm.ericmolina@quimica.unam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN.

Mediante inmersión en caliente de un hierro gris, en sales nitratos, se genera un recubrimiento similar a un pavonado comercial, el cual refiere una capa de óxido efectiva contra la corrosión en solución salina 3%. Para aumentar las propiedades protectoras de la superficie se sellan los poros del óxido mediante cera microcristalina de ozoquerita.

### 2. METODOLOGÍA

La superficie de una muestra ASTM-45 fue tratada con lija 600, y desengrasada para ser sumergida en una solución de nitrato de potasio 1M y nitrato de sodio 1M, durante un periodo de 1 hora a una temperatura de 120°C, posteriormente se aplica cera mediante fusión por aire caliente.

Se realiza una caracterización electroquímica del material mediante técnicas de espectroscopia de impedancia (EIS), curvas de polarización, y potencial a circuito abierto además de SEM-EDS.

### 3. RESULTADOS

Los valores altamente resistivos de la figura 1 se atribuyen a la capa superficial compuesta por una película de óxido seguida de una capa de cera que sella los poros. El análisis EIS se ajusta a un circuito equivalente, y el proceso de corrosión se analiza con respecto a 28 días de inmersión [1].

El ion Cl<sup>-</sup> es un fuerte activador anódico debido a su menor radio y volumen, y es muy fácil que pueda penetrar desde la capa de óxido poroso. La permeabilidad de la cera y su posterior hidrofobicidad dificultan que el cloro pueda destruir la capa de óxido

y evita la reacción directa con el sustrato metálico [2].

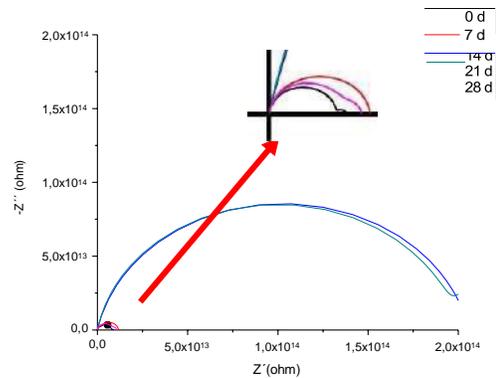


Figura 1. Diagrama de Nyquist. Efecto del anclaje de la cera en muestra tratada con pavonado. Pruebas a lo largo de 28 días.

### 4. CONCLUSIONES

Las interacciones que se dan entre las cabezas del polímero con el óxido ferroso-diférrico (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), favorecen la permanencia de la película de cera en inmersión.

Hay un comportamiento de un mecanismo altamente resistivo presentado por un recubrimiento híbrido, y otro asociado a una difusión del ion Cl<sup>-</sup> muy lenta a través de dicha película.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. A. San-Miguel, P. M Rodger, *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, **506**, 263 (2000).
- [2].Z. Li, K. Li, X. Li, Y. Feng, H. Li, H. Wang, *Chemical Engineering Journal*, **437**, Part 1 (2022).

## Efecto del tratamiento térmico en el comportamiento a la corrosión de un acero inoxidable supermartensítico en medio amargo

Presentación Póster

A. Carmona Hernandez<sup>1\*</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1</sup>, A. Espinoza Vazquez<sup>1</sup>, F.A. Carpio Santamaria<sup>1</sup>, S. A. León Sánchez<sup>2</sup>, R. Galván Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias y Técnicas de la Comunicación, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

E-mail: [andcarmona@uv.mx](mailto:andcarmona@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las condiciones de operación más severas de alta presión y temperatura, así como medios agresivos en presencia de H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> que imperan en la industria petrolera, condujo al desarrollo de los aceros inoxidable supermartensíticos (SMSS). Los SMSS contienen Ni, Mo, que les confieren una mejor resistencia a la corrosión general y localizada a temperatura ambiente. Además, los SMSS tienen un menor contenido de C lo que les confiere una mejor soldabilidad [1]. Por otra parte, los SMSS poseen mayores valores de resistencia a la tensión y son un 25% más baratos que los aceros inoxidable dúplex (DSS). Esta combinación de factores convierte a los SMSS en una de las mejores alternativas para la fabricación de tuberías en líneas de flujo y de perforación para aguas profundas en la industria petrolera [2]. En el presente trabajo, se estudió la influencia del tratamiento térmico (TT) en el comportamiento de la corrosión de un SMSS en una solución que simula condiciones en presencia de H<sub>2</sub>S.

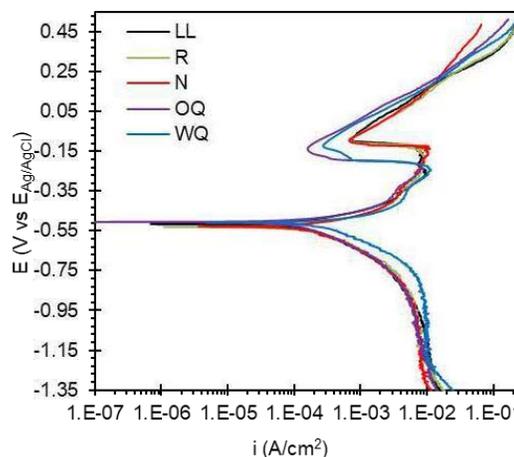
### 2. METODOLOGÍA

El metal bajo estudio fue el acero UNS S41425 y la solución de prueba una solución que simula condiciones amargas. 4 especímenes del acero fueron sometidos a siguientes TT: Recocido (R), Normalizado (N), Templado en agua (WQ) y templado en aceite (OQ). Se realizaron mediciones de difracción de rayos X (XRD) para determinar el contenido de austenita retenida ( $\gamma_R$ ) y mediciones electroquímicas para estudiar la influencia del TT en la corrosión del acero SMSS.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestran las Curvas de polarización (CP) del SMSS sometido a diferentes TT en la solución amarga. En la rama anódica se observó una

disminución del potencial primario de pasivación ( $E_{pp}$ ) y la densidad de corriente de pasivación ( $i_p$ ), y un aumento del intervalo del E de pasivación en los TT de QW y OQ con respecto al acero de llegada (LL). Indicativo de que la TT afectó las características de la capa de productos de corrosión formados sobre la superficie metálica.



**Figura 1.** CPs del acero UNS S41425 sometido a diferentes TT en la solución A de la NACE TM-177.

### 4. CONCLUSIONES

Los resultados de la caracterización con XRD y las mediciones electroquímicas de CP y EIS, mostraron que los TT de templado, los cuales tuvieron un menor porcentaje de  $\gamma_R$  tuvieron una mejor resistencia a la corrosión en medio amargo.

### 5. REFERENCIAS

- [1] D. N. Zou, R. Liu, J. Li, W. Zhang, D. Wang y Y. Han. *J. Iron Steel Res. Int.*, **21**, 630 (2014).
- [2] E. Taban, E. Kaluc y O. O. Ojo, *Mater. Test.*, **1** 501 (2016).

## Evaluación de la película de lignina obtenida del olote mediante disolventes eutécticos profundos para protección ante la corrosión

### Presentación Póster

C. Hernández Perusquia<sup>1</sup>, A. Cruces De la Rosa<sup>1</sup>, W. Sánchez Ortiz<sup>1\*</sup>, J. I. Aldana Gonzalez<sup>2</sup>, M. E Palomar Pardavé<sup>2</sup>, M. A. Romero Romo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Edo. de Mex

<sup>2</sup>Área de Ingeniería de Materiales, Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CDMX

E-mail: [williamso@tese.edu.mx](mailto:williamso@tese.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Los Disolventes Eutécticos Profundos (DES) son solventes que por su bajo costo e impacto ambiental son demasiado sustentables para el desarrollo de nuevas aplicaciones tales, como el proceso de extracción de biomasa, síntesis de polímeros, catálisis electroquímica, síntesis de nanopartículas, entre otros [1]. La lignina es un polímero natural sintetizado por las plantas, que se utilizan para producir una gran variedad de productos industriales y con diversas propiedades [2]. Los extractos naturales están teniendo un gran interés en campo de la corrosión gracias a su seguridad, biodegradabilidad, aceptabilidad ecológica, y capacidad de renovación, bajo costo, facilidad de preparación [3].

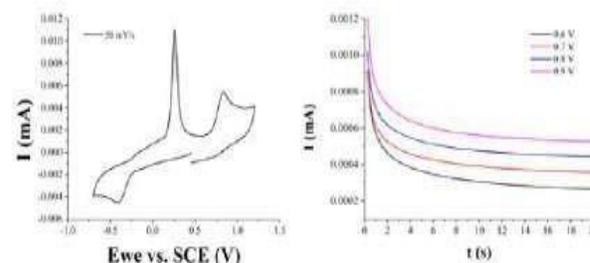
### 2. METODOLOGÍA

En la preparación de los DES, se realizan relaciones molares 1:2 M de ChCl-U y ChCl- etilenglicol (Et) a una temperatura de 90°C y agitación constante por 24 hrs. Se disolvió 1 g de olote en 10 ml de cada uno de los DES. Se aplicaron las técnicas de voltamperometría cíclica para determinar los procesos redox y cronoamperimetría para determinar el mejor potencial para generar la película de lignina, se realizaron los experimentos a temperatura ambiente.

### 3. RESULTADOS

Para el sistema de ChCl-U, se determinó mediante la voltamperometría cíclica los picos de oxidación y reducción para la extracción de la lignina a partir del olote, en un rango de -0.7 a 1.2 V. Obteniendo para los procesos de oxidación dos picos en 0.25 y 0.8 V, para el procesos de reducción se encontró un solo pico en -0.4 V (Figura 1a). De los picos de oxidación se generaron los transitorios donde se observa procesos de nucleación y crecimientos, posteriormente el

proceso de difusión (Figura 1b). Donde se analizaron desde 0.1 hasta 0.3 V para el primer pico. Para el segundo pico se realizó a partir de 0.6 hasta 1 V.



**Figura 1.** a) voltamperograma cíclica de lignina extraída del olote mediante ChCl-U b) Transitorios del primer pico de oxidación de la lignina.

### 4. CONCLUSIONES

Se concluye de manera parcial que es posible generar una película de lignina, a partir de métodos electroquímicos. Permitiendo observar claramente los procesos redox al utilizar disolventes eutécticos profundos en este casos ChCl-U. Sin necesitar de condiciones de obtención complicadas ya que se trabaja a temperatura ambiente en un sistema estacionario.

### 5. REFERENCIAS

- [1] I. García, et al., *Method for generating conversion layers with corrosion-resistant properties*, (2020).
- [2] J. A. Gaspar García, *Determinación de actividad antioxidante en Lignina obtenida de residuos agrícolas* (Tesis), Universidad de Sonora (2019).
- [3] L. D. López-León, et al., *Materials Research Express*, **9**, 065306 (2022).

## Estudio electroquímico de sistemas acero-concretos ternarios expuestos a cloruros a la edad de 2 años

Presentación Póster

D. E. Jiménez Martínez<sup>1</sup>, A. E. Landa Gómez<sup>2</sup>, G. Fajardo San Miguel<sup>3</sup>, G. Delgado Reyes, R. Orozco Cruz<sup>4</sup>, R. Galván Martínez<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de ciencias químicas e ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

<sup>4</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

Email: [zS17023220@estudiantes.uv.mx](mailto:zS17023220@estudiantes.uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión de las barras de acero de refuerzo es motivo de gran preocupación ya que es la causa más importante de degradación en las estructuras de concreto reforzado (ECR). El efecto perjudicial de la corrosión sobre la vida útil de las ECR ha implicado el desarrollo de un sin número de proyectos de investigación con diferentes alternativas de prevención [1]. El empleo de menor cantidad de cemento portland y mayor cantidad de materiales cementantes suplementarios (MCS) es una alternativa para disminuir el fenómeno de corrosión en ECR [2]. La utilización de MCS aumenta el rendimiento de la resistencia del concreto y las consideraciones sobre la durabilidad en entornos agresivos ha llamado la atención [3].

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizaron barras de acero de refuerzo AISI 1018 (AC) para realizar sistemas aceros-concreto ternario, cuya relación agua/cemento fue de 0.45, teniendo a su vez sustituciones al cemento portland ordinario (CPO) del 10, 20 y 30% por ceniza volante (CV) y ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA). Se empleó un tratamiento cíclico de humectación y secado, aplicando un deterioro acelerado en ambiente controlado de temperatura y humectación. Se utilizó la técnica electroquímica de resistencia a la polarización ( $R_p$ ), con la cual se determinó la densidad de corriente de corrosión ( $i_{corr}$ ) como indicador del nivel de corrosión que presenta el acero, de igual manera, la velocidad de corrosión ( $V_{corr}$ ) como indicador de la cinética de corrosión.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1, se presentan los resultados de  $i_{corr}$  de los sistemas AC-concreto ternario en un periodo de evaluación de 732 días

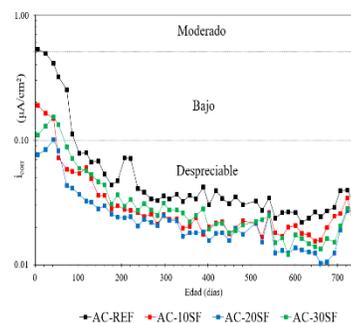


Figura 1.  $i_{corr}$  de los sistemas acero-concreto.

### 4. CONCLUSIONES

Con la sustitución del 20% del CPO por CBCA-CV se obtuvo una mejora en la microestructura de los concretos ternarios, lo que provocó la densificación de la matriz cementante, que a su vez contribuyó a la formación de una película pasiva más estable y de mayor capacidad protectora, responsable así, de un cambio significativo en el comportamiento electroquímico, comprobado con la disminución de la  $i_{corr}$  y  $V_{corr}$ .

### 5. REFERENCIAS

- [1] O. Poipard, V. L'hostis, S. Catinaud, I. Petrelazar, *Cement and Concrete Research.*, **36**, 504 (2006).
- [2] M. Tokyay, *Cement and concrete mineral admixtures*, p.1, CRC Press, New York (2016).
- [3] R. Mejía, *Rev. Metal Madrid*, **39**, 252 (2003).

# Estudio de la corrosión bajo tensión de un acero inoxidable en medio amargo en presencia de un inhibidor mediante ruido electroquímico

## Presentación Póster

A. Carmona Hernandez<sup>1,2\*</sup>, E. Vazquez Velez<sup>3</sup>, J. Uruchurtu Chavarin<sup>2</sup>, J. G. Gonzalez Rodriguez<sup>2</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1</sup>, R. Galván Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>2</sup> CIICAp-UAEM, Cuernavaca, Morelos, México.

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Físicas, UNAM, Cuernavaca, Morelos, México.

E-mail: [andcarmona@uv.mx](mailto:andcarmona@uv.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los aceros inoxidables supermartensíticos (SMSS) son aleaciones de alta resistencia a la corrosión empleadas para la fabricación de tuberías en líneas de flujo y de perforación en la industria petrolera. Sin embargo, los SMSS pueden sufrir corrosión localizada dependiendo de sus condiciones metalúrgicas y ambientales. Una de estas formas es la corrosión asistida por esfuerzo (SCC), la cual se caracteriza por la iniciación y propagación de grietas en un material susceptible [1]. Los inhibidores de corrosión son uno de los métodos más prácticos para la protección contra la corrosión en la industria del petróleo y el gas [2]. No obstante, los inhibidores son evaluados principalmente en condiciones estáticas de corrosión uniforme, por lo que resulta importante evaluarlos además para inhibir diferentes formas de corrosión localizada. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue estudiar mediante ruido electroquímico (EN), el efecto de un surfactante gemini como inhibidor de la corrosión en el proceso de SCC de un SMSS en un medio amargo.

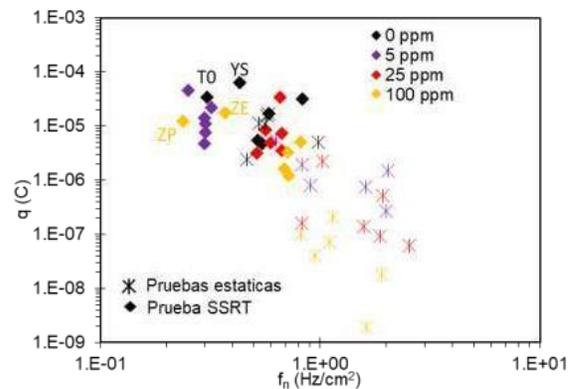
## 2. METODOLOGÍA

Se realizaron pruebas de velocidad de deformación lenta (SSRT) en un acero UNS S41425 con en una máquina CERT en una solución amarga en presencia de un inhibidor de corrosión a las concentraciones de 0-100 ppm. Simultáneamente, se obtuvieron registros de EN con un potencióstato usando dos electrodos nominalmente idénticos. El agrietamiento secundario de las probetas después de SSRT se examinó mediante SEM.

## 3. RESULTADOS

En base al análisis de EN empleando la teoría del ruido de disparo, en la figura 1 se muestra en las concentraciones de 0 y 5 ppm, en las que el acero fue susceptible a SCC, se obtuvieron los menores valores

de la frecuencia característica  $f_n$ , y los mayores valores de la carga característica,  $q$ . Lo cual fue indicativo de que la corrosión localizada predominó en estas condiciones. Asimismo, en la concentración de 100 ppm, la corrosión por picaduras fue severa.



**Figura 1.** Gráfico  $q$  vs  $f_n$  correspondientes a los registros de EN durante la prueba SSRT y en condiciones estáticas.

## 4. CONCLUSIONES

La técnica de EN fue efectiva para determinar el inicio del agrietamiento por SCC en las concentraciones del inhibidor donde el material fue susceptible. El inhibidor fue capaz de inhibir la SCC a partir de 25 ppm, no obstante, una mayor concentración del inhibidor produjo corrosión por picaduras.

## 5. REFERENCIAS

- [1] N. Sridhar, R. Thodla, G. F. L. Cao y A. Anderko, *Corros. Eng. Sci. Technol.* **53**, 75 (2018)
- [2] I. Aiad, D. Emam, A. El-Deeb y E. Abd-Alrahman, *J Surfactants Deterg.* **16**, 927 (2013).

# Análisis electroquímico de la incorporación de nanopartículas hidrofóbicas de SiO<sub>2</sub> a un convertidor de óxido verde

## Presentación Póster

D. E. Arceo Gómez<sup>1</sup>, J. Reyes Trujeque<sup>2</sup>, Y. Pérez Padilla<sup>3</sup>, A. Espinoza Vazquez<sup>4</sup>, R. Galván Martínez<sup>4</sup>, R. Orozco Cruz<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Corrosión-Universidad Autónoma de Campeche, (CICORR-UACAM)

<sup>3</sup>Facultad de Química-Universidad Autónoma de Yucatán, (UADY)

<sup>2</sup>UV-CA-245. Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

El convertidor de óxido es un producto químico que convierte los óxidos de hierro en una capa más estable. Estas sustancias están diseñadas para ser aplicadas en superficies corroídas. Esta es la principal ventaja, ya que se trata de un tratamiento mínimamente invasivo. Esta característica los hace especialmente atractivos para aplicarlos en estructuras complejas o de gran tamaño en las que los métodos convencionales de eliminación del óxido son caros y poco respetuosos con el medio ambiente [1]. Sin embargo, al estar expuestos a la radiación UV, la humedad ambiental y el oxígeno, el convertidor de óxido pierde sus propiedades protectoras. Por lo que, en este trabajo se incorporarán nanopartículas de SiO<sub>2</sub> hidrofóbicas a una formulación de convertidor de óxido verde y será aplicado a óxidos de un hierro colado. El convertidor de óxido con nanopartículas será evaluado por Espectroscopía de Impedancia Electroquímica.

## 2. METODOLOGÍA

Para obtener nanopartículas de SiO<sub>2</sub> se siguió el método de Stober con algunas modificaciones [2]. El precursor empleado para la síntesis de las nanopartículas fue el TEOS. Posteriormente, las nanopartículas fueron funcionalizadas con MTMS, PDMS y HDTMS. El extracto de *Mimosa tenuiflora* se utilizó como convertidor de óxido. La incorporación de las nanopartículas consistió en agregar el 1% con respecto a la formulación. Las técnicas empleadas para caracterizar la película de convertidor de óxido con nanopartículas fueron Espectroscopía de Impedancia Electroquímica y Ángulo de Contacto Estático.

## 3. RESULTADOS

Los resultados de ángulo de contacto mostraron que usando HDTMS los valores alcanzaban los 103.4°. Por otra parte, por EIE se demostró que añadiendo nanopartículas de SiO<sub>2</sub> funcionalizadas aumentaban los valores de impedancia con respecto al convertidor sin nanopartículas.



**Figura 1.** Los datos más relevantes en formato de tabla se deben ajustar a los márgenes establecidos.

## 4. CONCLUSIONES

Las nanopartículas de SiO<sub>2</sub> mejoran la capacidad protectora del convertidor de óxido verde y otorgan propiedades hidrofóbicas, siendo útiles para su aplicación a la industria y en la preservación de artefactos históricos de hierro.

## 5. REFERENCIAS

- [1] N. Sahiner, S. Saghas, N. Aktas N, *Materials*, **226**, 316 (2016).
- [2] B Díaz, R. Figueroa, X. Nóvoa, C. Pérez, A. Pintos, *Electrochimica Acta*, **342**, 136096 (2020).

## Desarrollo y evaluación de un inhibidor de corrosión de extractos naturales de residuos sólidos orgánicos

Presentación Póster

J. C. Vicencio Reyes<sup>1</sup>, W. Sanchez Ortiz<sup>1\*</sup>, J. I. Aldana Gonzalez<sup>2</sup>, D. Hernández Pérez<sup>2</sup>, M. E. Palomar Pardavé<sup>2</sup>, M. A. Romero Romo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Edo. de Mex.

<sup>2</sup>Área de Ingeniería de Materiales, Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco, CDMX

E-mail: [williamso@tese.edu.mx](mailto:williamso@tese.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es una reacción interfacial irreversible de un material (metal, cerámica, polímero) con su entorno que da como resultado el consumo del material o la disolución de un componente del material [1]. Una forma de prevenir la corrosión, es con el uso de inhibidores que se pueden obtener a partir de extractos de plantas (flor, hoja, raíz, cáscara, tallos) ya que presenta propiedades fitoquímicos (flavonoides, taninos, alcaloides, etc) y además sus moléculas son absorbidos sobre superficie metálica para formar una barrera molecular, evitando el contacto directo entre medio corrosivo y la superficie metálica [2].

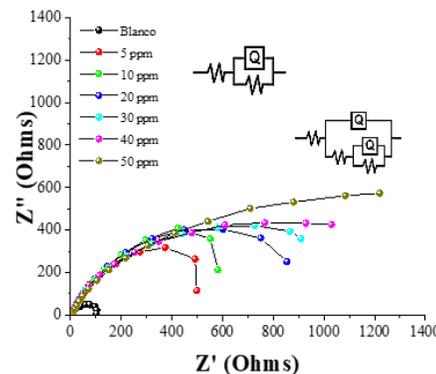
### 2. METODOLOGÍA

Se preparó un disolvente eutéctico profundo (DES) de cloruro de colina (ChCl) con etilenglicol (Et) 1:2 M, para extraer un lixiviado a partir de la cáscara de naranja. Se evaluó la eficiencia del lixiviado como inhibidor de la corrosión por la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) en un potencióstato/galvanostato montado a una celda electroquímica de tres electrodos: electrodo de trabajo (acero 1045), barra de grafito como contraelectrodo y Ag/AgCl<sub>(sat)</sub> como electrodo de referencia. Las pruebas se realizaron a temperatura ambiente y en un sistema corrosivo de 5% P/P de NaCl.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se puede observar que la resistencia a la polarización del inhibidor aumenta con respecto al blanco. Los valores para el blanco están en los 100 Ohms, mientras que el efecto del extracto natural como inhibidor presenta un efecto positivo desde las 5 ppm. A partir de los circuitos eléctricos equivalentes se determinaron los valores de resistencia. Mediante la Ecuación 1 se calculó la eficiencia de inhibición

(%IE). Donde  $Rp_{blanco}$  es la Resistencia a la polarización del blanco y  $Rp_{inhibidor}$  del inhibidor [3].



**Figura 1** Diagrama Nyquist para diferentes concentraciones de inhibidor de extracto natural de cáscara de naranja mediante ChCl-U 1:2 M.

Se obtuvo una eficiencia del 91% en la concentración de 50 ppm de extracto natural de cáscara de naranja lixiviado mediante ChCl-U, en un sistema corrosivo de 5% P/P de NaCl.

$$IE(\%) = \left( 1 - \left( \frac{Rp_{blanco}}{Rp_{inhibidor}} \right) \right) * 100 \quad Ec. 1$$

### 4. CONCLUSIONES

El extracto generado de la lixiviación de la cáscara de naranja proporciona una protección al acero 1045 en un sistema 5% p/p de NaCl. Se generó una nueva propuesta de inhibidores de corrosión a partir de residuos orgánicos de bajo costo y fácil de elaborar.

### 5. REFERENCIAS

- [1] S. Marzorati, et al., *Molecules*, **24**, 48 (2018).
- [2] Alan. M, Araceli Espinoza. V, *Processes*, **8**, 942, (2020)..

# Evaluación electroquímica de la interfase metal-medio de una aleación base Al con formación calcárea e inmersa en una solución de agua de mar sintética

Presentación Póster

J. P. Bohorquez Rico, R. Galván Martínez, A. Espinoza Vázquez, M.A. Hernández Pérez, R. Orozco Cruz\*

Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana Boca del Río, Veracruz, México.

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es un proceso electroquímico que se desarrolla en la totalidad de los ambientes en los que interviene el ser humano, y debido a las afectaciones que tiene sobre las estructuras metálicas su comprensión y mitigación es de gran interés para toda la industria. La industria marina es una de las más afectadas por la corrosión, pues el medio en el cual se desarrollan las labores es altamente agresivo por la composición del agua de mar y la humedad relativa. La protección catódica con ánodos de sacrificio es uno de los sistemas más usados para proteger estructuras metálicas en ambiente marino. La aleación Al-Zn-Mg ha sido presentada ya como prospecto de ánodo de sacrificio [1]. La formación de productos calcáreos ( $\text{CaCO}_3$  y  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) sobre estas aleaciones ha sido de interés en los últimos 10 años, ya que este tipo de formaciones contribuye al aumento o disminución de la capacidad de drenaje de corriente. Ante eso, en este trabajo se ha realizado el crecimiento de productos calcáreos sobre la aleación Al-Zn-Mg y a través de técnicas electroquímicas, como la EIS, se ha caracterizado la interfase metal-medio, hallándose en primera instancia un efecto de aumento de la Resistencia a la transferencia de carga con productos calcáreos.

## 2. METODOLOGÍA

La preparación superficial de la aleación fue realizada a través de la norma ASTM G1-03. El agua de mar sintética se preparó siguiendo la norma ASTM D 1141-98. La formación de los productos calcáreos se llevó a cabo con la implementación de una celda electrolítica donde se utilizó una malla de titanio, la aleación de Al y una fuente de poder, inmersos en el electrolito. Los parámetros utilizados para la formación del producto calcáreo fueron:  $i = 0.10 \text{ A}$  y  $V = 2.0 \text{ V}$  en corriente constante,  $t = 24 \text{ h}$ . Una celda convencional de tres electrodos fue utilizada, con un electrodo auxiliar de grafito, un electrodo de referencia de  $\text{Ag}/\text{AgCl}$  y el electrodo de trabajo la aleación de Al. Las técnicas

electroquímicas empleadas fueron: Potencial de circuito abierto (OCP), Resistencia a la polarización lineal (RP), Curvas de polarización (CP) y Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS).

## 3. RESULTADOS

La deposición de los productos calcáreos ( $\text{CaCO}_3$  y  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) proporcionan una barrera superficial sobre la superficie de la aleación Al-Zn-Mg. Los valores de las RP, así como los valores de las  $R_{tc}$ , aumentan con la presencia de los productos.

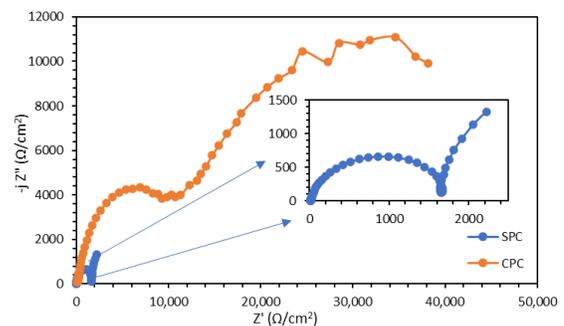


Figura 1. Diagrama de Nyquist para la aleación Al-Zn-Mg con deposición calcárea (CPC) y sin deposición calcárea (SPC).

## 3. CONCLUSIONES

Los valores de la  $R_{tc}$ , en el análisis de la EIS, indican una protección natural de los productos sobre la superficie de la aleación de Al.

## 4. REFERENCIAS[1]

[1] R. Orozco, J. Genesca, J. A. Juárez-Islas *J. of Materi Eng and Perform*, 16,229 (2007).

## Evaluación electroquímica de un recubrimiento epóxico adicionado con el extracto de *Mimosa tenuiflora*

Presentación: **Póster**

S. Olán Hernández<sup>1</sup>, H. Méndez Figueroa<sup>2</sup>, A. Espinoza Vázquez<sup>3</sup>, R. Galván Martínez<sup>3</sup>, R. Orozco Cruz<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias químicas. Universidad Veracruzana, 94294 Boca del Río, Veracruz, México

<sup>2</sup> Doctorado en Materiales y Nanociencia-MICRONA, Universidad Veracruzana, 94294 Boca del Río, Veracruz, Mexico

<sup>3</sup> Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, 94294, Boca del Río, Veracruz. México.

E-mail: [rorozco@uv.mx](mailto:rorozco@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es el deterioro y la pérdida de un material y sus propiedades críticas debido a reacciones químicas, electroquímicas y de otro tipo de la superficie del material expuesto con el entorno circundante. Donde se aplican recubrimientos de pinturas, se le agregan inhibidores de corrosión con el objetivo de mejorar su eficiencia. El uso de inhibidores es el método más común y generalizado para evitar o disminuir la reacción que existe entre la superficie del metal y el oxígeno del medio que lo rodea. [1] Los inhibidores de corrosión son ampliamente utilizados en el control y prevención de este fenómeno, la mayoría de los compuestos usados resultan dañinos para el medio ambiente y el ser humano, por lo que, los extractos de plantas representan una fuente renovable de compuestos químicos. Un ejemplo, es la *Mimosa tenuiflora*, que es un arbusto de gran follaje. [2]

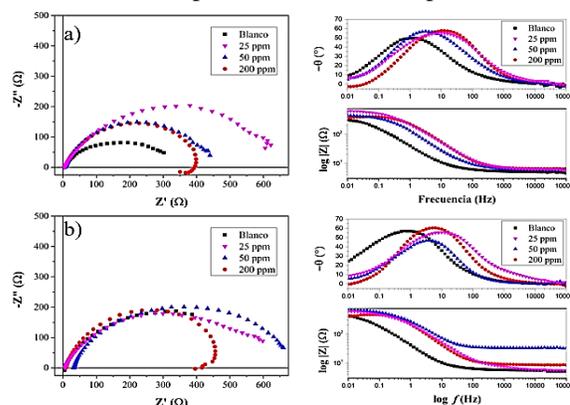
### 2. METODOLOGÍA

Para el extracto de *Mimosa tenuiflora*, se colocaron 10 g de la corteza pulverizada en 100 mL de etanol con agitación constante a 40°C durante 66 h. Posterior a ello, se filtró, se colocó en una estufa durante 24 h a 50°C y se pulverizó con un mortero de ágata.

La evaluación electroquímica del Acero A36 (electrodo de trabajo de 1 cm<sup>2</sup>) se realizó en una celda de tres electrodos, con un electrodo de referencia de Ag/AgCl y un contraelectrodo de grafito. Se evaluó en NaCl (3.5%); añadiendo 25 ppm, 50 ppm y 200 ppm del extracto de *Mimosa tenuiflora* (Mt); protegido con un recubrimiento epóxico comercial de altos sólidos.

### 3. RESULTADOS

Después de 24 h (Fig. 1b), se observó una mayor resistencia de la solución al agregar el EMt, sugiriendo que el EMt modificó el electrolito. Asimismo, aunque la resistencia a la transferencia de carga aumentó al añadir 50 ppm del EMt, tanto el  $-\theta$ , como el  $|Z|$  mostraron un comportamiento menos capacitivo.



**Figura 1.** EIE del Acero A36 en NaCl (3.5%) al agregar diferentes concentraciones del extracto de *Mimosa tenuiflora*.

### 4. CONCLUSIONES

El acero A36 inmerso en NaCl (3.5%) durante 48 h aumenta su resistencia a la transferencia de carga cuando se agrega el EMt.

### 5. REFERENCIAS

- [1] L.P; P.J. Tejeda Benítez, Meza Castellar, Dialnet Plus, **78**, 155 (2014).  
[2] D.E. J.RR, et al., *Nova Scientia*, **13**, Scielo (2021).

## Evaluación del efecto inhibitor del resveratrol extraído mediante disolventes eutécticos profundos

### Presentación Póster

L. G. Martínez Estrada<sup>1</sup>, J. E. Jiménez Camacho<sup>1</sup>, W. Sánchez Ortiz<sup>1\*</sup>, J. I. Aldana González<sup>2</sup>, D. Hernández Pérez<sup>2</sup>, M. E. Palomar Pardavé<sup>2</sup>, M. A. Romero Romo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Edo. de México

<sup>2</sup>Área de Ingeniería de Materiales, Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CDMX

E-mail: [williamso@tese.edu.mx](mailto:williamso@tese.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El resveratrol (3,5,4'-trihidroxi-trans-estilbeno) es un estilbenoide, un fenol natural, y al mismo tiempo una fitoalexina producida naturalmente por varias plantas como respuesta a las lesiones o ataques de patógenos como bacterias u hongos. El resveratrol también se encuentra en la piel de las uvas, arándanos, frambuesas y moras [1]. Se han atribuido numerosas propiedades beneficiosas a este compuesto. Sus potenciales efectos neuroprotectores son objeto de numerosos estudios en la actualidad [2]. El resveratrol tiene una excelente capacidad antioxidante y se considera un antioxidante natural no contaminante, es por ello que dentro de los procesos electroquímicos es de gran importancia sus aplicaciones [3].

### 2. METODOLOGÍA

En la preparación de los DES, se realizan relaciones molares 1:2 M de Cloruro de colina (ChCl) y urea (U) y ChCl- etilenglicol (Et) a una temperatura de 90°C y agitación constante por 24 h. Si adiciono 10 mg de resveratrol a 10 ml de DES. Se realizaron voltamperometrías cíclicas para determinar el comportamiento del resveratrol en los DES, y posteriormente se realizaron cronoamperometrías. Se evaluó el efecto inhibitor del resveratrol mediante espectroscopia de impedancia electroquímica.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los voltamperogramas de los sistemas ChCl-U y ChCl-Et, para un barrido de 20 mV/s. Donde se observa los picos reportados para el resveratrol en sistemas acuosos donde se reportan corriente de máximo 4  $\mu$ A en el pico de oxidación [4]. En los sistemas DES se observa que la señal es más intensa que en soluciones acuosas. Para los sistemas ChCl-Et se trabajó en un rango de -0.5 a 1.4 V, en el caso de la Urea los parámetros electroquímicos

encontrados fueron -0.7 V para la reducción y 1.2 para el proceso de oxidación.

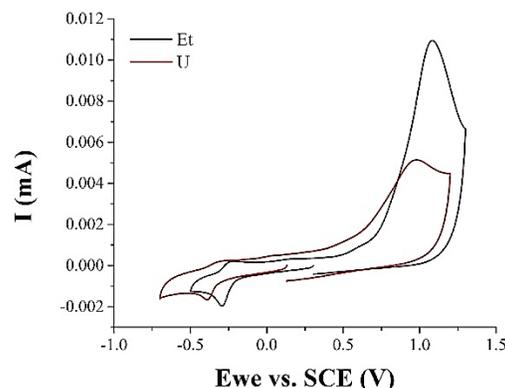


Figura 1. Voltamperograma del resveratrol en un sistema de ChCl-Et (-) y ChCl-U (-) con una relación 1:2 M.

### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se encontró que los DES son de gran importancia para los estudios electroquímicos, potencializando los efectos de las moléculas orgánicas para sus aplicaciones. Esperando que el efecto de los DES, en sistemas de inhibición contribuyan de mayor manera en la protección de los materiales.

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. Salazar, et al., *Revista de la Sociedad Química del Perú*, **77**, 135 (2011).
- [2] A.G. Ioja, *Revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, **10**, 39 (2013).
- [3] Q. Cheng, et al., *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 1164574 (2022).
- [4] D. Airado-Rodríguez, T. Galeano-Díaz, and I. Durán-Merás, *Food Chemistry*, **122**, 1320 (2010).

## Fermentado natural de *agave salmiana* (pulque) como inhibidor verde de la corrosión del acero API 5LX52 en medio de cloruros

Presentación Póster

M. Silva Rosales<sup>1</sup>, J. Aldana González<sup>1</sup>, D. Hernández Pérez<sup>1</sup>, W. Sánchez Ortiz<sup>2</sup>,  
M. Romero-Romo<sup>1</sup>, E. M. Arce Estrada<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Química y Bioquímica. Av. Tecnológico S/N, 55210 Ecatepec de Morelos, Méx.

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, UPALM Ed. /, C.P. 07638 México, D.F.

E-mail: [\\*jiag@azc.uam.mx](mailto:*jiag@azc.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos para prevenir la corrosión de diversos materiales metálicos, es el uso de inhibidores, los cuales son sustancias (sintéticas y de origen natural) proporcionadas en pequeñas concentraciones al medio corrosivo, disminuyen o previenen la reacción entre el metal y el medio. Estas sustancias retardan el proceso de corrosión e incrementa el comportamiento de la polarización anódica, catódica y mixto. Reducen el movimiento o difusión de los iones hacia la superficie metálica y acrecientan la resistencia eléctrica de la superficie. A nivel industrial se utilizan diversas sustancias que alcanzan eficiencias de inhibición de la corrosión considerables, con la desventaja de que son sustancias costosas y de difícil degradación [1]. Debido a lo anterior se siguen buscando extractos naturales que puedan competir con estas y que sean de fácil acceso.

### 2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo la extracción del concentrado del fermentado de agave salmiana (Pulque) a partir de evaporación en condiciones controladas de P y T para eliminar cerca del 90% del agua contenida en el pulque. Considerando diferentes adiciones del concentrado (inhibidor), se evaluó la resistencia a la corrosión del material modificado mediante espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), alcanzando un 88% de eficiencia de inhibición a la corrosión en 3.5% NaCl.

### 3. RESULTADOS

En la evaluación del fermentado de agave (pulque), se propusieron dosis de microlitros en el sistema corrosivo de NaCl 3.5% en peso. Al realizar las pruebas de EIS se obtuvieron los siguientes diagramas

de Nyquist (Figura 1a). Donde se observó el efecto de inhibición del pulque en el acero API 5L X52, donde para el sistema sin pulque (blanco) presentó un semicírculo de diámetro de siendo en más pequeño de los sistemas evaluados.

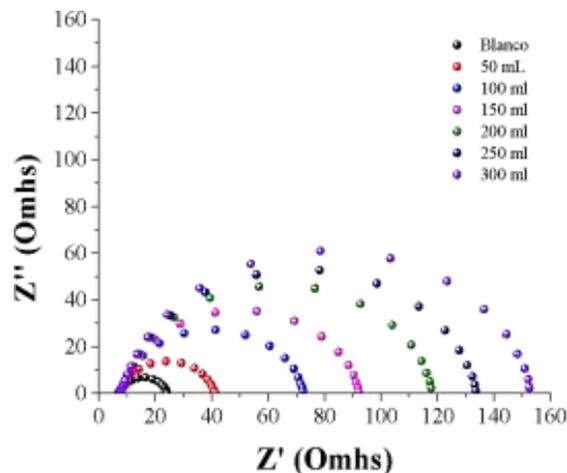


Figura 1. Diagrama de Nyquist para diferentes concentraciones de pulque en un medio de NaCl 3.5 % en peso, para un acero API 5L X52.

### 4. CONCLUSIONES

Se determinó que el fermentado de agave (pulque), es una alternativa viable para ser un inhibidor verde para reducir el efecto de la corrosión del acero API %LX52 en medio de cloruros.

### 5. REFERENCIAS

[1] Aldana-González, et. al., *Journal of Molecular Liquids*, **320**, 114449 (2020).

# Electrodeposición de óxido de cerio para la protección de la corrosión de la aleación Al 6061 mediante en un disolvente eutéctico profundo

Presentación Póster

A.V. Basilio Brito<sup>1</sup>, D. Hernández Pérez<sup>1</sup>, J. I. Aldana González<sup>1\*</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, E.M. Arce Estrada<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1\*</sup>

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

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESQIE-IPN, UPALM Ed. /, C.P. 07638 México, D.F.

E-mail: [\\*jiag@azc.uam.mx](mailto:*jiag@azc.uam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

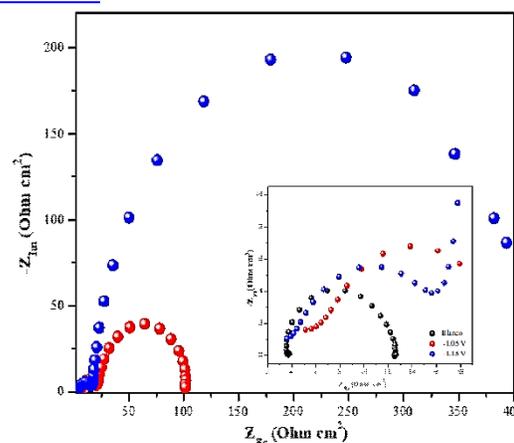
Diversos sectores industriales, trabajan principalmente con metales como el aluminio y sus aleaciones para la construcción de maquinarias, herramientas eléctricas, tuberías etc. Los sectores mencionados se ven afectados por el problema de la corrosión, ya que con el paso del tiempo los materiales pueden empezar a deteriorarse por su exposición con su entorno, desgastándose y así provocar fallas en la producción. En las últimas décadas algunos investigadores han demostrado que los tratamientos en soluciones acuosas de sales de cerio inhiben eficazmente la corrosión en este metal. En este trabajo se presenta la formación de un recubrimiento de óxido de cerio para la protección de la corrosión de la aleación Al 6061 mediante electrodeposición en un disolvente eutéctico profundo.

## 2. METODOLOGÍA

Se estudiaron métodos electroquímicos para determinar los mecanismos de nucleación y crecimiento del cerio utilizando como medio electrolítico un DES. Se caracterizó el electrodepósito de cerio mediante SEM y EDX. Por último se determinó la eficiencia de la inhibición de corrosión en medio salino (3.5% NaCl) mediante EIS.

## 3. RESULTADOS

La evaluación de la inhibición de la corrosión del Al 6061 modificado con la película de cerio se llevó a cabo mediante la técnica de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS) en una solución de 3.5% NaCl. La Figura 1, muestra los diagramas de Nyquist correspondientes a las probetas de aluminio.



**Figura 1.** Diagrama de Nyquist obtenido en el sistema Al 6061. Sin modificar (círculos negros) y con modificación: -1.05V (círculos rojos) y -1.15V (círculos azules).

## 4. CONCLUSIONES

Fue posible la electrodeposición de Cerio sobre la superficie de la aleación Al 6061, se observó un electrodepósito hasta un 38.08% de Ce, además se caracterizó la superficie con SEM y EDX para comprobar el electrodepósito. Con la finalidad de incrementar la protección a la corrosión en medio salino (3.5% NaCl) se determinó la resistencia a la corrosión del material modificado, mediante EIS, se calculó una eficiencia del 97.87% en relación con el blanco.

## 5. REFERENCIAS

[1] J. Aldana-González, O. León, W. Sánchez, E. Sánchez-Vite, M. Yemha, M. Romero-Romo, E. Arce-Estrada, E. M. Palomar-Pardavé, *ECS Meeting*, **14**, 989 (2020).

## Evaluación electroquímica del RM4 como agente inhibidor de la corrosión en medio salino

Presentación **Póster**

O. J. Hernández Olivé<sup>1</sup>, A. Espinoza Vazquez<sup>1\*</sup>, E. Mejía Sanchez<sup>2</sup>, A. Pérez Vasquez<sup>3</sup>, R. Mata<sup>3</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

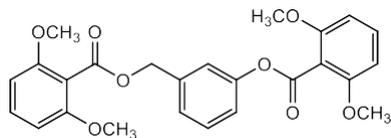
<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería- Universidad Veracruzana Campus Iztaczoquitlan-Veracruz México

<sup>3</sup>Departamento de Farmacia, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

E-mail: [araespinoza@uv.mx](mailto:araespinoza@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la corrosión en tuberías y equipos que almacenan, transportan o procesan hidrocarburos es de gran interés para la comunidad científica debido a las pérdidas económicas y físicas que tienen en las industrias petroquímicas. Los inhibidores de corrosión son sustancias químicas que, añadidas en concentraciones pequeñas al medio corrosivo, actúan en la interfase metal-solución, disminuyendo sensiblemente la velocidad de corrosión del material metálico, produciendo un retardo en el proceso de corrosión, modificando el estado superficial del material metálico [1]. Por lo tanto, el objetivo principal es evaluar al 3'-(2'',6''-dimethoxybenzoyl)-benzyl 2,6-dimethoxybenzoate (RM4) su capacidad como agente inhibidor de la corrosión mediante técnicas electroquímicas con la finalidad de determinar una nueva alternativa de inhibidor del fenómeno de la corrosión (Figura 1).



3

**Figura 1.** Inhibidor de corrosión a evaluar.

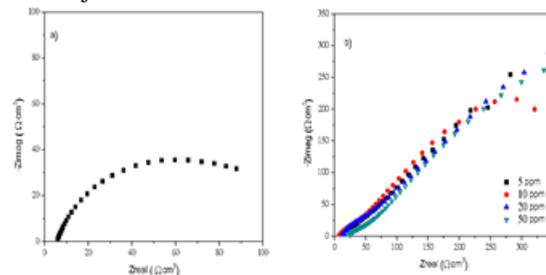
### 2. METODOLOGÍA

La preparación superficial de la probeta de acero API 5L X70 fue realizada a través de la norma ASTM G1-03. El cloruro de sodio al 3 % se preparó para su aplicación como medio corrosivo. El inhibidor RM4 se disoció en base alcohol etílico para su preparación. Para la evaluación del comportamiento del inhibidor fue utilizada una celda convencional de tres electrodos,

con un electrodo auxiliar de grafito, un electrodo de referencia de Ag/AgCl y el electrodo de trabajo la probeta del acero API 5L X70. Las técnicas electroquímicas empleadas fueron las siguientes: Potencial de circuito abierto (OCP), Curvas de polarización (CP) y Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS).

### 3. RESULTADOS

Los diagramas de Nyquist muestran que el RM4 protege la superficie metálica del acero API 5L X70 desde bajas concentraciones.



**Figura 2.** Diagrama de Nyquist para el acero API 5L X70 a las diferentes concentraciones del inhibidor RM4.

### 4. CONCLUSIONES

Los valores obtenidos mediante la espectroscopía de impedancia electroquímica determinan que la concentración de 20 ppm demostró el mejor comportamiento de inhibición a la corrosión.

### 5. REFERENCIAS

[1] R. Fernández, et al., *Corrosión*, p. 73, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia (2018).

# Métodos de análisis en el dominio tiempo-frecuencia con la técnica de electroquímico en distintas aleaciones

Presentación Póster

J. M. Jáquez Muñoz, C. Gaona Tiburcio, C. Martínez R., F. H. Estupiñán López, J. A. Cabral Miramontes, M. R. Lara Banda, F. Almeraya Calderón \*

Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica

E-mail: [falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com](mailto:falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

La técnica de Ruido Electroquímico (RE) ha sido empleada para caracterizar el comportamiento ante la corrosión de diversas aleaciones y recubrimientos. La técnica de RE es muy versátil en sus análisis, ya que puede ser analizada en el dominio del tiempo con el estudio de las series de tiempo (visual) y análisis estadístico. Con el análisis de la frecuencia se estudia el comportamiento de la densidad de potencia espectral y con el de tiempo-frecuencia se aplican métodos de transformada de wavelets y Hilbert-Huang. Además, en sistemas caóticos se utilizan los mapas de recurrencia. Sin embargo, no se ha determinado un método en específico para garantizar el cálculo de cinética y tipo de corrosión 100% efectivo. El objetivo de esta investigación es encontrar que métodos son más efectivos para cada tipo de sistema de corrosión empleando distintas aleaciones [1-3]

## 2. METODOLOGÍA

Se utilizaron las aleaciones Al6061, Al2024, Al2055, Ti CP2, Ti-6Al-4V, AISI 1018, Custom 450, AM350, 304 y 316 lijados hasta grado 800 SiC. Se tomaron 4096 datos a una velocidad de 1 dato cada 0.5 segundos. La prueba de ruido electroquímico se basó en la norma ASTM-G199. Los medios empleados fueron NaCl H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 3.5%.

## 3. RESULTADOS

Los resultados mostraron que los mapas de recurrencia ayudaron a determinar el tipo de corrosión basándose en el cálculo del determinos, pero en algunos sistemas pasivos es necesario analizar otros parámetros de los mapas de recurrencia. Además, métodos como la dispersión de energía de Wavelets es de gran ayuda para determinar el tipo de corrosión así sea en sistemas pasivos, sin embargo, no brinda información sobre la cinética de corrosión.

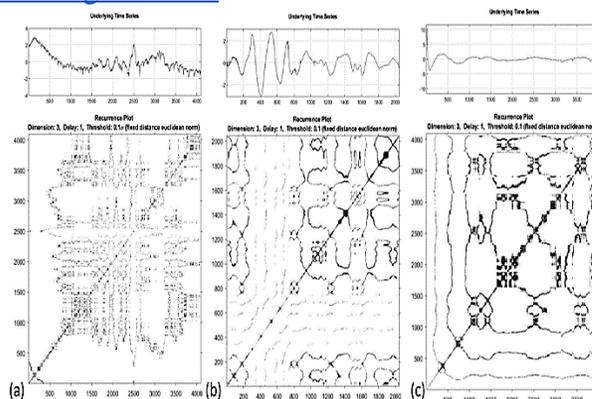


Figura 1. Mapas de recurrencia de (a) Al-2024, (b) AISI 1018 y Ti-6Al-4V expuestos en NaCl al 3.5%.

## 4. CONCLUSIONES

El análisis por wavelet ayuda a determinar el tipo de corrosión de una manera más simple que los demás métodos, pero no ayuda para calcular la cinética de corrosión.

## 5. REFERENCIAS

- [1] E. Garcia-Ochoa, F. Corvo, *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surface*, **51**, 716 (2015).
- [2] D. Valavanis, D. Spanoudaki, C. Gkili, D Sazou, *Chaos*, 85708 (2018).
- [3] S. Saini, J. Banerjee, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **204**, 108758 (2021).

## Estudio electroquímico de la pasivación de los aceros AISI 1018 inmersos en hormigones ternarios expuestos en un medio marino artificial

### Presentación Póster

A. J. García Pérez<sup>1\*</sup>, A. E. Landa Gómez<sup>2</sup>, G. Fajardo San Miguel<sup>3</sup>, E. Mejía<sup>4</sup>, R. Orozco Cruz<sup>1</sup>,  
R. Galván Martínez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>2</sup>Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

<sup>4</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México.

Email: [zs21023448@estudiantes.uv.mx](mailto:zs21023448@estudiantes.uv.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Las estructuras de hormigón armado son una de las más utilizadas por la humanidad. Sin embargo, el acero embebido en el hormigón no está exento de la corrosión, debido a que es el proceso electroquímico que lo degrada [3]. En términos iniciales, el acero que está inmerso en una matriz cementante tiende a pasivarse debido a la alcalinidad del medio acuoso. No obstante, esa pasivación se pierde si agentes externos “agresivos” como los iones cloruro (Cl<sup>-</sup>) difunden a través del concreto y promueven la fractura de la película pasiva acelerando el proceso de corrosión que, a la postre, ocasionó la reducción de la vida útil de las ECR por la pérdida de las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad [3].

## METODOLOGÍA

Se fabricaron sistemas acero-hormigón ternario, compuestos por acero AISI 1018 (AC) embebidos en hormigones ternarios con relación agua/cemento de 0.45, con sustituciones parciales del 10, 20 y 30% al cemento portland ordinario (CPO) por ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y ceniza volante (CV). Se utilizó la técnica de ruido electroquímico (RE) para la evaluación de la película pasiva durante las primeras 24 h.

## 2. RESULTADOS

En la figura 1, se presentan los resultados de  $E_{\text{corr}}$  de los sistemas acero-hormigón ternario en un periodo de evaluación de 24 horas.

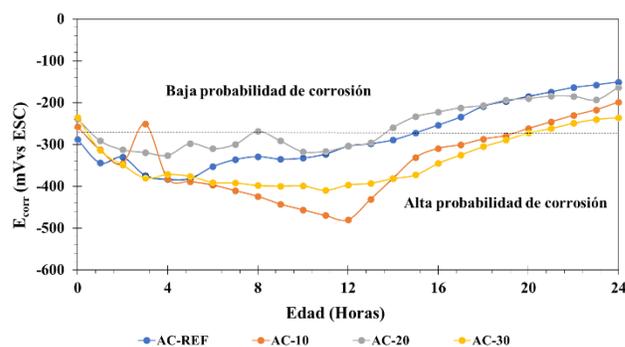


Figura 1.  $E_{\text{corr}}$  de los sistemas acero-hormigón ternario.

## 3. CONCLUSIONES

Se observó que el  $E_{\text{corr}}$  de los sistemas acero-hormigón ternario en las primeras horas evolucionó a valores más electronegativos, asociados a las reacciones de óxido-reducción. Posteriormente, presentaron un punto de inflexión con tendencia a potenciales más electropositivos, donde se identificó que el sistema AC-M3 evolucionó el  $E_{\text{corr}}$  a una zona de pasivación en un lapso de 13 h, mientras que el sistemas AC-M1 en 14 h y los sistemas AC-M2 y AC-M4, en un tiempo de 19 h, respectivamente.

## 4. REFERENCIAS

- [1] R. Chang, K. Goldsby, *Química*, McGraw Hill, México, D.F (2013).
- [2] D. Jones, *Principles and Prevention of Corrosion*, Prentice Hall, New Jersey, USA (1996).
- [3] R. Mejía, *Effect of supplementary cementing materials on the concrete corrosion control*, **39**, 252 (2003).

## Formación de nanotubos de óxido de titanio mediante oxidación anódica y su relación entre diámetro y tiempo

Presentación Póster

L.P. Torres Avila<sup>1</sup>, J. G. Miranda Hernández<sup>1</sup>, P. A. Ruíz Trabolssi<sup>2</sup>, A. Chino Ulloa<sup>2</sup>, E. Hernández Sánchez<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Centro Universitario UAEM Valle de México, Blvd. Universitario s/n Predio San Javier, Atizapán De Zaragoza, C.P. 54500, Estado de México, México.

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, UPIBI, Avenida Acueducto s/n, Barrio La Laguna Ticomán, Zacatenco, C.P. 07340, Ciudad de México, México.

E-mail: [itzelpam\\_9318@hotmail.com](mailto:itzelpam_9318@hotmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

El Titanio y sus aleaciones tienen una gran importancia en aplicaciones biomédicas por su buena biocompatibilidad, alta resistencia específica, bajo módulo de elasticidad y resistencia a la corrosión al generar una capa delgada de óxido protectora. Sin embargo, esta capa lisa protectora puede ser su principal desventaja cuando es utilizado como implante al limitar la adhesión celular. Por lo tanto, este trabajo se concentra en la modificación superficial de este metal, mediante la técnica llamada oxidación anódica. Dicha técnica nos permite la formación de micro/nano estructuras tubulares obteniendo así una capa porosa de óxido de titanio [1,2].

### 2. METODOLOGÍA

En el proceso de oxidación anódica se utilizó un electrolito base etilenglicol (EG) con 0.5% peso de fluoruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{F}$ ) y 1% peso de agua destilada. Las condiciones de experimentación fueron a 60 V con periodos de 10, 20, 30, 40, 50 y 60 min. Se utilizó un electrodo de grafito como cátodo y la pieza de Ti-6Al-4V funcionó como el ánodo, en el cual se lleva a cabo la oxidación.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 podemos apreciar como cambia el diámetro de los nanotubos en relación al tiempo de oxidación. Por otro lado, se observó la topografía mediante microscopio electrónico de barrido donde se encontró una superficie más uniforme a los 60 min con un diámetro de  $53 \pm 6$  nm. Comprobando así que se obtiene una superficie más limpia al aumentar el tiempo de anodizado [3].

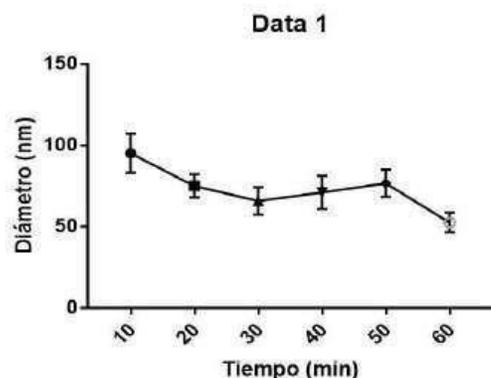


Figura 1. Tendencia del diámetro en relación al tiempo de anodizado.

### 4. CONCLUSIONES

El efecto del tiempo es visible sobre la formación de la matriz de nanotubos con las condiciones experimentales donde la oxidación anódica se produce en un electrolito base etilenglicol el cual contribuye a una mayor población de estas nanoestructuras a diferencia de un electrolito de base acuosa.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Z. Lin, J. Wang, *J Physc Chem C*, **113**, 4026 (2009).
- [2] D. Buser, D. L. Cochran, H. P. Hirt, L. P. Nolte, T. Nydegger, T. Oxland, R. K. Schenk, D. Snetivy, *J Biomed Mater Res*, **45**, 75 (1999).
- [3] L.F.P. Dick, J.M. Macak, P. Schmuki, L.V. Taveira, H. Tsuchiya, *J Electrochem Soc*, **152**, 405 (2005).

## Eficiencia anticorrosiva del acero AISI 316 embebido en concretos ecoamigables sistema CPC-CBCA-HS expuestos a sulfato de magnesio

Presentación Póster

C. Gaona Tiburcio<sup>1</sup>, M. A. Baltazar Zamora<sup>2\*</sup>, B. P. Baltazar García<sup>3</sup>, D. F. Baltazar Zamora<sup>4</sup>, L. Landa Ruiz<sup>2</sup>, C. Méndez<sup>2</sup>, R. Solorzano<sup>5</sup>, F. H. Estupiñan López<sup>1</sup>, F. Almeraya Calderón<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME – CIHA. Av. Universidad S/N.  
Ciudad Universitaria. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana,

Circ. G. Aguirre Beltrán S/N, Lomas del Estadio, Xalapa, Veracruz, México, CP 91000

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería Ambiental-Xalapa, Universidad Veracruzana.

<sup>4</sup>CITRO, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México <sup>5</sup>FIME-Xalapa, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.

E-mail: [mbaltazar@uv.mx](mailto:mbaltazar@uv.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

En las estructuras de concreto reforzado (ECR) se considera a la corrosión del acero de refuerzo como el principal problema del deterioro prematuro, además de los costos económicos y los más graves cuando afectan a la sociedad [1]. Teniendo en cuenta que los agentes agresivos causantes de la corrosión del acero de refuerzo son los cloruros y los sulfatos. Los sulfatos se presentan en suelos contaminados, aguas freáticas y en el agua de mar [2]. Se han desarrollado a nivel mundial estudios para tratar reducir dicho problema, con diferentes propuestas o arreglos experimental desde trabajos in situ y los más utilizados en laboratorio, simulando medios de contacto que deterioran el concreto de diferentes formas, considerando el tipo de fabricación del concreto, tipo de aditivos, materiales puzolánicos como fly ash, escoria de alto horno, etc., así como uso de aceros inoxidables como refuerzo[3]. Por la anterior la presente investigación propone concretos Ecoamigables con el sistema CPC-CBCA-HS reforzados con acero AISI 316, como una excelente opción contra la corrosión por sulfatos.

### 2. METODOLOGÍA

Se elaboraron especímenes de concretos Ecoamigables, reforzados con acero AISI 316 y AISI 1018, los cuales fueron expuestos a una solución al 3.5 de MgSO<sub>4</sub>. Se evaluó la corrosión mediante las técnicas electroquímicas de Potencial de Media Celda, (ASTM C-876-15)[4] y LPR (ASTM G59)[5].

### 3. RESULTADOS

Los resultados de  $E_{corr}$  después de 180 días de exposición indican un 10% de probabilidad de corrosión en el acero AISI 1018 y de incertidumbre en el acero AISI 316 en los 180 días de exposición.

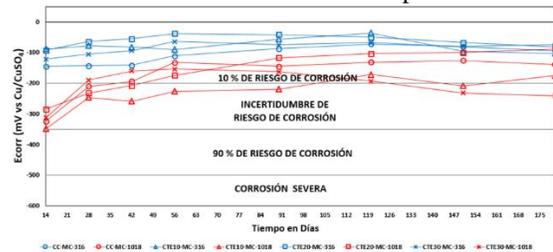


Figura 1.  $E_{corr}$  especímenes en medio control.

### 4. CONCLUSIONES

El mejor desempeño es del Acero AISI 316 embebido en los concretos Ecoamigables, elaborados con el sistema cementante CPC-CBCA-HS, presentando valores de  $I_{corr}$  que indica un nivel de un nivel de corrosión despreciable.

### 5. REFERENCIAS

- [1] L. Landa-Ruiz et al.. *Crystals*. **11**, 1 (2021).
- [2] A. Landa-Sánchez et al.. *Materials (Basel)*. **13**, 1 (2020).
- [3] L. Landa-Ruiz et al. *Applied Sciences*. **11**, 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).

## Influencia del tratamiento de nitruración por plasma en el estudio de corrosión del acero X70 en la solución NS4

Presentación Póster

O. A. González Noriega<sup>1\*</sup>, H. Martínez Valencia<sup>1</sup>, A. Torres Islas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Nacional de México, Facultad de Química, Circuito Universitario, México, D.F. México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos, CIICAp Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa 62209, Cuernavaca Morelos.

E-mail: [ingomarglezn@gmail.com](mailto:ingomarglezn@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

En la industria petrolera, el material comúnmente utilizado en los oleoductos para transporte de petróleo y gas natural son principalmente aceros API 5L, los cuales contienen bajo contenido de carbono (0.08-0.12wt %) y elementos de baja aleación (V, Ti, Nb). La presencia de gases en el medio corrosivo ( $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ ), aumenta su agresividad. La mayoría de fugas enductos son un 53% de fallas son debido a corrosión interna y 12% por corrosión externa. En el caso de corrosión externa depende del grado de agresividad del suelo en el cual las tuberías son enterradas, durante años se han tomado diferentes muestras de suelo para ser analizadas, dando como resultado que el mayor grado de agresión es la solución NS4 [1].

### 2. METODOLOGÍA

Se realizó el cortado, desbastado y pulido de las muestras. El tratamiento de nitruración se llevó a cabo a diferentes tiempos de tratamiento 4, 6, 8 y 10 horas. Se caracterizó inicialmente con espectroscopía de energía dispersiva al material base y material nitrurado. Después se llevó a cabo la caracterización de la capa nitrurada mediante microscopía electrónica de barrido para determinar el espesor de la capa nitrurada, posteriormente se realizaron curvas de polarización al material base y material nitrurado a diferentes tiempos de tratamiento en la solución NS4.

### 3. RESULTADOS

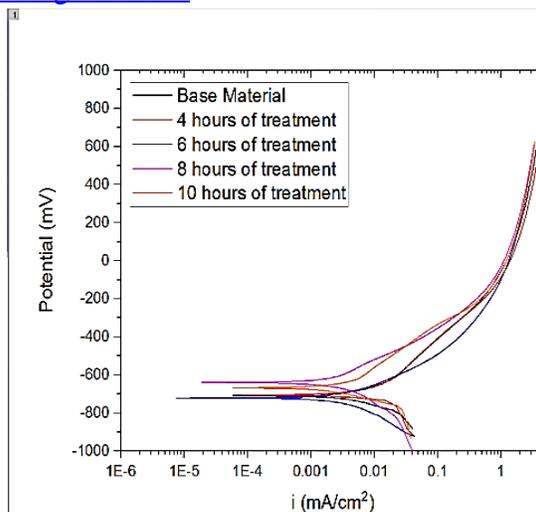


Figura 1. Curvas de polarización del material base y material nitrurado evaluadas en la solución NS4.

### 4. CONCLUSIONES

Mediante EDX se corroboró la correcta formación de la capa de nitruros y respectivas variaciones con respecto a los tiempos de tratamiento.

Por medio de SEM se determinó que el espesor de la capa nitrurada de la muestra de 8 horas la cual tuvo un grosor de 7 nm.

A través de las curvas de polarización se observó como el tratamiento de nitruración por plasma reduce la velocidad de corrosión hasta en un 74% con respecto al material base, siendo 8 horas de tratamiento el tiempo ideal para el material.

### 5. REFERENCIAS

[1] K. M. Mostafijur Rahman, Mohammad Ali Mohtadi-Bonab, Ryan Ouellet and Jerzy Szupunar. *Steel research international* (2019).

## Síntesis de nanotubos de $\text{TiO}_2$ en un disolvente eutéctico profundo para la mejora de la resistencia a la corrosión en una solución de Hanks'

Presentación Póster

I. García Escorza, J. I. Aldana González<sup>1\*</sup>, D. Hernández Pérez<sup>1</sup>, W. Sánchez Ortiz<sup>3</sup>, P. Morales Gil<sup>4</sup>, M. Romero Romo<sup>1</sup>, E. M. Arce Estrada<sup>2</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CDMX, México.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Metalúrgica, ESQIE-IPN, UPALM, CDMX, México.

<sup>3</sup> División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Ecatepec de Morelos, Edo. de Méx.

<sup>4</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Caracterización de Materiales Sintéticos y Naturales, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, CP 07730, CDMX, México.

E-mail: [\\*jiag@azc.uam.mx](mailto:*jiag@azc.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La amplia aplicaciones del Titanio (Ti) en implantes es incuestionable, es por ello que se buscan realizarles modificaciones para mejorar sus propiedades mecánicas, biocompatibles, entre otras[1]. Actualmente los biomateriales tienen una gran importancia en la medicina ya que, restablecen la función y facilitan la curación de las personas después de una lesión o enfermedad [2]. La modificación superficial al generar nanoestructuras a partir del  $\text{TiO}_2$ , ha permitido el estudio sobre el crecimiento de los nanotubos de  $\text{TiO}_2$  y sus aplicaciones.

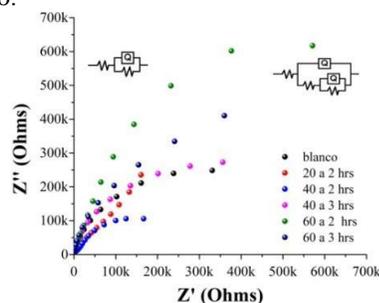
### 2. METODOLOGÍA

Se anodizó a un potencial constante de 20 V en el electrodo de Ti, para la formación de nanotubos y como electrolito un disolvente eutéctico profundo (DES) formado por cloruro de colina y etilenglicol 1:2 M, más 0.5% en w de fluoruro de amonio, con agitación constante a diferentes temperaturas 20, 40 y 60°C, y tiempos de anodizado de 2 y 3 h. Mediante espectroscopia de impedancia electroquímica se estudió la influencia de tiempo y temperatura en la medición de la resistencia en una solución Hanks'.

### 3. RESULTADOS

La evaluación de la resistencia a la corrosión de la formación de los nanotubos mediante anodizado utilizando un DES se muestra en la Figura 1. Presentando dos casos peculiares, para la barra de Ti, se presenta un comportamiento donde se tiene un circuito equivalente de la resistencia de la solución y un arreglo de CPE-R, para la doble capa electroquímica y la transferencia de carga. Para el caso de las muestras

modificadas con el crecimiento de los nanotubos, se agrega un arreglo en paralelo de CPE-R debido a los nanotubos. Donde se observa que para temperaturas por debajo de los 40 °C la resistencia del sistema es menor o igual a la del blanco (Ti), para las muestras de 60 °C se obtienen valores de resistencia mayores, donde también se observa el efecto del tiempo de anodizado.



**Figura 1.** Diagrama de Nyquist obtenidos de la comparación de nanotubos de Ti formados mediante anodizado a temperaturas de 20, 40 y 60°C y tiempos de permanencia de 2 y 3 horas en una solución Hanks' como medio corrosivo.

### 4. CONCLUSIONES

Se determinó la importancia del tiempo y la temperatura para aplicar el anodizado en la formación y crecimiento de los nanotubos de  $\text{TiO}_2$ , permitiendo observarlo mediante la medición de la resistencia del material en un medio corrosivo Hanks'.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Duffo, G. *Materiales y Materias Primas*. **8**, 1 (2011).
- [2] Aldana-González, J., et al., *ECS Meeting Abstracts*. **14**, 989 (2020).

## Inhibidor de la corrosión del acero API 5LX70 empleando antioxidantes naturales en medio ácido

### Presentación Póster

J. I. Aldana González<sup>1\*</sup>, D. Hernández Pérez<sup>1</sup>, N. B. Sánchez Piñón<sup>1</sup>, A. B. Vasilio Brito<sup>1</sup>,  
M. Romero Romo<sup>1</sup>, E. M. Arce Estrada<sup>2</sup>, P. Morales Gil<sup>3</sup>, M. Palomar Pardavé<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, CDMX, México.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Metalúrgica, ESIQIE-IPN, UPALM, CDMX, México.

<sup>3</sup> Instituto Mexicano del Petróleo, Laboratorio de Caracterización de Materiales Sintéticos y Naturales, Eje Central Lázaro Cárdenas 152, CP 07730, CDMX, México.

E-mail: [\\*jiag@azc.uam.mx](mailto:*jiag@azc.uam.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

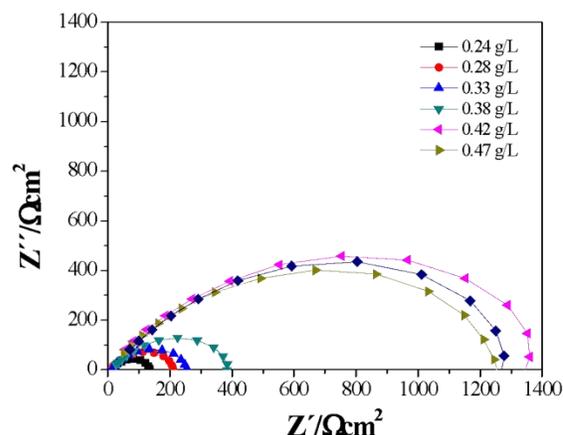
El acero API 5LX52 se emplea típicamente en líneas de transporte de hidrocarburos en el proceso de refinación, poniéndose en contacto con sustancias corrosivas. Debido a este problema, se tienen pérdidas materiales y económicas [1]. Un inhibidor de la corrosión es una sustancia que, agregada en pequeñas concentraciones en el medio corrosivo, disminuye o previene la reacción entre el metal y el medio, produciendo un cierto nivel de protección [2].

### 2. METODOLOGÍA

Se estudió la inhibición de la corrosión del acero API 5L X70, mediante la técnica de EIS en un medio corrosivo de 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y a diferentes concentraciones de los inhibidores, a las cuales se adicionaron directamente al ácido. Se empleó una celda convencional de tres electrodos, utilizando como electrodo de trabajo un acero API 5L X70.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se puede observar un comportamiento típico de un semicírculo durante la electrólisis para este sistema, obtenidas en presencia de diferentes concentraciones de Astaxantina. El semicírculo aumenta a medida que aumenta la concentración del inhibidor, lo que indica que hubo una disminución en la tasa de corrosión en el acero API 5LX52.



**Figura 1.** Diagramas de impedancia electroquímica experimental de Nyquist, para el acero API 5LX52 sumergidos en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.5 M) a diferentes concentraciones de Astaxantina.

### 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se evaluó la Astaxantina como inhibidor de la corrosión en un medio ácido de un acero API 5LX70 y al adicionar en cierta concentración se obtuvo un aumento en la resistencia a la corrosión.

### 5. REFERENCIAS

- [1] International, A., *Corrosion in the Petrochemical Industry*, ASM International (2015).
- [2] V.S Sastri, *Green Corrosion Inhibitors: Theory and Practice*, Wiley (2012).

## Evaluación de la cinética de corrosión de un acero AISI 304 sensitizado en disolventes eutécticos profundos

Presentación **Póster**

J. C. Guadarrama Torres<sup>1</sup>, W. Sanchez Ortiz<sup>1\*</sup>, J. I. Aldana Gonzalez<sup>2</sup>, D. Hernández Pérez<sup>2</sup>, M. E. Palomar Pardavé<sup>2</sup>, M. A. Romero Romo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Mex.

<sup>2</sup>Área de Ingeniería de Materiales, Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana- Azcapotzalco, CDMX.

E-mail: [williamso@tese.edu.mx](mailto:williamso@tese.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es una reacción irreversible de un material con su entorno que da como resultado el consumo del material o la pérdida de un componente del material [1]. Sin embargo, este problema se puede agudecer cuando se someten los aceros inoxidable a altas temperaturas, y generan precipitados que sensibilizan al material al crear regiones de cromo empobrecido, lo que reduce su resistencia a la corrosión [2]. El auge de los disolventes eutécticos profundos (DES) en distintas ramas de la investigación es necesario estudiar las alternativas de almacenamiento para dichos solventes, ya que tendrán gran importancia en el desarrollo industrial y de investigación [3].

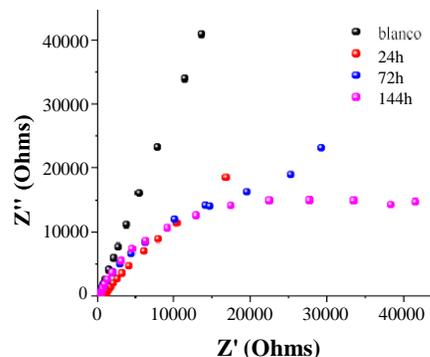
### 2. METODOLOGÍA

Se sensitizó a 600°C en un horno a diferentes tiempos el acero inoxidable AISI 304. Se preparó un DES de Urea (U) y Cloruro de colina (ChCl) y ChCl – Etilenglicol (Et) con una relación molar de 2:1 respectivamente. Para la evaluación electroquímica se utilizó una celda típica de tres electrodos como electrodo de pseudo- referencia un alambre de plata de alta pureza, contra electrodo una barra de grafito y el electrodo de trabajo las muestras sensitizadas de AISI 304, con la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) y los DES como medios corrosivos.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1, se muestran los diagramas de Nyquist para las muestras de acero inoxidable de AISI 304 de cero horas (blanco), 24, 72 y 144 horas. Para el blanco se presenta un comportamiento diferente a las muestras sensitizadas, es decir, para las muestras sensitizadas

presentó resistencias menores que el blanco. Para el blanco solamente un semicírculo con una amplitud superior de las demás muestras, en el caso de las muestras sensitizadas se presentan dos semicírculos acoplados, y conforme el tiempo es mayor se observa claramente.



**Figura 1.** Diagrama Nyquist para diferentes tiempos de sensitizado.

### 4. CONCLUSIONES

Es evidente que el efecto del proceso de sensitizado en el acero AISI 304 en contacto con los DES, tiene un efecto negativo, ya que la resistencia a la corrosión disminuye conforme incrementa el tiempo de sensitización, es por eso que se debe indagar más en el tema.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Stefania, M, Luisella, V, et al., **24**, 48 (2018).
- [2] Sun, L et al., *Corrosion Science*. **185**, 109432 (2021).
- [3] Ahmed, E. I., et al., *Electrochimica Acta*. **397**, 139284 (2021).

## Corrosión en concreto permeable con jal como aditivo mineral

### Presentación Póster

V. P. Correa Castro<sup>1</sup>, F. J. Olgún Coca<sup>1</sup>, I. E. Castañeda Robles<sup>1</sup>, V. Volpi León<sup>1</sup>, A. González de la Fuente<sup>1</sup>, J. Cabral Miramontes<sup>2</sup>, F. Almeraya Calderón<sup>2</sup>, L.D. López León<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Hidalgo 42082, Mexico

<sup>2</sup> FIME-Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIA), Av. Universidad s/n, Ciudad Universitaria, Universidad Autonoma de Nuevo Leon, 66455 San

Nicolás de los Garza, Mexico

E-mail: [\\*olguinc@uaeh.edu.mx](mailto:*olguinc@uaeh.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

La minería ha propiciado grandes acumulaciones de residuos mineros depositados en diversas zonas dentro de la Ciudad de Pachuca de Soto; estos desechos han contaminado el ambiente por muchas generaciones y en la actualidad permanecen sin ninguna utilidad. En este trabajo se busca aprovechar los residuos industriales de la minería (jales), como sustitución del elemento cementante en los sistemas de concreto permeable para compararlos con sistemas convencionales (sin aditivos minerales) y confirmar el beneficio de su utilización en la industria de la construcción. El fenómeno de corrosión en concreto afecta significativamente las características funcionales del concreto tales como la adherencia y resistencia mecánica, además de inducir la formación de agrietamientos y desprendimientos de trozos de concreto, lo que compromete la integridad estructural [1].

### 2. METODOLOGÍA

Se elaboraron especímenes de concreto permeable con distintas dosificaciones de jal (5%, 10% y 15% de material de desecho minero en reemplazo del cemento portland) [2]. Se realizaron pruebas mecánicas a especímenes de concreto permeable. Además se analizó su resistencia a la corrosión mediante potenciales de media celda a especímenes de concreto permeable con varilla de refuerzo expuestos a un medio corrosivo utilizando una cámara de aspersión salina al 5% de NaCl en función del tiempo [3].

### 3. RESULTADOS

Al estudiar los sistemas acero-concreto permeable en función al tiempo de exposición mediante potenciales de media celda, los resultados muestran que los especímenes contaminados con material de desecho

minero (5% y 10%) no sufren un cambio significativo en su potencial ( $\pm 10$  mV) para cada uno de los tiempos evaluados en comparación al sistema de concreto convencional.

### 4. CONCLUSIONES

La interacción de cloruros con el metal se ve aumentada al usar 15% en la dosificación de jal como cementante modificando considerablemente la velocidad de corrosión del sistema. El concreto permeable elaborado con jal como cementante tiene un comportamiento electroquímico y mecánico muy similar a un concreto convencional hasta una dosificación de 10%..

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. Duarte, *Electrochimica Acta*, **124**, 218 (2013).
- [2] L. Zongjin, *Advanced Concrete Technology*, p. 79, John Wiley&Sons, New Jersey (2011).
- [3] ASTM B117 Standard practice for operating salt spray (Fog) Apparatus.

## Caracterización electroquímica de películas híbridas de recubrimiento de mucilagos en películas de aluminio

### Presentación Póster

L. D. López León<sup>1</sup>, W. Sánchez Ortiz<sup>2</sup>, A. Lobo Guerrero<sup>1</sup>, J. A. Ruiz Ochoa<sup>3</sup>, L. Lizárraga Mendiola<sup>1</sup>, I. Castañeda Robles<sup>1</sup>, F. J. Olguin Coca<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Cuerpo Académico de Ingeniería Civil Sustentable y Tecnología de Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo km 4.5, 42184, Mineral de la Reforma, Mexico

<sup>2</sup>División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Av. Tecnológico S/N, 55210, Ecatepec, Mexico

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología. Universidad Autónoma de Baja California. Blvd Universitario 1000, Unidad Valle de las Palmas, 22260 Tijuana, Baja California, Mexico

E-mail: [olguinc@uaeh.edu.mx](mailto:olguinc@uaeh.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la corrosión tiene importantes consecuencias que se pueden desglosar en dos grandes áreas: a) Costes económicos: los costes directos se estiman en un 3,5% del producto interior bruto (PIB) per cápita, además de paradas de producción, fugas, contaminación de productos y la aplicación de coeficientes de seguridad como costes indirectos. Se considera que se pueden obtener ahorros de entre un 20% y un 30% si se aplica adecuadamente la tecnología existente para el control de la corrosión y los métodos de protección [1–3]. El aluminio es uno de los materiales más utilizados en construcciones industriales ligeras [4]. La corrosión inducida por cloruros es una de las causas más comunes de la degradación de estructuras metálicas. Cualquier nueva alternativa de mitigación debe ser efectiva en varias de estas etapas del proceso. De manera similar, los métodos para retardar el inicio de la corrosión reducen las tasas de corrosión, como los inhibidores de corrosión electroquímicos diseñados, y podrían implementarse para permitir cambios funcionales en toda la interfaz de aluminio [5, 6]

### 2. METODOLOGÍA

Este trabajo se basa en un estudio sobre el comportamiento de recubrimientos híbridos orgánico-inorgánicos, utilizando mucílago y tuna cochinilla sobre aluminio como barrera protectora contra la corrosión por cloruros. El proceso experimental consistió en preparar una superficie metálica a recubrir y un blanco; obtención y caracterización de mucílago y grana cochinilla a partir del nopal; formulación de los recubrimientos, aplicación, evaluación y análisis del

recubrimiento sobre la superficie de aluminio en una solución rica en iones cloruro. Se utilizó un electrodo de aluminio con un porcentaje de pureza del 99%, con una superficie expuesta de 1 cm<sup>2</sup>. Se pulió con papel abrasivo CSi de tamaño de grano creciente hasta #320, se enjuagó primero con agua destilada y luego con alcohol metílico, y se secó con corriente de aire. Este procedimiento se realizó previo al recubrimiento por inmersión de la superficie metálica, posterior secado del recubrimiento al ambiente durante 72 h, y posterior ensayo electroquímico.

### 3. RESULTADOS

Se midió la curva de polarización para examinar la cinética de corrosión de las muestras de aluminio en un 3,5% en peso. Solución de NaCl, en ausencia y presencia de recubrimientos. La Figura 1 presenta las curvas de polarización de las muestras de Al (muestra sin recubrir, en blanco), CM, CMC y CMC-T a 298 K. Los parámetros electroquímicos obtenidos por el análisis Tafel. Puede verse que la adición de CM, CMC y CMC-T cambió notablemente la pendiente de las curvas de polarización en la figura 1. Es decir, las reacciones de oxidación-reducción están restringidas al incorporar los recubrimientos de CM, CMC y CMC-T en la solución de NaCl. Este efecto implica que los recubrimientos dificultan las reacciones de desprendimiento de hidrógeno. Sin embargo, los fenómenos de supresión de CM, CMC y CMC-T también se transfieren a la zona catódica, lo que indica que las reacciones de oxidación-reducción están bloqueadas en los recubrimientos. Los recubrimientos CMC y CMC-T muestran una reducción más significativa en los potenciales de corrosión, E<sub>corr</sub>, especialmente para CMC.

# Desempeño de tres sistemas anódicos en la protección catódica del acero de refuerzo en concreto contaminado con NaCl

Presentación Póster

F. Llanes Leyva, C. P. Barrios Durstewitz\*, R. E. Núñez Jaquez, S. K. Luna Arellanes, M. A. López

Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Fuente de Poseidón y Prol. Ángel Flores S/N, C. U., C.P. 8223, Los Mochis, Sinaloa, México.

E-mail: [durstewitz@uas.edu.mx](mailto:durstewitz@uas.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La corrosión provoca en el acero modificaciones en sus propiedades tanto físicas como químicas, disminuyendo su vida útil. El concreto reforzado es uno de los métodos más comunes para la construcción civil, sin embargo, el acero de refuerzo ha sido víctima de los ataques de la corrosión, por lo que, en los últimos años se ha aumentado el uso de la protección catódica [1]. La Protección Catódica por Corriente Impresa (PCCI) se basa en el uso de un ánodo inerte y la impresión de una corriente en la superficie del cátodo utilizando una fuente de corriente continua externa [2], donde los ánodos para PCCI deben ser buenos conductores eléctricos, tener una baja velocidad de corrosión y ser capaces de tolerar altas corrientes sin formar capas de óxido resistivas [3]. El objetivo de esta investigación es evaluar el desempeño de dos sistemas anódicos: mortero (MC) y pintura conductores PC, para aplicarse en la PCCI del acero de refuerzo en concreto. Es difícil proteger contra la corrosión de las varillas con protección catódica debido a la alta resistividad del hormigón, y una capa de hormigón debe ser suficientemente conductora para pasar la corriente de protección catódica desde el ánodo a la barra de refuerzo [4].

## 2. METODOLOGÍA

Se fabricaron probetas de concreto reforzado (dos varillas de acero) con dimensiones de 55 x 15 x 8 cm, sobre una de las caras se instaló cada uno de los sistemas anódicos (MC y PC)

Para la Protección Catódica por Corriente Impresa se aplicó una densidad de corriente de 200 mA/m<sup>2</sup> durante un periodo de 82 días, en el cual se monitorean los potenciales catódicos polarizados, potenciales anódicos polarizados y densidades de corriente.

## 3. RESULTADOS

De acuerdo con las gráficas de potenciales anódicos polarizados, los sistemas anódicos de mortero conductor (MC) y pintura conductora (PC) mantienen

un comportamiento constante, indicando que el sistema anódico mantiene la reacción de oxidación sin deteriorar el material del que está compuesto

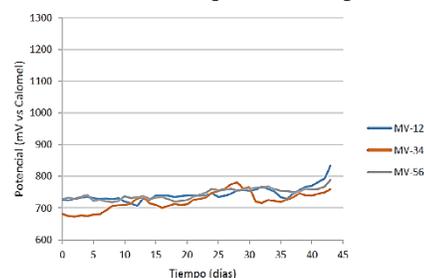


Figura 1. Potenciales anódicos de MC.

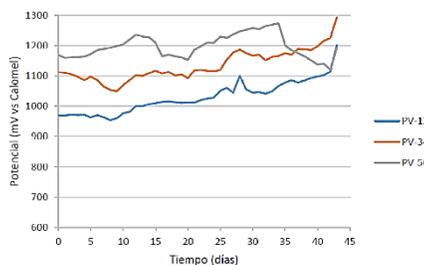


Figura 2. Potenciales anódicos de PC.

## 4. CONCLUSIONES

Los dos sistemas anódicos evaluados presentaron un comportamiento estable en los valores de potencial anódico durante el tiempo de evaluación sometidos a una densidad de corriente de 200 mA/m<sup>2</sup>.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. G. Fontana, *Corrosion Engineering*, 12, McGraw-Hill, Singapore (1987).
- [2] I. Alcocer, F. Almeraya, *Infraestructura de concreto armado: deterioro y opciones de preservación*, 45, imcyc, México, D.F (2001).
- [3] A. Byrne, N. Holmes, *Magazine of Concrete Research*, **68**, 627 (2015).
- [4] F. Lotillini, E. Readaeli, L. Bertoloni, *Materials and Corrosion*, **63**, 1059 (2012).

# Comportamiento anódico de pastas de cemento con fibra de carbono

## Presentación Póster

C. P. Barrios Durstewitz\*, R. E. Núñez Jaquez, M. A. López

Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Fuente de Poseidón y Prol.  
Ángel Flores S/N Fracc. Las Fuentes, C.U. Los Mochis, Sinaloa, México.

E-mail: [durstewitz@uas.edu.mx](mailto:durstewitz@uas.edu.mx)

| 332

## 1. INTRODUCCIÓN

El uso de técnicas electroquímicas se ha presentado como una opción para el control de la corrosión del acero de refuerzo en concreto: protección catódica, realcalinización y extracción electroquímica [1]. Estas técnicas se caracterizan por aplicar una polarización catódica al acero de refuerzo. Los materiales anódicos que generalmente se emplean para esta aplicación son: zinc termo-rociado, mallas de titanio activado y pinturas conductoras [2], dichos materiales presentan ciertas desventajas y alto costo, por ello se ha propuesto el empleo de materiales base cemento conductores (PCC) como ánodos debido al bajo costo de los materiales y mejor compatibilidad con el concreto [3]. En los materiales cementantes conductores, la conductividad eléctrica se da mediante la adición de fibras conductoras como las de carbono en la mezcla. Por otro lado se ha observado que la respuesta electroquímica de materiales de carbón y grafito se puede incrementar a través de la oxidación térmica, química o electroquímica de la fibra de carbono [4]. El objetivo del presente trabajo es evaluar el desempeño como ánodo de pastas de cemento con fibras de carbono (FC) tratadas superficialmente (TS) de forma química y térmica.

## 2. METODOLOGÍA

Se aplicaron diferentes TS a la FC por inmersión en  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $NaOH$  y tratamiento Térmico a  $500\text{ }^\circ\text{C}$ . Mediante espectroscopia de infrarrojo (FT-IR) y voltametría cíclica (VC) se verificó la oxidación de las fibras comparando en cada caso con la FC sin tratamiento (natural). Se elaboraron especímenes cilíndricos de pasta de cemento con las fibras tratadas superficialmente considerando dos proporciones de FC (0.6% y 1% en vol.), como electrodo primario se empleó una barra de grafito inmersa en cada espécimen, posterior al curado por inmersión (28 días) el comportamiento anódico de las pasta se evaluó mediante una prueba potencioestática aplicando tres niveles de densidad de corriente inicial ( $100$  y  $500\text{ mA/m}^2$  y  $1\text{ A/m}^2$ ) y manteniendo el voltaje de salida de la fuente constante por un tiempo de 220 días, durante

el cual se midió periódicamente el potencial vs. electrodo de calomel y la demanda de corriente. Como electrolito se empleó una solución de  $Ca(OH)_2$  saturada y como cátodo una lámina de acero inoxidable. Se determinó la conductividad eléctrica decada una de las pastas al final del tratamiento galvanostático por el método de cuatro puntas.

## 3. RESULTADOS

Los resultados de FT-IR y VC realizado a las fibras tratadas, verificaron en todos los casos, la formación de grupos funcionales de oxígeno sobre carbono. El comportamiento anódico de las pastas con fibra tratada en general mostró un incremento del potencial y una disminución de la densidad de corriente hasta los 30 días, posterior a este tiempo tendieron a estabilizarse los valores, este comportamiento se atribuye a la descomposición de la PCC en la interface PCC-FC, lo anterior se corrobora por la disminución en dos órdenes de magnitud de la conductividad eléctrica.

## 4. CONCLUSIONES

El comportamiento anódico de las PCC con FC tratadas de forma química no mostró una diferencia apreciable entre las sustancias de oxidación ( $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ,  $NaOH$ ) empleadas. Pero si hubo una mejor respuesta en base a la proporción de FC, teniendo una demanda de corriente más estable las que contenían 0.6% de FC en vol.

## 5. REFERENCIAS

- [1] A. Pérez, M. A. Climent, and P. Garcés, *Corros. Sci.*, **52**, 1576 (2010).
- [2] H. Sun, L. Wei, M. Zhu, N. Han, J. Zhu, F. Xing, *Construction and Building Materials*, **112**, 538 (2016).
- [3] J. Xu, W. Yao, *Construction and Building Materials*, **25**, 2655 (2011).
- [4] C. A. Frysz, X. Shui, D.D.L. Chung, *Carbon*, **32**, 1499 (1994).

# Corrosión de arcos ortodónticos de NiTi en saliva artificial y enjuagues bucales fluorados

Presentación Póster

A. E. Cueva Bustillos<sup>1,2</sup>, M. Montero Jiménez, S. Macías<sup>2</sup>, P. Espinoza Montero<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ciencias Químicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito 170525, Ecuador

<sup>2</sup>Facultad de Odontología, Universidad Central del Ecuador, Quito 170129, Ecuador

E-mail: [andreacueva\\_93@hotmail.com](mailto:andreacueva_93@hotmail.com); [pespinoza646@puce.edu.ec](mailto:pespinoza646@puce.edu.ec)\*

| 333

## 1. INTRODUCCIÓN

En ortodoncia se emplea varios tipos de aleaciones para el movimiento dental, entre ellas la de NiTi por sus propiedades de flexibilidad y dureza durante el tratamiento ortodóntico. [1]. Sin embargo, en la cavidad bucal, este material está expuesto a fluidos y sustancias de la dieta e higiene diaria las cuales puede ocasionar fenómenos de corrosión que afectan su estructura, y además los metales liberados pueden ocasionar efectos adversos en la salud. [1,2].

Se propone estudiar la corrosión ocasionada por cuatro marcas de enjuagues bucales que contengan fluoruros mediante pruebas electroquímicas y microscopía electrónica de barrido (SEM, por sus siglas en inglés).

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó por triplicado los experimentos, se utilizó tres marcas de arcos ortodónticos clásicos American Orthodontics, termoactivados Forestadent y Súper elásticos 3M; y 4 enjuagues bucales, tres de ellos sin alcohol: Blendax Multiacción, Colgate Plax Soft Mint, Encident Brackets, y uno con alcohol, Listerine Pro-encías. En todos los casos, se realizó un estudio de la corrosión mediante curvas de polarización, se analizó la pérdida de iones de Ni(II) mediante absorción atómica. El análisis de la morfología superficial se realizó en un microscopio electrónico de barrido.

## 3. RESULTADOS

Los arcos clásicos American Orthodontics y Súper elásticos 3M fueron más afectadas por el enjuague bucal Encident Brackets, mientras que los arcos Forestadent termoactivados presentaron más corrosión con el enjuague Colgate Plax Soft Mint.

**Tabla 1.** Efecto corrosivo de los diferentes enjuagues bucales y saliva artificial en los arcos American Orthodontics, Foresta dent, 3M.

Arco Ortodóntico	Disolución	Corrosión mm/año
American Orthodontics	Colgate Plax Soft Mint	0.168
	Listerine Pro-encías	0.17
	Saliva	0.173
	Blendax Multi acción	0.176
	Encident Brackets	0.178
Foresta Dent	Saliva	0.156
	Blendax Multiacción	0.159
	Encident Brackets	0.16
	Listerine Pro-encías	0.16
	Colgate Plax Soft Mint	0.161
3M	Saliva	0.296
	Blendax Multiacción	0.302
	Encident Brackets	0.305
	Listerine Pro-encías	0.303
	Colgate Plax Soft Mint	0.306

## 4. CONCLUSIONES

Las marcas se afectan de diferente forma en cuanto a valores de corrosión, pérdida de peso, liberación de iones de Níquel y cambios en la morfología. Donde se descata que la marca 3M sufre la mayor afectación en diferentes medios.

## 5. REFERENCIAS

[1] A. Paredes, R. Ortiz, G. Velazco, D. Rojas, *Revista Europea de Odontología*. **3**, 12 (2016).



XXXVII CONGRESO NACIONAL DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA  
-----  
15th MEETING OF THE MEXICAN SECTION OF  
THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY



## DIVISIÓN 7.

# CONVERSIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA (CAE)

# Explorando el desempeño de los pentacianoferratos de níquel como cátodos en supercapaterias de hidrógeno y de potasio

## Presentación Oral

G. Hernández Cortés<sup>1\*</sup>, J. Diaz Gongora, P. Acevedo Peña<sup>2</sup>, E. Reguera<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> LNCAE, CICATA, IPN, Cal. Legaria No. 694, Col. Irrigación, CDMX, C.P. 11500, México

<sup>2</sup> CONACyT- IPN, CICATA Legaria, Cal. Legaria No. 694, Col. Irrigación, CDMX, C.P. 11500, México

E-mail: [ghciqi@gmail.com](mailto:ghciqi@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los pentacianoferratos rara vez se utilizan fuera de la química analítica o la bioinorgánica [1], sin embargo, estos complejos de Fe(II) poseen características que los convierten en una excelente alternativa a los hexacianoferratos convencionales [2]. dado que el potencial redox del par Fe(III) / Fe(II) puede oscilar entre 0.2 v y 1.2 v vs SHE al sustituir el sexto ligante con heterociclos de diferente basicidad [1]; esta característica nos permite modular las propiedades redox de los materiales obtenidos para su aplicación en el almacenamiento electroquímico de energía, ofreciendo una ventaja al diseñar sólidos con las características electroquímicas necesarias en diferentes aplicaciones energéticas y ambientales [3].

## 2. METODOLOGÍA

Decidimos explorar la posibilidad de su uso y modificación para:

- I. Mejorar la cristalinidad para facilitar el transporte de iones durante el almacenamiento de energía, debido a que esta familia tiene un gran desorden en su estructural, ocasionado por la presencia del sexto ligante.
- II. Modular la densidad de carga en metal externo para controlar los procesos electrocatalíticos.
- III. Desarrollar un dispositivo para la desalinización con poco consumo energético y alta estabilidad.

## 3. RESULTADOS

Las características estructurales de los NiPCF preparados aquí se caracterizaron usando TGA, ATR-FTIR y XRD, y las propiedades electroquímicas se evaluaron en una celda convencional de tres electrodos usando voltamperometría cíclica, curvas de carga-descarga galvanostática y espectroscopía de impedancia electroquímica. Finalmente, se ensamblaron y caracterizaron dos supercapaterias, una en una solución neutra que contiene ion  $K^+$  y la otra en

electrolito  $H_2SO_4$  2M, el desempeño de los materiales y los dispositivos se discutirá en el seminario.

## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo se explora el impacto de la cristalinidad en la velocidad y la capacidad de almacenamiento de energía en los pentacianoferratos de níquel. Por medio de las tres rutas seleccionadas para mejorar la cristalinidad del NiPCF (dado que normalmente presenta una baja cristalinidad al obtenerlo por precipitación química directa) se busca que las vacantes dentro de la estructura de PCF se ordenen pues estas al ser periódicas pueden ir del 30% al 50% dentro de la estructura sin que esta colapse, lo que proporciona un material poroso con agua coordinada, cuando el bloque molecular  $[Fe(CN)_5]^{3-}$  está ausente y el agua descoordinada entra en el espacio intersticial.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. A. Olabe, *Advances in Inorganic Chemistry*, **55**, 61 (2004).
- [2] P. Nie, L. Shen, H. Luo, B. Ding, G. Xu, J. Wang, and X. Zhang *Journal of Materials Chemistry A*, **16**, 5852 (2014).
- [3] G. Wang, L. Zhang and J. Zhang, *Chem. Soc. Rev.*, 797 (2012).

## Mejoramiento del almacenamiento electroquímico de iones $Zn^{2+}$ en $VO_x$ mediante exfoliación e incorporación de rGO

### Presentación Oral

E. A. Quintanilla-Serrano<sup>1,2</sup>, P. Acevedo Peña<sup>2,3</sup>, J. A. I. Díaz Góngora, E. Reguera Ruíz<sup>2,3</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Química, UNAM, C.U., CDMX.

<sup>2</sup>LNCAE, CICATA-Legaria, I.P.N, CDMX.

<sup>3</sup>CONACyT-CICATA-Legaria, LNCAE, I.P.N, CDMX.

E-mail: [arturimoral@gmail.com](mailto:arturimoral@gmail.com)

| 336

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los últimos años el desarrollo de alternativas a las baterías de ion litio han tenido un auge sobresaliente, entre estas alternativas se encuentran las baterías de ion zinc que, entre sus características se encuentran el ser de bajo costo, seguras en medio acuoso y de un bajo impacto ambiental, aunado a esto, el desarrollo de materiales para cátodo que reflejen una buena sinérgia con este tipo de baterías ha sido un reto a superar dada la amplia gama que existe hoy en día de dichos materiales, entre ellos, aquellos a base vanadio en forma de óxidos laminares han demostrado ser una de las mejores alternativas, siendo el vanadio un elemento multivalente y de una capacidad conductora no tan baja; las capacidades específicas, retención de la capacidad y estabilidad que entregan estos materiales es alta lo cual es ideal en el desarrollo de este tipo de baterías. Además, la versatilidad de estos materiales para ser optimizados mediante la intercalación de moléculas orgánicas o el acoplamiento de materiales carbonosos que potencien su respuesta electroquímica ha elevado la investigación y el desarrollo de estos materiales para electrodo [1].

## 2. METODOLOGÍA

En este trabajo, se propone la síntesis y dos alternativas de modificación a un  $VO_2$  con DMF intercalada con (1) un tratamiento en ultrasonido en una mezcla  $H_2O:EtOH$  1:1 para intercalar moléculas de agua entre sus espacios interlaminares y (2) el acoplamiento de óxido de grafeno reducido químicamente en las láminas mediante tratamiento de ultrasonido para aumentar la conductividad electrónica del material. Los materiales se caracterizaron mediante XRD, Raman, IR, XPS, SEM y técnicas electroquímicas.

## 3. RESULTADOS

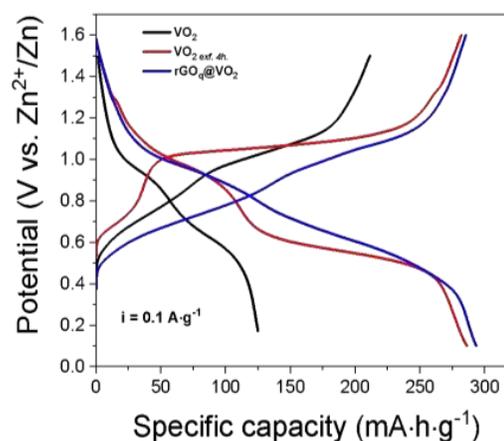


Figura 1. Curvas de carga y descarga ( $i = 0.1 A \cdot g^{-1}$ ) medidas para:  $VO_2$ ,  $VO_x$  y  $rGO_q@VO_x$ .

## 4. CONCLUSIONES

El tratamiento ultrasónico mejoró el rendimiento electroquímico de los materiales. Sin embargo, el aumento no parece estar relacionado con la movilidad de los iones de zinc dentro del sólido, sino con una mayor accesibilidad de los sitios activos para el proceso de almacenamiento lo que causó el aumento de la capacidad de almacenamiento. Por otro lado, la incorporación de  $rGO_q$  disminuyó la resistencia, mejoró la respuesta a altas velocidades e incrementó la eficiencia energética.

## 5. REFERENCIAS

[1] G. Fang, J. Zhou, A. Pan, and S. Liang, *ACS Energy Lett.*, **3**, 10, 2480 (2018).

# Importancia del almacenamiento de energía electroquímica: baterías y supercaps

Presentación Oral

R. M. Torresi

Depto. Química Fundamental, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, Av. Prof. Lineu Prestes 748, 05508-000 São Paulo, Brasil.

E-mail: [rtorresi@iq.usp.br](mailto:rtorresi@iq.usp.br)

| 337

## 1. INTRODUCCIÓN

Recientemente, en los últimos 10 años, se ha producido un cambio de paradigma con una expansión de AEE a sistemas a gran escala provocado por el desarrollo de fuentes renovables, como la energía eólica y solar, la estabilización de la red de distribución eléctrica y los vehículos eléctricos. Gran parte del desarrollo se ha dirigido hacia las baterías de iones de litio, pero también ha habido un interés significativo más allá de las tecnologías de litio, incluidas las baterías de litio/oxígeno, litio/azufre, iones de sodio, magnesio y supercapacitores.

En esta presentación se analizarán los resultados de diferentes materiales de electrodos y electrolitos. También se presenta al final una discusión de impacto futuro de baterías en el uso sustentable de energía.

## 2. METODOLOGÍA

El estudio del comportamiento electroquímico de los electrodos positivos se realizó mediante espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) a diferentes estados de carga y descarga, voltamperometría cíclica (CV) y ciclos galvanostáticos de carga y descarga (GCD). En este sentido, las pruebas electroquímicas se realizaron empleando un electrolito comercial (LP30). Además, el uso de un líquido iónico como electrolito que contiene una sal de litio.

## 3. RESULTADOS

El grafeno dopado tipo n mejora la conductividad entre las nanopartículas de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ [1], lo que permite un proceso de transferencia de carga más rápido que el de magnetita pura, así como el aumento de la porosidad en el compuesto híbrido.

$\text{Li}_x\text{Mn}_{1.8}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_4$ @Grafeno como material de electrodo positivo para aplicaciones de baterías de iones de litio[2]. En este trabajo, realizamos experimentos de capacidad de velocidad a diferentes temperaturas, demostrando obtener la mejor respuesta a 40 °C con una capacidad específica notable de 117  $\text{mAhg}^{-1}$  a una densidad de corriente aplicada de 1 C.

## 4. DISCUSIÓN

A partir de los resultados electroquímicos determinamos que los materiales híbridos presentan una mejora en la conductividad y una mejora de los procesos de transferencia de carga (asociado con la reacción de conversión de la magnetita).

Finalmente, las propiedades electroquímicas del electrodo de  $\text{Li}_x\text{Mn}_{1.8}\text{Ti}_{0.2}\text{O}_4$ @N estuvieron fuertemente influenciadas por la variación de la temperatura y los cambios consiguientes en las propiedades fisicoquímicas del electrolito basado en IL.

## 5. CONCLUSIONES

La mejora de la conductividad electrónica y el aumento del área activa tiene un impacto positivo aumentando la capacidad de carga de los dos sistemas provocando una disminución de la resistencia de transferencia de carga. El uso de líquidos iónicos como electrolito en el material de alto voltaje muestra que es posible utilizar electrolitos más viscosos que los electrolitos orgánicos.

## 6. REFERENCIAS

- [1] S. Chauque, A. H. Braga, R. V. Gonçalves, L. M. Rossi, R. M. Torresi, *ChemElectroChem*, **7**, 1456 (2020).
- [2] N. Mosquera, F. Bedoya-Lora, V. Vásquez, F. Vásquez, J. Calderón, *J. Appl. Electrochem.*, **51**, 1419 (2021).

# Síntesis de películas delgadas de $\text{BiVO}_4$ utilizando como precursor el reactivo de Dragendorff

Presentación Oral

J. Cárdenas Martínez, J. A. Díaz Real\*

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

E-mail: [jdiaz@cideteq.mx](mailto:jdiaz@cideteq.mx)\*

| 338

## 1. INTRODUCCIÓN

fotocorriente del material. Se observa que la mayor

La obtención de nuevas fuentes de energía se ha convertido en una necesidad debido al incremento en la demanda energética. Una de ellas se basa en la producción de  $\text{H}_2$  y  $\text{O}_2$  a partir del proceso de fotoelectrólisis del agua utilizando luz solar, donde el  $\text{H}_2$  puede ser utilizado como combustible. Sin embargo, se requiere de fotocatalizadores que satisfagan requerimientos como la absorción eficiente de luz solar y promover un rápido transporte de las cargas foto-generadas. Un ejemplo son los vanadatos pues tienen absorción eficiente en el rango de radiaciones visible y tienen una actividad destacada para aplicaciones de producción de energía [1]. En este trabajo se realiza la síntesis del  $\text{BiVO}_4$  mediante la vía electroquímica/hidrotérmica, a diferentes condiciones. Posteriormente, se estudian las películas para observar su comportamiento fisicoquímico y fotoelectroquímico, de las cuales una de ellas presenta características sobresalientes sobre las otras muestras.

fotocorriente es obtenida a  $500^\circ\text{C}$ , con 20 pulsos con  $-0.65\text{ V}$ .

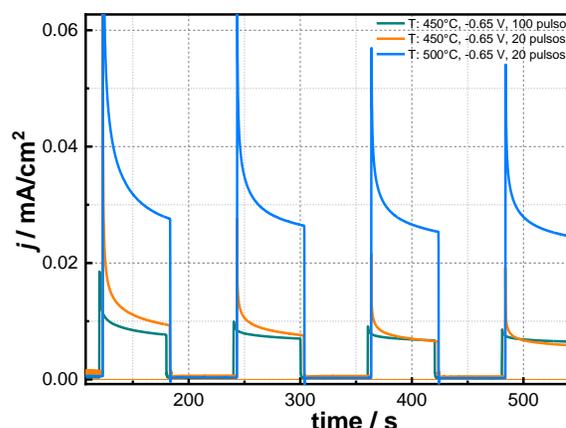


Figura 1. CA de películas de  $\text{BiVO}_4$ .

## 2. METODOLOGÍA

Para la obtención del  $\text{BiVO}_4$ , se realiza un depósito de  $\text{Bi}^{3+}$  mediante electrodeposiciones por pulsos en vidrios eléctricamente conductores (FTO), a diferentes condiciones de potenciales, número, y tiempos de pulsos. Se utiliza el reactivo de Dragendorff como precursor ( $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  0.04 M (pH 1) en KI 0.4 M) [2]. El  $\text{BiVO}_4$  se forma hidrotérmicamente con acetilacetato de vanadilo ( $\text{VO}(\text{acac})_2$ ) a diferentes temperaturas. Se usa un arreglo de tres electrodos, tanto para el depósito como para la caracterización foto-electroquímica de  $\text{BiVO}_4$ , además de emplear iluminación mediante un simulador solar LED (AM 1.5G,  $84.7\text{ mW/cm}^2$ ).

## 3. RESULTADOS

Dentro de las pruebas electroquímicas aplicadas para el estudio de las películas, se usó OCP, barridos cíclicos y lineales, Mott-Schottky, entre otras técnicas. Como ejemplo, la figura 1 muestra unas cronoamperometrías (CA), donde se interrumpe el paso de la luz cada 60 s para poder observar tanto el rendimiento y respuesta de

## 4. CONCLUSIONES

Las mediciones mostraron las condiciones óptimas para la síntesis del material. Asimismo denota que los depósitos presentan estabilidad mecánica, adherencia al sustrato y buen contacto óhmico. La fotoactividad y la característica de un semiconductor tipo-n fueron confirmadas. Las mejores respuestas de fotocorrientes producidas generan más del doble de fotocorriente en comparación a las otras condiciones.

## 5. REFERENCIAS

- [1] T. Iqbal, et al., *Chromium incorporated copper vanadate nano-materials for hydrogen evolution by water splitting*, **11**(5), 1661 (2021).
- [2] D.k. Lee, K.S. Choi, *Enhancing long-term photostability of  $\text{BiVO}_4$  photoanodes for solar water splitting by tuning electrolyte composition*, **3**, 53 (2018).

## Desarrollo de electrocatalizadores tipo óxidos espinelas Ni-Co con defectos superficiales para la electrooxidación de etilenglicol

Presentación Oral

J. A. Suárez Barajas<sup>1</sup>, M. Guerra Balcázar<sup>2</sup>, L. Álvarez Contreras<sup>3</sup>, N. Arjona<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>CIDETEQ S. C., Querétaro, C. P. 76703, México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, C. P. 76010, México

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Chihuahua, C. P. 31136, México

E-mail: [wvelazquez@cideteq.mx](mailto:wvelazquez@cideteq.mx)

| 339

### 1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustibles son dispositivos para la conversión de la energía química de por ejemplo la reacción de oxidación de etilenglicol (ROEG) a energía eléctrica. La investigación hacia ROEG ha estado orientada en modificaciones de electrocatalizadores basados en metales nobles [1]; Sin embargo, los altos costos y su baja estabilidad en medios alcalinos requieren del estudio de materiales más abundantes como electrocatalizadores de tipo espinelas de Cobalto-Níquel ( $Ni_xCo_{2-x}O_4$ ), modificadas superficialmente para modular las propiedades eléctricas, químicas y electroquímicas, con la finalidad de desarrollar electrocatalizadores más activos y durables.

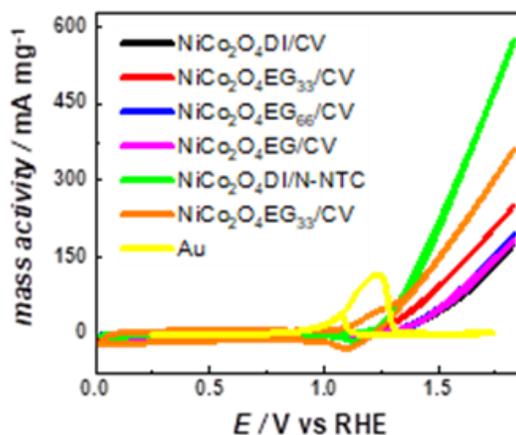
### 2. METODOLOGÍA

Las nanopartículas de cobaltita de níquel se sintetizaron solvotermalmente en medio acuoso, variando la concentración del etilenglicol (EG) como solvente entre 0, 33, 66 y 100%. Posterior al proceso de lavado y secado, el polvo se calcinó obteniendo los óxidos bimetalicos. Las cobaltitas se mezclaron con carbón Vulcan (CV) u óxido de grafeno-nanotubos de carbono dopados con N (N-NTC) para posteriormente fabricar las tintas catalíticas e impregnar sustratos de papel Toray. La evaluación de los co-catalizadores se realizó mediante métodos electroquímicos de oxidación de EG y caracterización fisicoquímica.

### 3. RESULTADOS

Se confirmó la estructura típica de  $Ni_xCo_{2-x}O_4$  mediante XRD, SEM-EDX y TEM. Se corroboró la influencia del EG, el cual ataca químicamente la superficie de la cobaltita durante su síntesis alcalina, modificando las nanobarras (EG 0%) hasta obtener estructuras micrométricas de nanopartículas aglomeradas (EG 100%). En la figura 1, se muestra la actividad catalítica evaluada a 50 °C, donde se observa

que, la modificación superficial permite obtener valores similares a los del Au. Asimismo, se evaluó la estabilidad de los materiales por cronoamperometría.



**Figura 1** Electro-oxidación de 1 M EG en 3 M KOH sobre co-catalizadores de cobaltita de Ni a 50 °C.

### 4. CONCLUSIONES

El material con mejores propiedades electroactivas para la oxidación de EG (EGOR) fue  $Ni_xCo_{2-x}O_4/EG_{33}/N-NTC$ , terminándose el menor sobrepotencial ROEG de las cobaltitas evaluadas, menor RTC y menor EA; atribuidos a un aumento en la defectología superficial manteniendo la estructura de nanofibras. El nitrógeno dopado en el soporte carbonoso interactúa con las bandas de conducción de la cobaltita para aumentar los sitios activos y facilitar la adsorción de especies  $OH^*$  [2].

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. G. D. et al., *ChemElectroChem*, 7(21), 4326 (2020).
- [2] F. Lai et al., *J. Mater. Chem. A*, 7(2), 827 (2019).

## Electrocatalizadores bifuncionales de $\text{MnO}_2$ para celdas AEM

Presentación Oral

I. Cruz Reyes<sup>1</sup>, B. Trujillo Navarrete<sup>2</sup>, M. I. Salazar Gastélum<sup>1,2</sup>, F. Paraguay Delgado<sup>3</sup>,  
R. M. Félix Navarro<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Centro de Graduados e Investigación en Química, Blvd. Alberto Limón Padilla s/n Col. Otay, Tecnológico, Tijuana, BC 22510, México

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Posgrado en Ciencias de la Ingeniería, Blvd. Alberto Limón Padilla s/n Col. Otay Tecnológico, Tijuana, BC 22510, México

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Miguel de Cervantes 120, Chihuahua, Chih 31136, México

E-mail: [rmfelix@tectijuana.mx](mailto:rmfelix@tectijuana.mx) (R.M. Félix-Navarro).

### 1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible (FC) proporcionan una opción factible a los problemas ambientales. Dentro las diferentes tipos de celdas las celdas de combustible de membrana de intercambio aniónico (AEMFC) han sido de gran interés debido al empleo de catalizadores libres de metales del grupo Pt (PGM). La reacción anódica es la reacción de oxidación de hidrógeno (ROH) y la reacción catódica es la reacción de reducción de oxígeno (RRO). Ambas reacciones han sido estudiadas exhaustivamente ya que el mecanismo es un aspecto clave [1]. El  $\text{MnO}_2$  se ha empleado como catalizador para la RRO en medio alcalino, debido a su bajo costo, alta estabilidad y abundancia.

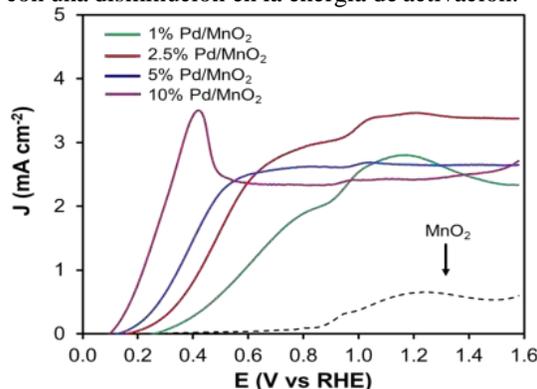
### 2. METODOLOGÍA

La síntesis del  $\text{MnO}_2$  se realizó vía hidrotermal. El decorado con nanopartículas (Nps) de Pd a diferentes cargas (1.0, 2.5, 5.0 y 10%) fue mediante reducción directa. Los materiales fueron caracterizados mediante SEM, EDS, TEM y XRD. Los catalizadores de Pd/ $\text{MnO}_2$  se mezclaron con NTC con el fin de incrementar la conductividad eléctrica. La actividad catalítica para la RRO y ROH se evaluó empleando un electrodo de disco rotatorio de carbón vítreo en condiciones hidrodinámicas (100, 250, 500, 750, 1000 y 1600 rpm).

### 3. RESULTADOS

La actividad catalítica de los materiales para ambas reacciones se evaluó a partir del  $E_0$ ,  $E_{1/2}$  y  $J_{\text{lim}}$ . La Figura 1 muestra los resultados obtenidos para la ROH. Se puede observar que el  $E_0$  y  $E_{1/2}$  disminuyen a medida que la carga de Pd aumenta, lo que se relaciona

con una disminución en la energía de activación.



**Figura 1.** Voltamperogramas de barrido lineal para la ROH en una solución 0.1 M de KOH saturada de  $\text{H}_2$  para los catalizadores a<sup>2</sup> diferentes cargas de Pd.

### 4. CONCLUSIONES

Los materiales de  $\text{MnO}_2$  presentaron un tamaño nanométrico y uniforme. La deposición de las NPs se realizó de forma uniforme con un tamaño de 11 nm sobre el  $\text{MnO}_2$ . Todos los materiales mostraron buena actividad catalítica para la RRO mediante una ruta directa de  $4 e^-$ . En base a los parámetros catalíticos el catalizador de 10% Pd es una buena opción para emplearse como cátodo y ánodo en una AEMFC.

### 5. REFERENCIAS

[1] Gottesfeld, S.; Dekel, D. R.; Page, M.; Bae, C.; Yan, Y.; Zelenay, P.; Kim, Y. S. *J. Power Sources*, 375, 170 (2018).

## Evaluación de ionómeros en las reacciones anódica y catódica de electrolizadores

### Presentación Oral

K. Y. German Nuñez<sup>1</sup>, A. Z. Rubio Roldán<sup>2</sup>, L. J. Salazar Gastélum<sup>2</sup>, S. Pérez Sicairos<sup>2</sup>,  
M. I. Salazar Gastélum<sup>1,2,\*</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Posgrado en Ciencias de la Ingeniería/Blvd. Alberto Limón Padilla s/n, Tijuana, BC, México, CP 22500.

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Centro de Graduados e Investigación en Química/Blvd. Alberto Limón Padilla s/n, Tijuana, BC, México, CP 22500.

E-mail: [moises.salazar@tectijuana.edu.mx](mailto:moises.salazar@tectijuana.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ionómeros son componentes clave en las tecnologías de almacenamiento/conversión de energía electroquímica, como son celdas de combustible, electrolizadores y baterías de metal-aire, ya que se desempeñan como aglutinante físico, aportando estabilidad mecánica al catalizador y al soporte, ejerciendo un papel clave en la frontera de la triple fase. En este trabajo se sintetizaron ionómeros a base de polisulfona (PS) modificada con diferentes agentes precursores en la reacción de cuaternización de aminas, tales como trietilamina (T\*), 1-metilimidazol (1 IM\*), 2-metilimidazol (2 IM\*), 1,4-Diazabicyclo [2,2,2]octano (DABCO\*) y 4-(Dimetilamino)piridina (DMAP\*). Se prepararon tintas catalíticas al 1% y 2% del ionómero con el fin de evaluar el desempeño del catalizador comercial (Pt/C, Fuel Cell Store<sup>®</sup>) en la reacción catódica (REH) y anódica (REO) de un electrolizador alcalino.

## 2. METODOLOGÍA

La síntesis de los ionómeros se llevó a través de la clorometilación de la PS y posteriormente una reacción de cuaternización con los diferentes agentes precursores. El ionómero se preparó disolviendo la PS modificada con la amina en NMP, formando una solución al 30% y posteriormente diluirla en una mezcla isopropanol/metanol (1:1). Se elaboraron tintas catalíticas al 1% y 2% utilizando un catalizador comercial de (Pt/C, 20%) y etanol.

## 3. RESULTADOS

Las tintas catalíticas de los ionómeros fueron evaluadas mediante análisis Tafel en REH y REO. Este análisis proporciona información asociada al mecanismo de las reacciones, específicamente la elucidación de la etapa determinante del proceso

(RDS) [1]. Se realizaron curvas de polarización a velocidades de barrido de 5 mV/s, 10 mV/s y 20 mV/s. En la REH se apreciaron valores muy cercanos a las pendientes Tafel reportadas para electrocatalizadores de Pt/C.

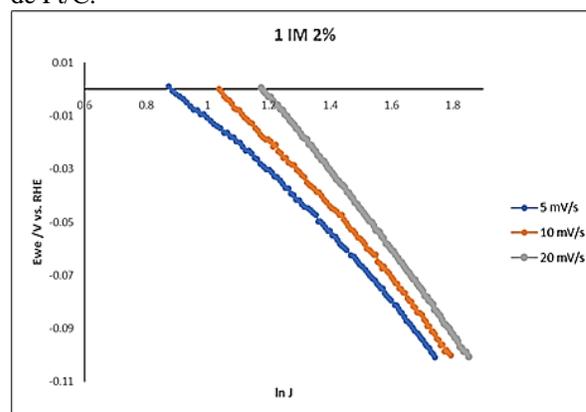


Figura 1. Gráficos de Tafel del ionómero de PS modificado con 1 IM\* al 2% en la reacción de REH.

## 4. CONCLUSIONES

En la REH, la pendiente de 120 mV dec<sup>-1</sup> es asociada a una alta cobertura de hidrógeno adsorbido. En la REO se observaron dos valores de pendientes Tafel, los valores bajos de la pendiente Tafel están relacionados con una gran cantidad de sitios vacíos, mientras que pendientes Tafel de 120 mV dec<sup>-1</sup> es atribuido a especies adsorbidas en la etapa previa a RDS.

## 5. REFERENCIAS

[1] T. Shinagawa, A. Garcia-Esparza, K. Takanabe, *Sci. Reports* **5**, 13801 (2015).

# Nuevos ánodos pseudocapacitivos para baterías de ion-sodio compuestos de óxidos mixtos de Nb(V) y Ti(IV)

Presentación Oral

D. Ávila Monroy<sup>1,2</sup>, P. Acevedo Peña<sup>3</sup>, J. A. I. Díaz Góngora<sup>2</sup>, E. Reguera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA-Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, CDMX 11500, México.

<sup>3</sup> CONACYT - Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA-Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, CDMX 11500, México.

E-mail: [daniel\\_avila@comunidad.unam.mx](mailto:daniel_avila@comunidad.unam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los electrodos positivos en las NIBs ha sido un éxito debido al conocimiento aprendido en los cátodos en las LIBs. Sin embargo, en el caso de los materiales de electrodo negativo, se enfrentan a un desafío, ya que los materiales utilizados en las LIBs no han funcionado en las NIBs. Las investigaciones para el desarrollo de las NIBs se han enfocado en la búsqueda de materiales para electrodos negativos con propiedades atractivas tales como: bajo potencial de inserción de iones  $\text{Na}^+$ , gran capacidad reversible, estructura estable, baratos y amigables con el medio ambiente. Los únicos óxidos metálicos de transición que pueden funcionar como ánodos de inserción son el  $\text{TiO}_2$  (B) y el  $\text{NaNbO}_3$ . Además, estos materiales presentan comportamiento pseudocapacitivo, que es una característica de interés en el almacenamiento de energía debido a que permite almacenar mayor energía de manera rápida a comparación de un ánodo tipo batería [1].

## 2. METODOLOGÍA

En este trabajo se estudiará, por medio de técnicas espectroscópicas (FTIR, Raman y XPS) estructurales (XRD) y electroquímicas (CV, GCD y EIS), el impacto de la formación de óxidos mixtos de Ti y Nb sobre el almacenamiento electroquímico de iones  $\text{Na}^+$ .

El ensamble de los dispositivos, de los materiales ya sintetizados, mezclas de los materiales de distinta composición (9Ti2Nb, 3Ti2Nb, 1Ti2Nb y 1Ti6Nb) obtenidos mediante síntesis hidrotérmica, se llevó a cabo en la caja de guantes bajo a condiciones controladas de humedad (0.5-1 ppm) y oxígeno (2-5 ppm). El ensamble de los dispositivos se realizó por medio de las celdas tipo Swagelock, consistió en; 1) Contraelectrodo (Na metálico); 2) Separador; 3)

Electrolito 1 M de  $\text{NaClO}_4$  y 4) Electrodo de trabajo.

## 3. RESULTADOS

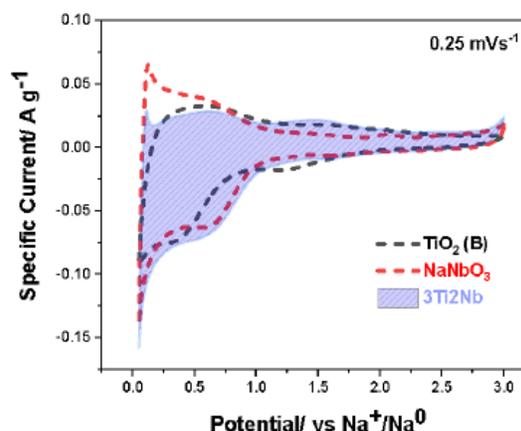


Figura 1. CV's de  $\text{TiO}_2$  (B),  $\text{NaNbO}_3$  y de la composición 3Ti 1Nb

## 4. CONCLUSIONES

La composición óptima de los materiales sinterizados fue el de relación molar de 3:2 entre Ti:Nb. El material presenta una respuesta electroquímica mixta entre la del  $\text{TiO}_2$  (B) y el  $\text{NaNbO}_3$ . La capacidad específica fue de  $128.9 \text{ mAhg}^{-1}$  a una densidad de corriente de  $25 \text{ mA g}^{-1}$  superando los demás materiales.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

[1] V. Augustyn, et al., "Pseudocapacitive oxide materials for high-rate electrochemical energy storage," *Energy Environ. Sci.*, **7(5)**, 1597 (2014).

# Modulación de la interacción en compuestos rGO-PIM mediante la funcionalización de láminas de óxido de grafeno reducido con grupos amino

Presentación Oral

K. M. Chacón Tarazona<sup>1</sup>, P. Acevedo Peña<sup>2\*</sup>, J. A. I. Díaz Góngora<sup>1</sup>, E. Reguera

<sup>1</sup> Instituto Politecnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA – Legaria.

<sup>2</sup> CONACYT – Instituto Politecnico Nacional, CICATA – Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, CDMX 11500, Mexico.

E-mail: [melissachacontarazona@gmail.com](mailto:melissachacontarazona@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Existe una creciente demanda de dispositivos de almacenamiento de energía sostenibles que dependan únicamente de elementos abundantes, con bajo coste, respetuosos con el medio ambiente y fáciles de eliminar. [1]

Los compuestos orgánicos han ganado recientemente una importante atención como materiales para la próxima generación de dispositivos de almacenamiento de energía sostenible. Las poliimidas (PIMs) aromáticas representan uno de los tipos de materiales orgánicos más populares electrodos de baterías. Se producen de forma sencilla y fácilmente escalable a partir de aminas y anhídridos aromáticos. Por otro lado, el óxido de grafeno reducido (rGO), un agente fácilmente procesable y excelente conductor eléctrico, ofrece sitios activos para la nucleación o polimerización. Combinar estos dos materiales normalmente resulta en una mejora en el desempeño electroquímico, sin embargo, poco se ha explorado sobre estrategias que permitan modular la interacción que puede haber entre estos [2]

## 2. METODOLOGÍA

En este trabajo se propone una novedosa ruta para reforzar la interacción de las poliimidas y el óxido de grafeno reducido mediante la funcionalización de las estructuras de carbono con grupos R-NH<sup>2</sup>, empleando la química de las sales de diazonio, por medio de las siguientes diaminas: Ethylenediamine (EDM), p-Phenylenediamine (PDM), Melamine (MM) y 1,5-Diaminonaphtalene (DAN), mediante técnicas morfológicas y espectroscópicas se logró comprobar que la estructura del óxido de grafeno se modificó con cada una de las diaminas empleadas.

## 3. RESULTADOS

Mediante XRD, Raman y XPS se comprobó la funcionalización del rGO, que incrementó en el siguiente orden EDM < MM < PDM < DAN, se espera que con el crecimiento del polímero se mejore el comportamiento electroquímico de los composites (Figura 1), y poder elegir que material presenta la mejor interacción rGO-PIM para proceder al ensamble del dispositivo de almacenamiento de energía.

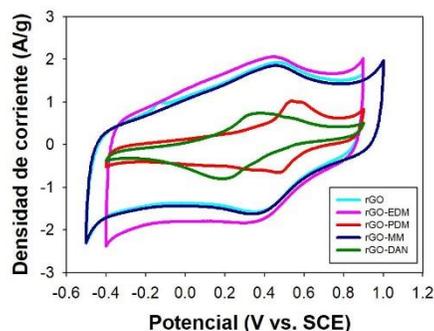


Figura 1. VC de rGOs a 10 mV/s

## 4. CONCLUSIONES

Se logró la funcionalización de la estructura del rGO mediante la química de las sales de diazonio con cada una de las diaminas empleadas. Siguiendo con el análisis de los rGOs y diaminas, se esperaría que el anclaje realizado fue el correcto y de esta manera iniciar a crecer el polímero, para así entender cómo impacta esta variable sobre el desempeño electroquímico de los polímeros en el proceso de almacenamiento de energía.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Zeng, R., Wu, Y., Qian, et al., *ACS Applied Materials & Interfaces*. (2022).
- [2] Kapaev, R. R., Scherbakov, et al., *ACS Applied Energy Materials*, 4(5), 4465 (2021).

# Sensibilización de TiO<sub>2</sub> con pentaciano-L-ferrato de cobalto Co<sub>3</sub> [Fe(CN)<sub>5</sub>L]<sub>2</sub> (L = heterociclos que contienen N) para el desarrollo de un fotocapacitor

Presentación Oral

P. A. Ojeda Girata<sup>1</sup>, P. Acevedo Peña<sup>2\*</sup>, J. A. I. Diaz Góngora<sup>1</sup>, E. Reguera<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA – Legaria.

<sup>2</sup> CONACYT – Instituto Politécnico Nacional, CICATA – Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, CDMX 11500, México.

E-mail: [paulaojedagirata@gmail.com](mailto:paulaojedagirata@gmail.com)

| 344

## 1. INTRODUCCIÓN

La sensibilización de TiO<sub>2</sub> con pentaciano-L-ferrato de cobalto ha demostrado poseer estabilidad bajo iluminación debido a la transferencia de electrones relativamente rápida entre los componentes y, a la rigidez de la estructura [1]. Aunque este proceso se ha empleado para catalizar la reacción de oxidación del agua, el fácil acceso a los centros redox en los pentaciano-L-ferrato podría aplicarse para inducir reacciones electroquímicas para aplicaciones en almacenamiento de energía [2]. Por ende, este trabajo pretende explorar rutas que conduzcan a la obtención de un fotocapacitor en el que los pentacianos-L-ferratos permitan los procesos de carga sin necesidad de una fuente externa.

## 2. METODOLOGÍA

Películas de 1D TiO<sub>2</sub> formadas por tratamiento hidrotérmico se sensibilizaron con Pentaciano-L-ferrato de cobalto mediante deposición de capa por capa (L = ácido isonicotínico, Cpy). La caracterización fotoelectroquímica se llevó a cabo empleando un electrolito 1 M Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y una lámpara de Xe para simular el espectro solar.

## 3. RESULTADOS

Se observó que la coordinación del pentaciano-L-ferrato con la molécula orgánica generó un cambio de color en la solución y el sólido. El anclaje del polímero de coordinación se confirmó mediante pruebas de FTIR, Raman, XRD y XPS. Así como su respuesta electroquímica al ser iluminado.

Se espera que con los análisis previos se pueda llegar a una ruta de coordinación óptima que permita una mejor absorción de energía, ésta causada bajo iluminación del día que por medio de la sensibilización colorate sea una guía de aprovechamiento causante de una absorción con longitud de onda más larga.

## 4. CONCLUSIONES

Teniendo la ruta establecida del fotosensibilizador, compuesto por el TiO<sub>2</sub> con el pentaciano-L-ferrato coordinado con el heterociclo, se pretende lograr ensamblar un fotocapacitor capaz de cargarse energéticamente aprovechando la luz del día.

## 5. REFERENCIAS

- [1] T. G. Ulusoy Ghobadi *et al.*, *Angewandte Chemie - International Edition*, **57**(52), 17173 (2018).
- [2] T. G. U. Ghobadi *et al.*, “*Chemistry - A European Journal*”, **27**(35), 8966 (2021).

## Uso de puntos cuánticos de óxido de grafeno reducido en una celda solar sensibilizada

Presentación Oral

P. I. Lopez Picazo<sup>1\*</sup>, M. Sanchez Tizapa<sup>1</sup>, M. M. Tostado Plascencia<sup>1</sup>, M. A. Carreón Álvarez<sup>1</sup>,  
R. Castañeda Valderrama<sup>1</sup>, M. Flores Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Carretera Guadalajara-Ameca, Ameca, Jalisco, México. CUValles, Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup>Blvd. Marcelino García Barragán 1421, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México. CUCEI,  
Universidad de Guadalajara.

E-mail: [picazo\\_0708@hotmail.com](mailto:picazo_0708@hotmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

La energía solar es uno de los recursos energéticos más prometedores, considerando su abundancia y ventajas sobre los otros métodos de generación eléctrica, porque es un recurso inagotable, amigable con el medio ambiente y además de que las celdas solares son fáciles de mantener [1]. Una celda solar sensibilizada por colorante (Dye-sensitized solar cell, DSSC) es un sistema capaz de convertir la energía de la luz en energía eléctrica, el colorante absorbe la energía solar que se transforma en electricidad a través de un proceso fotovoltaico. Cuando el colorante se excita, un electrón salta del colorante a la banda de conducción del semiconductor. Los electrones se mueven a través del semiconductor hacia el electrodo correspondiente y el sistema cierra un circuito externo, un par redox está en contacto con el fotoelectrodo para que las especies oxidadas del colorante se regeneren continuamente, por lo tanto, es un proceso cíclico [2].

### 2. METODOLOGÍA

Se utilizaron nanopartículas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) sintetizadas por Sol-Gel para el fotoelectrodo, los puntos cuánticos de óxido de grafeno reducido (RGO-QD) se sintetizaron mediante la técnica de corte asistido por microondas y estos dos compuestos se mezclaron con protoporfirina IX (PIX). Para el contraelectrodo, se usó RGO que se obtuvo a través de dos pasos: 1) sintetizar óxido de grafeno a base de grafito usando la técnica Hummers modificada y 2) reducir el óxido de grafeno usando el método de sonicación.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta la caracterización por espectroscopia UV-visible de los materiales relevantes. Cuando se mezclaron los RGO-QD con el TiO<sub>2</sub>, el

principal cambio que se observa fue un aumento en la absorbancia manteniéndose las transiciones ( $n-\pi$ ,  $\pi-\pi^*$ ). El espectro del TiO<sub>2</sub> es característico de un semiconductor con umbral de absorción a los 400 nm, cuando se combina con la PIX el umbral se movió hasta 550 nm, con la adición de RGO-QD se observa un pequeño corrimiento a longitudes de energía más bajas. Estos resultados sugieren que el uso del material TiO<sub>2</sub>+PIX+RGO-QD aumenta la eficiencia de la celda como se observa en las caracterizaciones de fotorrespuesta y capacitancia

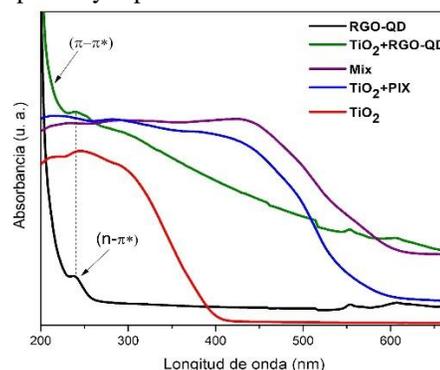


Figura 1. Espectroscopia UV-Vis de materiales del fotoelectrodo.

### 4. CONCLUSIONES

Se ha fabricado una DSSC a base de TiO<sub>2</sub>+RGO-QD+PIX presentando capacitancia y fotorrespuesta altas, como menor resistividad, por lo cual se obtuvo la más alta eficiencia comparada con celdas basadas en TiO<sub>2</sub> o TiO<sub>2</sub>+PIX.

### 5. REFERENCIAS

- [1] K. C. Sun, A. A. Arbab, *Graphene coated cotton fabric as textile structured counter electrode for DSSC*, *Electrochimical Acta*, (2015).
- [2] M. Graetzel, *Photoelectrochemical cells*, *Materials for Sustainable Energy*, (2011).

## Evaluación eléctrica de una perovskita de $\text{La}_{0.7-x}\text{Ln}_x\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ ( $\text{Ln} = \text{Pr}, \text{Sm}$ ) para su uso como material de cátodo en SOFC

### Presentación Oral

J. Ramírez Hernández<sup>1</sup>, A. M. Torres Huerta<sup>2\*</sup>, S. B. Brachetti Sibaja<sup>1</sup>, M. A. Domínguez Crespo<sup>2</sup>, D. Palma Ramírez<sup>2,3</sup>, J. Moreno Palmerin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>TecNM, IT de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamps., C.P. 89440, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, UPIIH-Hidalgo, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, C.P. 42162, México.

<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional, CMPL, Cd. de México, C.P. 07340, México.

<sup>4</sup>Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.

E-mail: [atorresh@ipn.mx](mailto:atorresh@ipn.mx); [bbrachetti@hotmail.com](mailto:bbrachetti@hotmail.com)

| 346

## 1. INTRODUCCIÓN

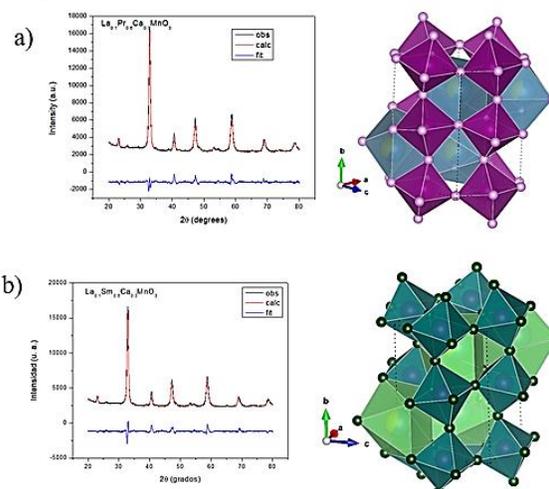
Entre los materiales catódicos, las manganitas de lantano ( $\text{LaMnO}_3$ ) son las más empleadas por su compatibilidad con el electrólito de zirconia estabilizada con itria (YSZ), al utilizar perovskitas tipo  $\text{ABO}_3$  dopadas con cationes en los sitios A y B, generalmente usando calcio (en el sitio A) en relaciones 10-30% mol [1]. Este tipo de materiales, a base tierras raras, han sido estudiados para su uso en celdas de combustible de estado sólido (SOFC por sus siglas en inglés), debido a sus propiedades físicas y químicas, presentando buena conductividad iónica, que es importante para disminuir la temperatura de operación [2].

## 2. METODOLOGÍA

Mediante el método Pechini se sintetizaron perovskitas de  $\text{La}_{0.7-x}\text{Ln}_x\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  ( $\text{Ln} = \text{Pr}, \text{Sm}$ ,  $x = 0.1, 0.3, 0.5$  y  $0.6$ ) empleando nitratos de las diferentes tierras raras como precursores. Los precursores de cationes metálicos (PCM) se mezclaron con ácido cítrico AC (relación molar 3:1 AC/cationes metálicos) y se añadió etilenglicol, EG (relación molar, 2:1 EG/AC), formando un complejo citrato metálico y se mantuvo en agitación constante a una temperatura de  $120\text{ }^\circ\text{C}$  durante 4 horas. Se continuó con calcinación de 3 horas a  $450\text{ }^\circ\text{C}$  y posteriormente un tratamiento térmico a  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ .

## 3. RESULTADOS

Se realizó el análisis Rietveld para cada una de las muestras sintetizadas (Pr, Sm) obteniendo datos de la celda unitaria. En la figura 1, se observa un patrón representativo ( $x = 0.6$ ), donde se muestran las señales observadas, calculadas y el refinamiento aplicado, así como la imagen de la celda dibujada con los datos obtenidos.



**Figura 1.** Patrones DRX a) del análisis Rietveld y celda unitaria  $\text{La}_{1-x}\text{Pr}_x\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  dibujada con el software VESTA; b) del análisis Rietveld y celda unitaria  $\text{La}_{1-x}\text{Sm}_x\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$  visualizada con el software.

## 4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la información obtenida, el aumento de los cationes de sustitución (Sm, Pr) incrementa el parámetro “a” en la celda, disminuyendo “b” y “c”, generando una distorsión, la cual favorece la difusión y reducción del oxígeno. Para determinar la conductividad de los polvos y evaluar el desempeño del material como cátodo para una celda de combustible de estado sólido, las mediciones eléctricas se encuentran en evaluación.

## 5. REFERENCIAS

- [1] L.S. Mahmud, et al., *Renew. Sustain. Energy Rev.* 72, 105-116 (2017).
- [2] Mishra, A., Bhattacharjee, S. *Journal of the American Ceramic Society*, 100(10), 4945–4953 (2017).

## Advances in the search of novel polymer electrolytes for magnesium-ion rechargeable batteries

Presentación Oral

E. M. Sánchez Cervantes\*, J. Guzmán Torres, S. de la Parra Arciniega, L. L. Garza Tovar, L. C. Torres González y E. González Juárez

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Materiales II, Av. Universidad S/N Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, C.P. 66451, Nuevo León, México.

\*E-mail: [eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx)

### 1. INTRODUCTION

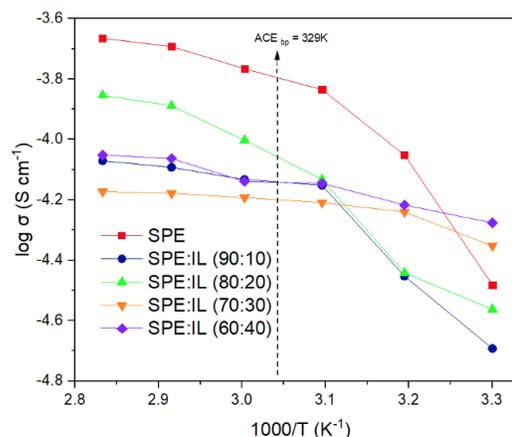
Rechargeable lithium-ion batteries are currently the most capable portable electrochemical energy storage devices; however, lithium has a limited abundance. Mg is a viable alternative to lithium batteries. As for rechargeable magnesium ion batteries (RMIBs), in the solid polymer electrolyte (SPE) system, incorporation of ionic liquid (IL) of 5–40 wt.% is also beneficial to enhance the electrochemical properties as the battery performance can be improved in terms of capacity and cyclability (Sarangika *et al.*, 2017) [1]. In this sense SPE membranes were prepared with the configuration PEO/PVDF/MgClO<sub>4</sub>-[EMIM][ESO<sub>4</sub>] exhibiting good ionic conductivity and thermal stability.

### 2. METODOLOGY

SPE membranes were prepared by "solution-cast" technique. Preparation was carried out using the ternary system PEO/PVDF/MgClO<sub>4</sub> where the IL [EMIM][ESO<sub>4</sub>] was varied from 10 to 40 weight %. SPE's were further characterized by DSC, FTIR, XRD, EIS and LSV [2]. (Fanfan *et al.*, 2020).

### 3. RESULTADOS

The ionic conductivity tests of SPE's was determined by impedance spectroscopy (EIS) using coin cells where each of the membranes was placed in the middle of two symmetrical stainless steel electrodes and tested within the frequency range of 100 kHz to 10 mHz applying of perturbation voltage of 10 mV. Results were placed on an Arrhenius plot (Figure 1), and the best DC conductivity at 303 K was obtained by the SPE:IL (60:40) of  $\sim 5.4 \times 10^{-5} \text{ Scm}^{-1}$ .



**Figura 1.** Ionic conductivity (Arrhenius plot) of SPE pure (red) and along 10 wt.% (blue), 20 wt.% (green), 30 wt.% (orange) and 40 wt.% (purple) of IL.

### 4. CONCLUSIONS

XRD results of the SPE:IL (60:40) revealed the semiamorph structure the which is a benefit for the diffusion of the Mg<sup>2+</sup> ions within the polymeric membran. New membranes are being evaluated by linear swep voltammetry (LSV) and cyclic voltammetry (CV) and results will be presented accordingly.

### 5. REFERENCIAS

- [1] H. N. M. Sarangika, *et al.*, *Ionics* **23**, 2829 (2017).
- [2] F. Liu, *et al.*, *Advanced Energy Materials* **11**, 2000787 (2020).

## Electrodeposición de películas de MOF de Ni-Co-Fe para su aplicación en baterías de Zn-aire

Presentación Oral

S. N. Cruz Orellana<sup>1</sup>, P. Acevedo Peña<sup>1\*</sup>, J. A. I. Díaz Góngora<sup>1</sup>, W. N. Arjona<sup>2</sup>, E. Reguera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA Legaria, Calzada Legaría No. 694, Col Irrigación, Ciudad de México, CDMX, C.P. 11500, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C., Pedro Escobedo, Querétaro CP 76703, México.

E-mail: [nathaliacruz1211@gmail.com](mailto:nathaliacruz1211@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las baterías de metal-aire han atraído especial atención debido a su alta densidad de energía y bajos costos, en comparación con las baterías de iones convencionales (Li-ion, Na-ion, Zinc-ion, etc) [1]. Uno de los principales desafíos para los dispositivos de metal-aire se basa en el desarrollo de un nuevo electrocatalizador para facilitar la cinética de las reacciones que se producen en el cátodo, la ORR (reacción de reducción de oxígeno) y la OER (reacción de evolución de oxígeno) [2]. Estas reacciones son lentas debido a la implicación de varios pasos de transferencia de electrones y protones [3]. En el presente trabajo se desarrollaron redes metal orgánicas (MOF, Metal-Organic-Framework) como catalizadoras en las reacciones de OER y ORR, empleando como ligante orgánico el ácido tereftálico y como centros metálicos Ni, Co y Fe, sintetizados por electrodeposición. Para evaluar el desempeño de la MOF, se realizó la variación de la proporción añadida de la concentración de los centros metálicos.

### 2. METODOLOGÍA

Las MOF-NiCoFe se sintetizaron por medio de la técnica de electrodeposición. Primero, se preparó una solución de ácido tereftálico, nitrato de sodio, hexafluorofosfato de tetrabutilamonio y sales de nitrato precursoras de Ni, Co, Fe, variando la proporción de estas últimas. Posteriormente, se empleó una celda de tres electrodos, usando como electrodo de trabajo, tela de carbón, en la cual se depositó las MOF sintetizadas al aplicar una diferencia de potencial en la celda.

### 3. RESULTADOS

Durante las pruebas electroquímicas se encontró que NiCoFe-MOF y NiCo-MOF (añadidos en concentraciones equimolares) son los mejores para la-

OER con pendiente Tafel de 28 y 40 mV/dec como se observa en la Figura 1, además también resaltaron con sobrepotenciales de 316 y 401 mV, respectivamente. Estos dos últimos también se evaluaron para la ORR, destacando NiCoFe-MOF con pendiente de Tafel de 157 mV/dec en comparación de 317 mV/dec para NiCo-MOF. Finalmente, se evaluó NiCoFe-MOF, en una batería de metal-aire, resultando en estabilidad de la celda durante 50 h.

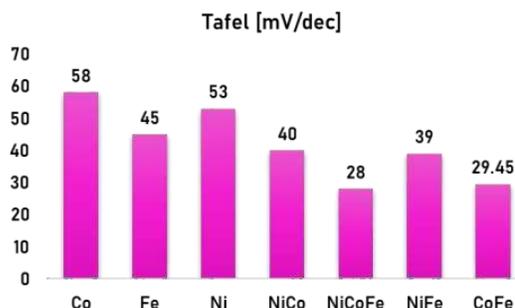


Figura 1. Pendientes de Tafel en OER

### 4. CONCLUSIONES

MOF-NiCoFe se sintetizaron para ser empleadas como electrodos en celdas de Zinc-Aire para mejorar la cinética de reacción de OER y ORR. Se encontró que al añadir Fe a los centros metálicos mejora la cinética de la OER. El desempeño y estabilidad de la misma se evaluó en una batería de zinc-aire.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M. Luo, et al., *Advanced energy Material*, **2002762**, 1 (2021).
- [2] S. Hosseini, et al., *Chemical Engineering Journal*, vol. 408 (2020).
- [3] A. K. Worku, D. W. Ayele, and N. G. Habtu, *Materials Today Advances*, **9**, 100116 (2021).

## Modificación de la capacidad de almacenamiento de energía de sustratos 3D base carbono mediante el recubrimiento superficial con MOFs-Co

Presentación Oral

N. P. Páez Sánchez<sup>1,2,3\*</sup>, P. Acevedo Peña<sup>1</sup>, J. Vazquez Samperio<sup>1,2</sup>, E. Córdoba Tuta<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Ciencias Aplicada y Tecnología Avanzada – CICATA, Unidad Legaria, del Instituto Politécnico Nacional - IPN

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Desarrollo y Tecnología de Nuevos Materiales – GIMAT, Universidad Industrial de Santander – UIS, Colombia, Bucaramanga

<sup>3</sup>Grupo de Investigación en Minerales, BioHidrometalurgia y Ambiente – GIMBA, Universidad Industrial de Santander – UIS, Colombia, Bucaramanga

E-mail: [paeznataliap@gmail.com](mailto:paeznataliap@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Existe una relación intrínseca entre la mitigación del cambio climático/contaminación ambiental, y la implementación de fuentes renovables para la obtención de energía eléctrica. El principal reto de la implementación de energías renovables es la posibilidad de aprovecharlas en cualquier lugar y tiempo, por tanto, el almacenamiento energético es un primer factor de estudio y con este el desarrollo de materiales para electrodos de dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía (ESD) [1]. El ESD ideal será un supercapacitor híbrido (HSCs) que combine mecanismos de almacenamiento de energía a partir de procesos redox faradáicos de cinética rápida y de capacitancia electroquímica de doble capa, dando como resultado una alta densidad de potencia y energía [2]. Los electrodos del HSCs deben ser conductores preferiblemente 3D para favorecer el transporte iónico y de masas durante las reacciones, en el presente proyecto se planteó utilizar esponjas de melamina (MS) como plantillas precursora del material carbonoso 3D, recubiertas superficialmente con materiales enrejados metalorgánicos de cobalto (MOF-Co), obteniendo un sustrato de efecto sinérgico donde se mejora la transferencia de electrones y el almacenamiento electroquímico de energía, manteniendo la flexibilidad y memoria de forma que brinda estabilidad cíclica al sustrato.

### 2. METODOLOGÍA

Muestras de MS se calcinaron a 1000 °C en una atmósfera de nitrógeno, posteriormente se recubrieron mediante depósito electroquímico de hidróxido de cobalto, el cual se transformó hidrotérmicamente con el uso de C<sub>8</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>, en una MOF-Co. El sustrato

modificado se evaluó fisicoquímica y electroquímicamente, para determinar sus propiedades morfológicas, capacitancia, estabilidad cíclica, entre otras pertinentes.

### 3. RESULTADOS

Se obtuvo un sustrato de comportamiento sinérgico, donde se identificó una mejoría en la transferencia de electrones y el almacenamiento electroquímico de energía gracias al recubrimiento de MOF-Co en los sustratos a partir de MS, esto sin sacrificar la flexibilidad y memoria de forma alcanzada inicialmente.

### 4. CONCLUSIONES

Las MS son precursoras prometedoras de sustratos 3D carbonosos, que al funcionalizarse mediante recubrimientos de MOF-Co pueden incrementar sus propiedades electroquímicas en casi el doble, logrando un efecto sinérgico favorable en la obtención de electrodos para HSCs.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Shi, G. Liu, R. Jin, H. Xu, Q. Wang, S. Gao, *Carbon Energy*, **1**, 253 (2019).
- [2] J. Vazquez S, P. Acevedo P, A. Guzmán V, E. Reguera, E. Cordoba, *International Journal of Energy Research*, **45**, 6383 (2021).

## Estudio comparativo de antidisolventes dentro de una celda solar tipo perovskita utilizando $(\text{B}_4\text{P})_x(\text{MA})_{1-x}\text{PbI}_3$ como capa absorbadora

Presentación Oral

M. de la Luz Hernández, J. Guzmán Torres, N. A. García Gómez, E. González Juárez, A. Espinosa Roa, E.M. Sánchez Cervantes\*

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Materiales II, Av. Universidad S/N Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, C.P. 66451, Nuevo León, México.

E-mail: [eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

Desde 2009, las celdas solares de perovskita (CSP) han sido testigos de un desarrollo dramático con una eficiencia récord de conversión de energía (PCE). La morfología y la estructura cristalina de las películas de perovskita son fundamentales para lograr un alto rendimiento. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el método convencional de deposición de solución de un solo paso apenas produce una película de perovskita homogénea sobre un área grande, especialmente para  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  [1]. En ese sentido, en el presente trabajo se muestra un estudio comparativo empleando diferentes tipos de antidisolventes y mezclas de ellos, para el mejoramiento de las películas tipo perovskita en celdas solares.

### 2. METODOLOGÍA

Para la fabricación de las celdas estándar se siguió la metodología propuesta por Sutanto *et al.*, 2017 [2]. La solución previamente preparada 1.25M de  $\text{PbI}_2:\text{MAI}$  (relación molar 1:1) se dejó a 70 °C por 12 h. La solución de  $\text{MAPbI}_3$  se depositó mediante spin-coating sobre la capa mesoporosa de  $\text{TiO}_2$  a 3000 rpm durante 30 s. Después se depositaron diferentes tipos de antidisolventes con variaciones en el volumen y los tiempos de deposición.

### 3. RESULTADOS

La incorporación de los antidisolventes se analizó por espectroscopia UV-Vis. Los espectros se muestran en un inicio a 760 nm (Figura 1), en general se observó una mayor intensidad de absorción cuando se empleó una mezcla de clorobenceno (CBZ) con acetonitrilo (ACN) y acetato de etilo (EA) con isopropanol (IPA) en comparación con un solo solvente, tolueno (TOL).

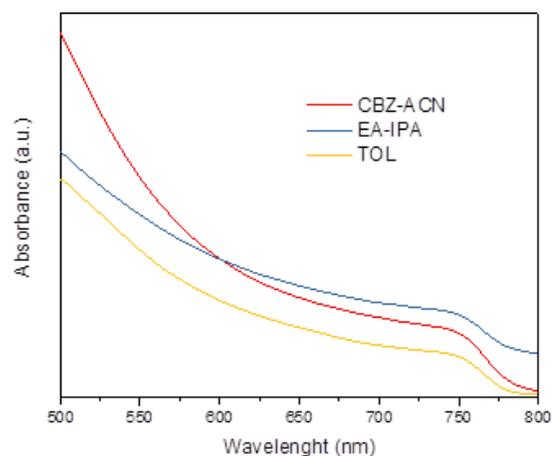


Figura 1. Espectros de absorción en películas de perovskita.

### 4. CONCLUSIONES

Los antidisolventes estudiados presentaron un buen desempeño como se muestra en su caracterización fotovoltaica, lo que permitió una mejora en la nucleación y crecimiento de los cristales en las películas de perovskita fabricadas, impidiendo la recombinación y formación de defectos potenciando un mejor rendimiento fotovoltaico.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Lin, N., et al., *J. Mater. Chem. A*, **3**, 22839 (2015).
- [2] A. A. Sutanto, et al., *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **172**, 270 (2017).

# Combinación de VO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> mediante hidrotermia para el desarrollo de nuevos electrodos negativos para baterías de ion sodio

Presentación Oral

G. Ramírez Campos<sup>1</sup>, P. Acevedo Peña<sup>2\*</sup>, J. A. I. Díaz Góngora<sup>1</sup>, E. Reguera

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA-Legaria.

<sup>2</sup> CONACYT- Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Legaria.

E-mail: [lupita.folmt@gmail.com](mailto:lupita.folmt@gmail.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las baterías de iones de sodio (SIBs) se han presentado como un buen candidato para reemplazar a las baterías de iones litio (LIBs), principalmente por la abundancia que existe de Na. Sin embargo, hay un limitado número de electrodos para ser empleados como electrodos negativos en estos dispositivos. El rendimiento de las baterías de ionsodio depende de las características fisicoquímicas de los materiales que se utilizan como anfitriones para el proceso de inserción/extracción de iones alcalinos.

Recientemente, se ha prestado especial atención al TiO<sub>2</sub> debido a su mecanismo de almacenamiento de energía pseudocapacitivo (cinética rápida). Sin embargo, la aplicación comercial se ha visto obstaculizada hasta la fecha por su baja conductividad electrónica y su modesta capacidad de almacenamiento de iones Na<sup>+</sup> [1]. Además, el proceso redox de TiO<sub>2</sub> durante el almacenamiento de iones de Na se lleva a cabo a bajos potenciales cercanos a los de la formación de sodio metálico y en los que el solvente se descompone causando un detrimento en el rendimiento del electrodo. Para superar estos inconvenientes y mejorar el desempeño del TiO<sub>2</sub> se incorporó óxido de vanadio, el cual es considerado como un material promisorio debido a los múltiples estados de oxidación (V<sup>2+</sup>, V<sup>3+</sup>, V<sup>4+</sup> y V<sup>5+</sup>), bajo costo, alta capacidad específica y amplia disponibilidad.

## 2. METODOLOGÍA

La ruta de síntesis para la obtención del material consistió en dos pasos: una síntesis solvotermal usando como precursores acetil acetato de vanadio e isopropóxido de titanio a una temperatura de 180°C/24h y después se realizó un tratamiento hidrotérmico a 230°C/24h.

Para el estudio electroquímico de los materiales en disposición de dos electrodos se utilizaron celdas tipo Swagelok y el ensamble se realizó en la caja de

## 3. RESULTADOS

La respuesta electroquímica se vió mejorada al incorporar óxido de vanadio. El impacto benéfico del VO<sub>2</sub> en el comportamiento de la TiO<sub>2</sub> es el resultado de las siguientes razones: a) mayor estabilidad de la estructura cristalina frente a la inserción y extracción de sodio; b) conductividad eléctrica mejorada gracias a la multivalencia de vanadio; c) facilitó la difusión y movilidad de iones Na<sup>+</sup> esto debido a las modificaciones estructurales causadas por vanadio en la estructura del titanio; y sobre todo, d) a los pares redox adicionales otorgados por el vanadio que permitieron el almacenamiento de una mayor cantidad de iones.

## 4. CONCLUSIONES

Se observó que la respuesta electroquímica de TiO<sub>2</sub> fue mejorada por el dopaje con VO<sub>2</sub> ampliando la ventana de trabajo y mostrando una huella electroquímica mejorada con respecto a la de TiO<sub>2</sub>. Se logró sintetizar TiO<sub>2</sub> en fase tetragonal por una ruta de síntesis que no ha sido reportada.

## 5. REFERENCIAS

[1] D.P. Opra, S.V. Gnedkov, A.A. Sokolov, A.B. Podgorbunsky, A.Y. Ustinov, V. Mayorov & S.L. Sinebryukhov, *Journal of Materials Science & Technology*, **54**, 181 (2020).

# Electrocatalizadores PtNi soportados en diferentes estructuras de carbono como ánodos en celdas de combustible alcalinas

## Presentación Oral

C. Silva Carrillo<sup>1</sup>, E. A. Reynoso Soto<sup>1</sup>, J. R. Flores Hernández<sup>2</sup>,  
B. Trujillo Navarrete<sup>1</sup>, M. I. Salazar Gastelum<sup>1</sup>, T. R. Castañón<sup>2</sup>, S. Perez Sicairos<sup>1</sup>,  
R. M. Félix Navarro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Graduados e Investigación, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Tijuana, C. P. 1166, 22000 Tijuana, BC, México.

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, Ave. Reforma 113, Col. Palmira, 62490 Cuernavaca, Morelos, México.

E-mail: [carolina.silvac@tectijuana.edu.mx](mailto:carolina.silvac@tectijuana.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La aleación Pt-Ni es una de las más interesantes en el estudio de aleación de metales nobles-no nobles como electrocatalizadores en la reacción de oxidación de hidrógeno (ROH) en medio alcalino. Además del tipo de metal, el tamaño y la morfología, el soporte es uno de los parámetros más críticos en la actividad de los electrocatalizadores en ROH en medio alcalino [1]. El hidrógeno es muy poco soluble en una solución acuosa, por lo que se utilizan soportes hidrofóbicos en electrocatalizadores, como materiales de carbono [2].

## 2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanopartículas de PtNi sobre carbón vulcan (C) y nanotubos de carbono (NTC) por dos pasos, microemulsión inversa y reducción directa de complejos metálicos. El electrocatalizador se caracterizó mediante diversas técnicas: SEM, DRX, BET, TGA, ICP, redisolución anódica de CO y reducción de  $\beta$ -NiOOH. Se utilizaron los electrocatalizadores bimetalicos en la ROH en media celda y como ánodos en celdas alcalinas.

## 3. RESULTADOS

Los resultados de caracterización fisicoquímica de los electrocatalizadores PtNi/C y PtNi/NTC demostraron que la síntesis generó nanopartículas muy pequeñas con diámetros por debajo de los 4 nm, además los resultados de BET demostraron que el área superficial se decrementa en gran medida cuando se incorporan las nanopartículas bimetalicas en el soporte de carbón vulcano, mientras que al utilizar el NTC el área superficial se incrementa, cabe destacar que según TGA e ICP la cantidad de Ni y Pt es prácticamente la misma en ambos materiales. La caracterización

electroquímica demostró que el número de sitios electroquímicamente activos es mayor cuando se utilizan los electrocatalizadores PtNi/NTC. Esto se ve reflejado en los parámetros electrocinéticos de los electrocatalizadores bimetalicos en la ROH en media celda, aunque no son consistentes con los obtenidos en celda alcalina.

**Tabla 1.** Los datos más relevantes en formato de tabla se deben ajustar a los márgenes establecidos.

Electrocatalizador	$E_{1/2}$ (V vs.RHE)	$J_{lim}$ (mA cm <sup>-2</sup> )	Tafel (mV dec <sup>-1</sup> )
PtNi/C	0.077	2.94	45.10
PtNi/NTC	0.076	3.06	39.80

## 4. CONCLUSIONES

Los electrocatalizadores PtNi/NTC demostraron una mayor actividad electrocatalítica como ánodo de la ROH en media celda alcalina, aunque como ánodo en celda alcalina demostró una menor potencia y corriente que el electrocatalizador de PtNi/C.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Conga, B. Yi, Y. Songa, *Nano Energy*, **44**, 288 (2018)
- [2] Z. Lu, W. Xu, J. Ma, Y. Li, X. Sun, L. Jiang, *Advanced Materials*, **28**, 7155 (2016).

## Síntesis Pd<sub>x</sub>Ni<sub>y</sub>/C como ánodo en la reacción de oxidación de hidrógeno en medio alcalino

### Presentación Oral

R. M. Félix Navarro<sup>\*</sup>, C. I. Yañez Tinoco, C. Silva Carrillo, E.A. Reynoso Soto,  
M. I. Salazar Gastelum

Centro de Graduados e Investigación, Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Tijuana, C. P. 1166, 22000 Tijuana, BC, México.

E-mail: [rmfelix@tectijuana.mx](mailto:rmfelix@tectijuana.mx)

353

### 1. INTRODUCCIÓN

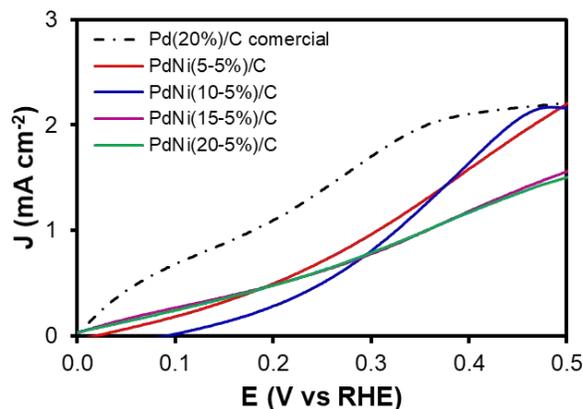
El efecto de bifuncionalidad en la reacción de oxidación de hidrógeno (ROH) en medio alcalino en los electrocatalizadores bimetalicos empleando como metales noble Pd y como metal no noble Ni [1]. Se ha reportado que los electrocatalizadores PdNi, preparados por una ruta química coloidal superaron en el medio alcalino el potencial de inicio de la ROH del Pd puro, y se atribuye a que la presencia de especies de OH<sub>ads</sub> en las superficies de Ni modula la cobertura superficial de H<sub>ads</sub>, favoreciendo la cinética de la ROH en medio alcalino [2].

### 2. METODOLOGÍA

Se prepararon los materiales de Pd<sub>x</sub>Ni<sub>y</sub>/C con diferentes proporciones de metales Primero se preparó una plantilla de Ni se empleó una metodología de reducción directa de complejos metálicos de Ni. Posteriormente se le incorporó Pd mediante un método de desplazamiento de galvanico asistido por una sonda de ultrasonido. Los materiales se caracterizaron mediante ICP, DRX, SEM y técnicas electroquímicas. Para evaluar los electrocatalizadores bimetalicos en la ROH en medio alcalino se utilizó una estación de disco rotatorio.

### 3. RESULTADOS

Se obtuvieron según los análisis de ICP diversas proporciones de Pd<sub>x</sub>Ni<sub>y</sub>/C que se controlaron mediante las cantidades de precursores metálicos utilizados en las síntesis empleadas. Los resultados de SEM y DRX demostraron que se obtuvieron pequeñas partículas y cristales de Pd y Ni que estaba bien distribuidas en el soporte de carbono. La actividad electrocatalítica en la ROH de los materiales demostró que son dependientes de las cantidades de sitios activos expuestos tanto de Pd como de Ni. Lo que se visualiza es que es necesario tener una importante cantidad de sitios de Ni expuestos, además de Pd.



**Figura 1.** Curvas de polarización en KOH 0.1M a 1600rpm. Velocidad 10 mV/s.

### 4. CONCLUSIONES

Los electrocatalizadores Pd<sub>x</sub>Ni<sub>y</sub>/C mostraron una buena actividad electrocatalítica en la ROH en media celda alcalina. Existe un efecto tanto en el potencial de media onda y la densidad de corriente y las proporciones de Pd y Ni, que son controladas por el método de síntesis empleado.

### 5. REFERENCIAS

- [1] R. Subbaraman, et al., *Science*, **334**, 1256 (2011).
- [2] M. Alesker, et al., *Journal Power Sources* **304**, 332 (2016)

## Impacto del metal de transición externo en hexacianoferratos sobre su desempeño electroquímico como cátodo de baterías duales de $K^+$ - $Zn^{2+}$

Presentación Oral

D. Villalva Mejorada, P. Acevedo Peña, J. A. I. Díaz Góngora, E. Reguera Ruiz

Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA Legaria, Calzada Legaría No. 694, Col Irrigación, Ciudad de México, CDMX, C.P. 11500, México.

E-mail: [idavid121.dv@gmail.com](mailto:idavid121.dv@gmail.com)

### 1. INTRODUCCIÓN

Las baterías acuosas de iones  $Zn^{2+}$  se caracterizan por su bajo costo y alta seguridad, sin embargo, su baja densidad de corriente limita su uso en distintos sectores[1]. El desarrollo de análogos de PBA como electrodos positivos puede ser una solución a estas desventajas, debido al alto potencial redox, y los múltiples sitios activos y a la fácil y escalaba ruta de síntesis de estos materiales [2]. Los ZnHCF son de bastante interés, y se ha reportado una mejora significativa agregando una mezcla de metales de transición (M/Zn)[3]. En este trabajo se desarrollaron baterías con Zn metálico como ánodo,  $K_2SO_4/ZnSO_4$  como electrolito acuoso y MZnHCF (M = Co, Cu, Ni) como cátodo. Donde se estudió el efecto de la concentración del electrolito  $ZnSO_4$  inicialmente con el objetivo de obtener la mejor relación de variables para diseñar una batería accesible, estable y con una respuesta electroquímica favorable.

### 2. METODOLOGÍA

Co/ZnHCF se preparó en una solución A disolviendo 481 mg de  $K_3[Fe(CN)_6]$  y 1.86 g de KCl en 25 ml de agua desionizada. Luego se preparó una solución B disolviendo 157 mg de  $ZnSO_4$ , 0.465 mg de  $CoSO_4$  y 1.86 g de KCl en 25 mL de agua desionizada. La solución A se añadió por goteo a la solución B con agitación. La suspensión formada se dejó en reposo 24 horas y el precipitado se separó por centrifugación, lavando con agua desionizada. Finalmente, el sólido se secó a 60 °C durante 12 h. Los materiales Cu/ZnHCF y Ni/ZnHCF se prepararon en las mismas condiciones.

### 3. RESULTADOS

Se evaluó la serie de materiales en tres electrodos a diferentes concentraciones de  $Zn^{2+}$  (20 mM, 50 mM y 100 mM), se logró mayor estabilidad para la serie de materiales en 100mM de  $ZnSO_4$ . Ensamblando el dispositivo  $Zn \parallel K_2SO_4-ZnSO_4 \parallel MZnHCF$ , evaluando su estabilidad ante el ciclado, galvanostática y de

impedancia. En el diagrama de Ragone

obtenido para la serie (Figura 1), se puede observar que los dispositivos pueden superar una potencia específica de  $1000 \text{ W Kg}^{-1}$ , y entregan una energía específica de hasta  $65 \text{ W h Kg}^{-1}$ , manteniéndose estable a lo largo de la evaluación, seguido del dispositivo Cu/Zn, y finalmente el dispositivo Co/Zn.

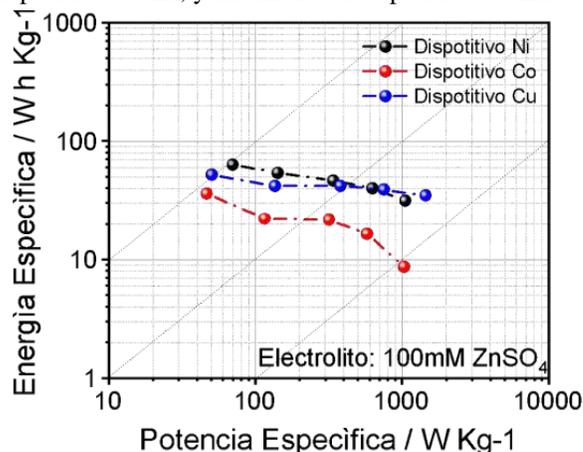


Figura 1. Ragone de serie de materiales.

### 4. CONCLUSIONES

La tendencia que se observa dentro de la estabilidad de materiales se le atribuye al poder polarizante de cada metal, teniendo  $Ni > Cu > Co$  como lo muestra efectivamente el diagrama de Ragone.

### 5. REFERENCIAS

- [1] N. Zhang, et al., *Chem. Soc. Rev.*, **49**, 4203 (2020).
- [2] D. Su, et al., *Adv. Mater.*, **29**, 1604007 (2017)
- [3] D. R. Lobato-Peralta, et al., *Journal of EnergyStorage*, **31**, 2352 (2020).

## Estudio de colisiones de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> en microelectrodo de Pt

Presentación Oral

L. R. Corona Elizarraras<sup>1</sup>, P. Subedi<sup>1</sup>, S. Gutierrez Portocarrero<sup>1</sup>, M. A. Alpuche Aviles<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>University of Nevada, Reno - 1664 N Virginia St, Reno, NV 89512

E-mail: [malpuche@unr.edu](mailto:malpuche@unr.edu)

355

### 1. INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas (NP's) de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) han tomado relevancia en la conversión de energía solar. Estas NP's son semiconductores que en medios gaseosos o líquidos y al ser irradiados con luz ultravioleta (UV) se comportan como fotocatalizadores [1]. Estudios recientes han apuntado que este tipo de NP's pueden ayudar a mejorar la eficiencia de las celdas solares. Los electrones presentes en la banda de valencia de las NP's de TiO<sub>2</sub> son excitados con un fotón a la banda de conducción. Los electrones excitados pueden ser recolectados como corriente para su posterior conversión a electricidad [2]. El objetivo es obtener colisiones de NP's en la superficie de un ultramicroelectrodo de platino (UME-Pt) [3] y ver el efecto en la fotocorriente de TiO<sub>2</sub>.

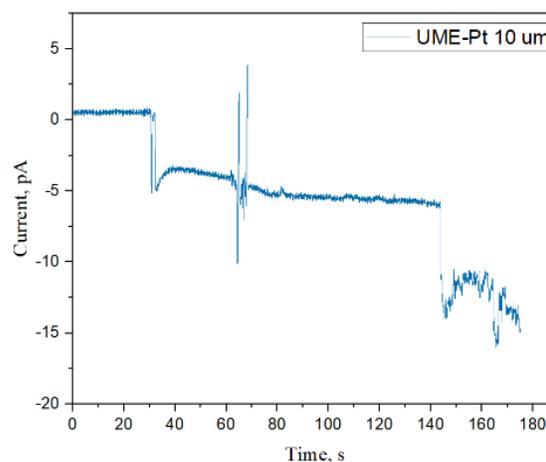
### 2. METODOLOGÍA

Los experimentos fueron hechos en una celda de cuarzo de 3-electodos. Se usó como electrodo de trabajo un UME-Pt de 10 μm, electrodo de referencia I/I<sub>3</sub><sup>-</sup> en metanol HPLC, fabricado en el laboratorio y un alambre de platino de 0.5 mm de diámetro como contraelectrodo. Los experimentos de colisión de NP's fueron hechos usando un láser de onda continua de HeCd (λ = 325 nm) modelo IK3501R-G (Kimmon) con un poder de incidencia de 50 mW a una distancia coherente de 30 cm y un haz Gaussiano de 1.2 mm. En este trabajo se usaron NP's de TiO<sub>2</sub> en su forma anatasa en suspensión en metanol.

Las mediciones electroquímicas fueron efectuadas en un potencióstato de CH instruments electrochemical workstation (CHI 760D). Se recolectaron: voltamogramas cíclicos (CV), voltamperogramas de barrido lineal (LSV), y se obtuvo la corriente en función del tiempo (i-t transitorios).

### 3. RESULTADOS

En los experimentos de i-t, en la figura 1, se observan escalones después de cierto tiempo, éstos corresponden a las colisiones de las NP's de TiO<sub>2</sub> que están ocurriendo en la superficie del UME-Pt de 10 μm.



**Figura 1.** Trazas de colisiones de NP's de TiO<sub>2</sub> inyectadas a 60 s en un UME-Pt de 10 μm en un i-t transitorio.

### 4. CONCLUSIONES

Las NP's de TiO<sub>2</sub> fueron depositadas en la superficie del UME-Pt por medio de colisiones y mostraron un aumento en la fotocorriente en el sentido anódico. Esta plática presentará la estadística estocástica para describir la dispersión del tamaño de los escalones que corresponden a la fotocorriente.

### 5. REFERENCIAS

- [1] Constantinides, G., *Nanotechnology in Eco-Efficient Construction*, **37**, 9 (2013).
- [2] Nakata, K., Fujishima, A., *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, **13**(3), 169 (2012).
- [3] Fernando, A., et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **135** (30), 10894 (2013).

# Paso hacia un electrolito sólido: Transformación y transporte iónico en óxido de silicio crecido sobre electrodos de silicio para baterías de ión Li

Presentación Oral

E. Quiroga González\*, N. Oropeza Miranda

Instituto de Física, BUAP

E-mail: [equiroga@ieee.org](mailto:equiroga@ieee.org)

356

## 1. INTRODUCCIÓN

En baterías de ión litio el electrolito es una de las partes vitales, permitiendo el intercambio iónico. En los últimos años se está tendiendo al uso de electrolitos sólidos, pero son de alto costo. Una opción basada en elementos abundantes son los silicatos de litio, con conductividad iónica de  $10^6$  a  $10^9$  S/cm. Se ha reportado que durante la litación/delitiación de electrodos de Si que tienen óxido nativo, se produce  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$  y  $\text{Li}_4\text{SiO}_4$  de forma irreversible [1, 2]. Así los autores del presente trabajo se han propuesto la síntesis de un electrolito sólido a base de  $\text{SiO}_2$  litiado de forma electroquímica, partiendo de películas de  $\text{SiO}_2$  crecido térmicamente. En particular, en este trabajo se discutirán aspectos de transformación de fase del  $\text{SiO}_2$  al ser litiado, y de la posibilidad de transporte iónico a través de él.

## 2. METODOLOGÍA

Se crecieron sobre obleas de silicio de grado metalúrgico películas de  $\text{SiO}_2$  por oxidación térmica bajo flujo de  $\text{O}_2$  a  $900^\circ\text{C}$ . Los espesores del óxido crecido fueron 20nm y 5nm. Por otro lado, también se oxidó una muestra de silicio con una capa porosa de alrededor de 1 mm. En este último caso se transformó la capa porosa a  $\text{SiO}_2$ , con la idea de que la porosidad sirva para el transporte de masa de electrolito líquido. Las diferentes muestras de silicio oxidadas se ensamblaron como electrodo en medias celdas de batería con litio como contraelectrodo, y LP30 como electrolito líquido. Las celdas fueron posteriormente sometidas a ciclado de carga/descarga. Se realizó de forma adicional un análisis in situ por espectroscopía de impedancia a diferentes ciclos.

## 3. RESULTADOS

De las curvas de capacidad de almacenamiento contra número de ciclos se pudo observar una eficiencia coulombica inferior al 20% en el primer ciclo en todas las muestras. Este fenómeno se ha atribuido comúnmente a la formación de un SEI (interfaz de electrolito sólido) sobre electrodos de silicio [3]. Sin

embargo, en los presentes casos también se cuenta con una capa de  $\text{SiO}_2$ . Para dilucidar si hay un

efecto de esta capa, a partir de los datos de ciclado se calcularon curvas de  $dV/dQ$ , que son análogas a voltamperogramas. Como ejemplo, en Figura 1 se muestran curvas del primer y tercer ciclo del periodo de litación del electrodo de silicio, para la muestra con 20 nm de óxido. En el ciclo 1 se pueden apreciar picos que en el ciclo 3 desaparecen. Uno se puede atribuir al SEI, y otros a la litación irreversible de  $\text{SiO}_2$ . A pesar de estas reacciones irreversibles, el silicio se sigue litiando/delitiando, indicando que el  $\text{SiO}_2$  litiado permite el transporte de iones.

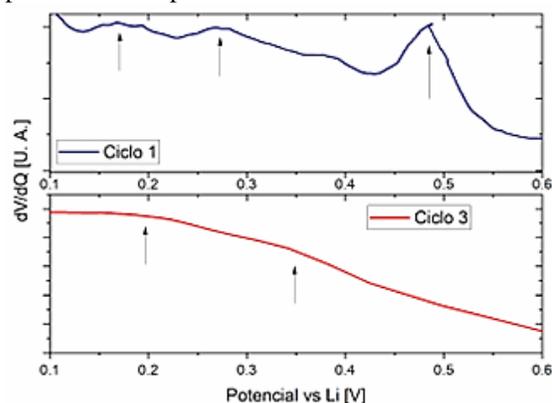


Figura 1. Curvas  $dV/dQ$  vs voltaje de electrodo de silicio con 20 nm de  $\text{SiO}_2$ .

## 4. CONCLUSIONES

El  $\text{SiO}_2$  se litia de forma irreversible, pero permite el transporte iónico hacia el electrodo de silicio en baterías de ión litio, dando un paso a la creación de un electrolito sólido.

## 5. REFERENCIAS

- [1] V. Aca-López, et al., *Mater. Sci. Semicon. Proces.*, **118**, 105206 (2020).
- [2] E. Quiroga-González et al., *Materials*, **6**, 623 (2013).
- [3] E. Quiroga-González, et al., *Electrochim. Acta*, **101**, 93 (2013).

# Polianilina dopada moléculas redox para capacitores de alta capacidad en electrolitos acuosos y orgánicos

Presentación Oral

J. J. Alcaraz Espinoza<sup>1</sup>, J. H. Sierra Uribe<sup>1</sup>, G. Ramos Sánchez<sup>1,2</sup>, I. Gonzalez Martinez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, CDMX 09340, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, CDMX 09340, México

E-mail: [josejarib@gmail.com](mailto:josejarib@gmail.com)

357

## 1. INTRODUCCIÓN

Los polímeros de conducción electrónica (PCs) poseen propiedades sobresalientes para electrodos flexibles de última generación, tales como procesos redox rápidos y flexibilidad mecánica. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento de los PCs es limitada, ya que durante el proceso de síntesis el dopante adicionado corresponde a una gran cantidad de material inerte, que si bien contribuye a dirigir la morfología u obtención de máxima conducción electrónica, su presencia reduce su capacidad final en términos de densidad energética y potencia[1]. En el presente trabajo se propone el azul de tripano, además de actuar como dopante posee actividad redox y grupos amino e hidroxilo que contribuyen a una mejor interacción entre el CP y el dopante para obtener un material con una alta capacidad de almacenamiento.

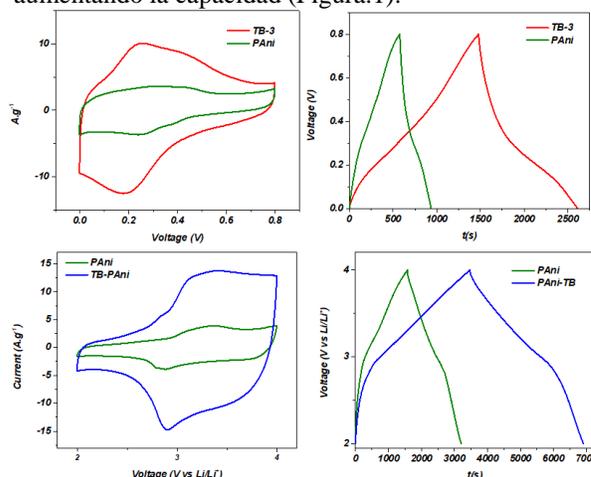
## 2. METODOLOGÍA

Los electrodos se obtuvieron por la polimerización electroquímica de PANI a un potencial constante de 0.8 V vs Ag/AgCl sobre una tela de carbono funcionalizada. Se obtuvieron diferentes PANIs al variar la relación molar del dopante azo con relación al monómero. Los materiales se caracterizaron por FTIR, microscopía electrónica y técnicas electroquímicas en medio acuoso y orgánico. Finalmente, se ensamblaron capacitores simétricos con los mejores electrodos.

## 3. RESULTADOS

La incorporación del colorante demostró tener un efecto directo en la morfología y estructura molecular del polímero de acuerdo a análisis de SEM y FTIR. Esto se corroboró con las pruebas electroquímicas que revelaron un aumento significativo en la capacitancia con un valor de 1764 F.g<sup>-1</sup> para la PANI con el dopante contra los 800 F.g de PANI sin dopar a una corriente 1 A.g<sup>-1</sup>. De esta forma el colorante actuó de manera

sinérgica con la PANI contribuyendo con procesos independientes, mejorando la transferencia de carga y aumentando la capacidad (Figura.1).



**Figura 1.** CV y perfiles de carga y descarga en electrolito acuoso y orgánico para las celdas simétricas de PANI y PANI-TB.

## 4. CONCLUSIONES

La ruta de síntesis propuesta resultó en un material con una capacidad superior a los del estado del arte. Se espera que este tipo de materiales puedan ser aplicados en dispositivos híbridos como capacitores.

## 5. REFERENCIAS

[1] Zhang, M. Y., Song, Y., Yang, D., Qin, Z., Guo, D., Bian, L. J., & Liu, X. X. *Advanced Functional Materials*, **31(1)**, 2006203 (2021).

# Desarrollo y estabilización de un bioánodo OsBPEI/GOx para su aplicación en una celda microfluídica de combustible

## Presentación Oral

D. Aguas Chantes<sup>1</sup>, L. L. Coria-Oriundo<sup>2</sup>, F. Battaglini<sup>2</sup>, J. R. Casanova Moreno<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas-Universidad de Buenos Aires.

E-mail: [daguas@cideteq.mx](mailto:daguas@cideteq.mx)

358

## 1. INTRODUCCIÓN

Las celdas microfluídicas de combustible funcionan con un suministro continuo de oxidante y combustible, cuyos fluidos se encuentran en la escala de microlitros convirtiendo la energía química en energía eléctrica [1]. En este trabajo se plantea el desarrollo de un ánodo enzimático estable basado en una polietilimina ramificada derivatizada con un complejo de osmio (OsBPEI) y glucosa oxidasa (GOx) entrecruzados con glutaraldehído (GA). El entrecruzamiento permite mantener el hidrogel en la superficie del electrodo formando una estructura 3D [2]. Por lo anterior, el entrecruzamiento con GA promete mejorar la estabilidad de los hidrogeles de OsBPEI/GOx para generar una mejor transferencia electrónica entre la enzima y la superficie de electrodo, haciendo que la conversión energética sea más eficiente. El primer alcance en esta investigación se ha hecho a través del depósito de este hidrogel sobre papel de fibras de carbono, demostrando que es un material de electrodo viable.

## 2. METODOLOGÍA

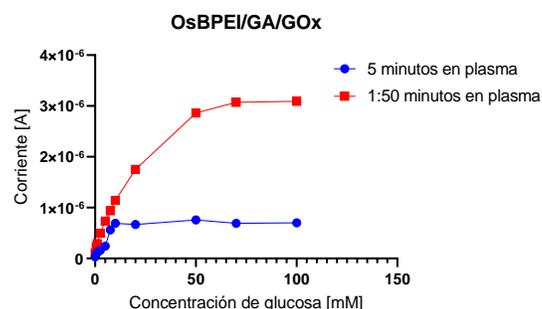
Se utilizaron papeles de fibras de carbono tratados con plasma de aire por diferentes tiempos, luego se depositaron los hidrogeles utilizando OsBPEI y GOx entrecruzados con GA. Posteriormente, se evaluaron mediante técnicas electroquímicas como voltamperometría cíclica y cronoamperometría a 120 segundos.

## 3. RESULTADOS

Los papeles de fibra de carbono modificados fueron evaluados una semana después del depósito del hidrogel, ya que la hidrofiliabilidad de la superficie de las fibras de carbono disminuye con el tiempo, puesto que el tratamiento con plasma es temporal, lo cual se conoce como efecto de envejecimiento [3]. En la Figura 1 se muestran las curvas de calibración de dos experimentos a diferentes tiempos de tratamiento con plasma. La actividad enzimática del hidrogel es

efectiva, ya que la corriente aumenta con la cantidad de glucosa. Por otro lado, se observó que a menor

tiempo de tratamiento con plasma produce una mayor respuesta de corriente.



**Figura 1.** Curvas de calibración con glucosa del sistema OsBPEI/GA/GOx sobre SIGRACET® 25 BC tratado en plasma.

## 4. CONCLUSIONES

Se pudo corroborar que el efecto de envejecimiento y el tiempo de tratamiento con plasma afectan la respuesta en corriente del sistema OsBPEI/GOx, pero no inhiben su actividad enzimática. Además, esta metodología se presenta como una alternativa posible para la construcción del bioánodo. Sin embargo, se debe evaluar su reproducibilidad así como la aplicación directa en una celda microfluídica de combustible.

## 5. REFERENCIAS

- [1] E. Kjeang, N. Djilali, D. Sinton, *Power Sources* **186**, 353 (2009).
- [2] J. Díaz-González, et al., *Electrochimica Acta*, **337**, 135782 (2022).
- [3] J. I. Méndez-Lina, E. Ortiz-Ortega, M. F. Jiménez-Moreno et al., *Carbon*, **169**, 32 (2020).

# Estudio cinético, de reversibilidad y retención de capacidad utilizando técnicas *in-situ* no destructivas como control de calidad para baterías comerciales de ion litio

Presentación Oral

R. Suarez Hernandez<sup>1\*</sup>, G. Ramos Sanchez<sup>1,2,3</sup>, I. González<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, <sup>2</sup>CONACYT, <sup>3</sup>Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No. 186, 09340 CDMX.

E-mail: [ruben.suarezhdez@outlook.com](mailto:ruben.suarezhdez@outlook.com)

## 1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen en el mercado una amplia variedad de baterías de iones litio BIL en diferentes presentaciones listas y disponibles para su aplicación directa [1, 2]. Generalmente, los fabricantes suelen garantizar estos dispositivos, sin embargo, la incertidumbre de no saber si las baterías fueron desarrolladas cumpliendo con los estándares mínimos de seguridad y calidad, disminuye la probabilidad de que sean utilizadas para la fabricación/ensamblaje de módulos para diferentes aplicaciones puesto que su comportamiento será incierto y solo se conocerá una vez que se comiencen utilizar. El correcto funcionamiento de las baterías dependerá en gran medida de las condiciones aleatorias de operación a las que el usuario las someterá, a través de la investigación académica dichas condiciones deben ser determinadas, definidas y comunicadas en etapas previas a un contexto de aplicación para garantizar la seguridad, la durabilidad, la capacidad y el rendimiento de las BIL en condiciones aleatorias [1]. Con esta idea, en este trabajo baterías comerciales tipo pouch cell fueron sometidas a una serie de pruebas electroquímicas no destructivas para realizar un estudio cinético y validar su reversibilidad y retención de capacidad. Estos parámetros permitieron determinar el grado de calidad de las baterías y establecer una metodología de control de calidad para dispositivos de diferentes químicas y geometrías.

## 2. METODOLOGÍA

Baterías tipo pouch cell de 2Ah (PL-605060-2C) se evaluaron rigurosamente en diferentes condiciones utilizando ciclado galvanostático y la aplicación de la espectroscopia de impedancia electroquímica galvanostática GEIS en un intervalo de frecuencia de 30 KHz a 0,5 Hz con una amplitud de señal de 100 mA. Los principales parámetros fueron obtenidos utilizando una ECC convencional para una celda de dos electrodos.

## 3. RESULTADOS

El estudio cinético, el cálculo de coeficiente de difusión, la conductividad electrónica, así como la DRT fueron determinados considerando los espectros mostrados en la figura 1.

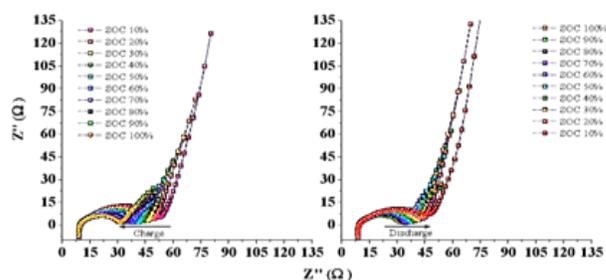


Figura 1. Diagramas de Nyquist utilizados para determinar la reversibilidad de una batería experimental tipo pouch cell.

## 4. CONCLUSIONES

La aplicación de técnicas electroquímicas *in-situ* no destructivas permitió determinar parámetros cinéticos, así como los asociados a la reversibilidad y retención de capacidad de una batería comercial. La metodología aplicada puede ser utilizada como protocolo para control de calidad de baterías comerciales de químicas y geometrías diversas.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Sarasketa-Zabala, E., et al., *The Journal of Physical Chemistry C.*, **119**(2), 896 (2014).
- [2] Barai, A., et al., *Progress in Energy and Combustion Science*, **72**, 1 (2019).

# Evaluación electroquímica en ácido fórmico de nanopartículas de paladio-plata sobre carbono vítreo y polipirrol empleando disolventes eutécticos profundos

Presentación Oral

E. Avalos Huarte, M. G. Montes de Oca-Yemha, M. Palomar Pardavé, J. I. Aldana González<sup>1</sup>, V.

A Medina Rojano

Área Ingeniería de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco.

E-mail: [mepp@azc.uam.mx](mailto:mepp@azc.uam.mx)

| 360

## 1. INTRODUCCIÓN.

Las celdas de combustible (CC) de ácido fórmico directo (DFAFC), a diferencia de las CC de metanol directo (DMFC), tienen como principales ventajas que el ácido fórmico es líquido a temperatura ambiente, no es tóxico ante la FDA (Federal Drug Administration), siendo Pd el electrocatalizador por excelencia para la reacción de oxidación de ácido fórmico [1]. Buscar métodos de síntesis sencillos de electrocatalizadores de Pd es el reto a resolver. En este trabajo se presenta la síntesis electroquímica de nanopartículas (NPs) de Paladio-Plata sobre dos soportes carbonosos, carbono vítreo y polipirrol (PPy) como polímero conductor. El proceso se lleva a cabo según la química verde a través de los disolventes eutécticos profundos (DES), Reline y Ethaline.

## 2. METODOLOGÍA

Primero se preparan los DES según la metodología de Smith et al. [2], posterior a ello, se preparan diferentes disoluciones blancas, monometálicas y bimetálicas. Previamente, se ha purificado el Pirrol para electropolimerizarlo en DES. Con el electrodo modificado se sintetizan por métodos potenciodinámicos y potencioestáticos las NPs de plata, paladio y paladio-plata. Se realizan caracterizaciones electroquímicas y de microscopía electrónica de barrido. Se evaluó el electrocatalizador en una celda de ácido fórmico.

## 3. RESULTADOS

Las técnicas electroquímicas, voltamperometría cíclica y cronoamperometría muestran efectos sinérgicos producidos entre el sustrato polipirrol y las nanopartículas en torno al mejoramiento de propiedades electrocatalíticas en la oxidación del ácido fórmico.

## 4. CONCLUSIONES

Se logró evaluar nanopartículas de paladio-plata sobre polipirrol y carbono vítreo en la oxidación de ácido fórmico empleando Reline y Ethaline como disolventes eutécticos profundos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. Ha, R. Larsen, Y. Zhu, and R. I. Masel, *Fuel Cells*, 4(4), 337 (2004).
- [2] E. L. Smith, A. P. Abbott, and K. S. Ryder, *Chem. Rev.*, 114(21), 11060 (2014).

# Evolución de hidrógeno mediante nanopartículas metálicas sintetizadas en un disolvente eutéctico profundo

## Presentación Oral

V. A. Medina Rojano, W. J. Arizmendi Leal, J. I. Aldana González, M. G. Montes de Oca Yemha, M. A. Romero Romo, M. E. Palomar Pardave

Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco, Ciudad de México 02200, México.

E-mail: [mepp@correo.azc.uam.mx](mailto:mepp@correo.azc.uam.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, se han buscado incrementar las fuentes de energía que disminuyan el efecto del calentamiento global. El hidrógeno ha despertado, desde hace varios años, la atención de la comunidad científica, por sus múltiples ventajas, entre ellas la alta capacidad de energía que posee. Uno de los métodos que más se ha investigado en los últimos años es la reacción de evolución de hidrógeno (REH), ya que esta permite obtener hidrógeno en altos porcentajes de manera segura y efectiva [1], pero, para llevar a cabo esta se requieren de catalizadores que puedan agilizar el proceso, además de la accesibilidad del precio. Diversos elementos metálicos, generalmente de los metales de transición, presentan la mayor actividad catalítica, entre ellos, se encuentran los metales preciosos, como: Pt, Pd, Ag, Au y Rh, o bien aleación o estructuras tipo corazón-envolvente [2]. Dada la importancia de síntesis de estos materiales, se siguen buscando alternativas de métodos eficientes de síntesis. Una alternativa viable es el uso de métodos electroquímicos a partir de procesos de electro-reducción [3].

## 2. METODOLOGÍA

Se empleó un arreglo típico de 3 electrodos; un electrodo de trabajo (WE) Carbono vítreo, un electrodo de referencia (ER) que será un alambre de plata de alta pureza, como contraelectrodo (CE) una barra de grafito y se conectaran a un potenciostato-galvanostato donde se llevaron a cabo las técnicas electroquímicas de Voltamperometría Cíclica (VC) y Cronoamperometría (CA).

## 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra los voltamperogramas cíclicos (VC) del sistema de PdCl<sub>2</sub> en cloruro de colina y urea, en relación molar 1:2, respectivamente, conocido como relino. Para después realizar los

cronoamperogramas en la síntesis de las nanopartículas de Pd que se usaron para REH.

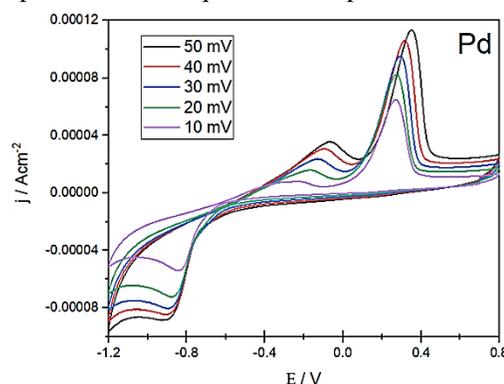


Figura 1. VC experimental típico registrado con el electrodo GCE sumergido en relino con 5 mM PdCl<sub>2</sub>.

## 4. CONCLUSIONES

En este trabajo, se ha presentado la evolución de hidrógeno mediante la síntesis de nanopartículas de Pd en relino. Se observó las señales presentes de los voltamperogramas cíclicos de Pd y Rh. Donde se logró comparar las distintas actividades electrocatalíticas con respecto al sistema monometálico de Pd.

## 5. REFERENCIAS

- [1] L. Ortega-Chávez, et al. "Modelación matemática de la reacción de evolución del hidrógeno utilizando HClO<sub>4</sub> y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como electrolitos," *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 24, no. 1, pp. 21 (2008)
- [2] Han, Zhu Zhang, et al. "Platinum-rhodium alloyed dendritic nanoassemblies: An all-pH efficient and stable electrocatalyst for hydrogen evolution reaction," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 11, pp. 6110 (2020)
- [3] Fan, et al. "Interstitial Hydrogen Atom Modulation to Boost Hydrogen Evolution in Pd-Based Alloy Nanoparticles," *ACS Nano*, vol. 13, no. 11, pp. 12987 (2019)

# Evaluación electrocatalítica de soluciones ionoméricas a base de polisulfona en las reacciones de celda de combustible

## Presentación Oral

M. I. Salazar Gastélum<sup>1,2\*</sup>, A. N. Aldana Rodríguez<sup>1</sup>, L. J. Salazar Gastélum<sup>1</sup>, M. Beltrán Gastélum<sup>1</sup>, S. Pérez Sicaíros<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Centro de Graduados e Investigación en Química. Blvd. Alberto Limón Padilla s/n Tijuana, BC, 22500.

<sup>2</sup>Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Posgrado en Ciencias de la Ingeniería. Blvd. Alberto Limón Padilla s/n Tijuana, BC, 22500.

E-mail: [moises.salazar@tectijuana.edu.mx](mailto:moises.salazar@tectijuana.edu.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se evaluó el desempeño electrocatalítico de tintas preparadas con un catalizador comercial de Pt/C y ionómeros a base de polisulfona (PS) cuaternizada en las reacciones que ocurren en la celda de combustible de membrana de intercambio aniónico (AEMFC, por sus siglas en inglés). Las reacciones que se investigaron fueron la reacción de reducción de oxígeno y la reacción de oxidación de hidrógeno (RRO y ROH).

## 2. METODOLOGÍA

Se estudió el efecto del grado de funcionalización de la PS (60%, 90% y 130%) con grupos amino, empleando trietilamina. Asimismo, se evaluó el contenido del ionomero en la tinta (0.5%, 1.0% y 2.5%) en la actividad electrocatalítica y el mecanismo de la RRO y ROH. La actividad de ambas reacciones se verificó de acuerdo a parámetros tales como el potencial de media onda ( $E_{1/2}$ ) y la densidad de corriente límite ( $j_{lim}$ ), mientras que el mecanismo de las reacciones se verificó por el análisis de Koutecky-Levich y el análisis de Tafel.

## 3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los parámetros electroquímicos y mecanísticos de los tres ionómeros (60%, 90% y 130%) con un contenido del ionomero de 1.0% en la tinta. La evaluación de los parámetros mecanísticos de la RRO y la ROH se realizaron de acuerdo a la referencia [1].

**Tabla 1.** Parámetros electroquímicos ( $E_{1/2}$  y  $J_{lim}$ ) y parámetros del mecanismo para la RRO y la ROH para el catalizador de Pt/C con ionomero de PS funcionalizado con grupos amino.

1.00%	RRO		ROH	
	$E_{1/2}$ (V vs RHE)	$J_{lim}$ (mA cm <sup>-2</sup> )	$E_{1/2}$ (V vs RHE)	$J_{lim}$ (mA cm <sup>-2</sup> )
PS 60%	0.62	-2.84	0.11	1.10
PS 90%	0.64	-3.49	0.22	0.40
PS 130%	0.64	-3.12	0.10	1.38
Nafion®	0.63	-3.47	0.06	1.93
1.00%	Pend Tafel (V/de c)	Pend KL	Pend Tafel (V/dec)	Pend KL
PS 60%	0.123	-5.88	0.083	14.41
PS 90%	0.182	-6.77	0.083	34.76
PS 130%	0.173	-1.67	0.107	15.58
Nafion®	0.172	-4.42	0.125	9.46

## 4. CONCLUSIONES

Los resultados de la evaluación electrocatalítica muestran que la tinta preparada con la solución ionomérica de PS con un grado de funcionalización de 90% favorece la actividad catalítica hacia la ORR, mientras que la PS con un grado de funcionalización de 130% favorece la actividad catalítica de la HOR.

## 5. REFERENCIAS

[1] F. Anaya, et al., *Nanomaterials*, **11**, 3156 (2021).

## Síntesis y evaluación del catalizador de AgCu/C para su aplicación en celdas de combustible de membrana alcalina

### Presentación Oral

M. Beltrán Gastélum, S. G. Portillo Fuentes, S. Perez Sicaños, B. Trujillo Navarrete, M. I. Salazar Gastélum, E. A. Reynoso Soto, R. M. Félix Navarro\*

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Centro de Graduados e Investigación en Química. Blvd. Alberto Limón Padilla s/n Tijuana, BC, 22500.

E-mail: [marabeltran@tectijuana.edu.mx](mailto:marabeltran@tectijuana.edu.mx), [rmfelix@tectijuana.edu.mx](mailto:rmfelix@tectijuana.edu.mx)\*

### 1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se reporta la síntesis del material AgCu/C, empleando un método sencillo de desplazamiento galvánico de Ag sobre la plantilla comercial de Cu/C; realizando el estudio como catalizador en la Reacción de Reducción de Oxígeno (RRO), la cual es la reacción catódica que ocurre en las celdas de combustible [1]. El material de AgCu/C mostró mejor desempeño catalítico que la plantilla comercial utilizada (Cu/C). Estos materiales fueron evaluados en una Celda de Combustible de Membrana Alcalina (AMFC).

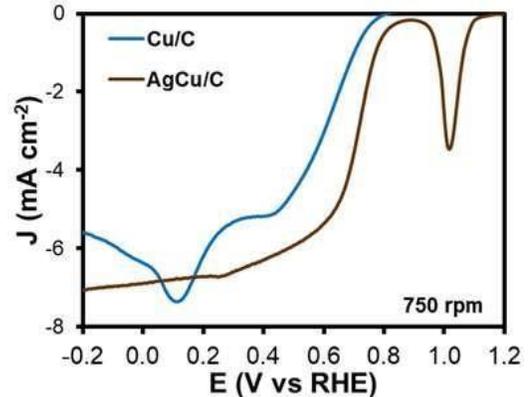
### 2. METODOLOGÍA

La síntesis del material de AgCu/C se realizó mediante el método de desplazamiento galvánico de Ag sobre una plantilla de Cu/C (20%). El proceso de desplazamiento galvánico está asistido por ultrasonido (US); posteriormente, se adicionó una solución acuosa con citrato tribásico de sodio. La evaluación de la actividad catalítica de los materiales para la RRO se realizó por medio de la técnica de voltamperometría de barrido lineal, usando la técnica de electrodo de disco rotatorio, empleando un potenciostato/galvanostato marca Biologic modelo VMP-300 y un regulador de velocidad marca PINE research modelo AFMSRCE, en una solución de KOH 0.1 M a temperatura ambiente, burbujeada con oxígeno (O<sub>2</sub>).

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran las curvas de polarización del catalizador de AgCu/C y el material plantilla de Cu/C para la RRO; el catalizador de AgCu/C mostró mayor densidad de corriente y potencial de media onda más positivo en comparación con la plantilla de Cu/C, acorde a los resultados obtenidos por análisis de fisisorción, teniendo un valor de área superficial mayor del catalizador de AgCu/C (en comparación con el catalizador plantilla de Cu/C), indicando una estructura más porosa en este catalizador, aumentando

los sitios activos para llevar a cabo la RRO.



**Figura 1.** Curvas de polarización a 750 rpm de los materiales de AgCu/C y los catalizadores comerciales de Cu/C (plantilla) y Ag/C, obtenidas en un medio de KOH 0.1 M saturado con O<sub>2</sub> a una velocidad de barrido 5 mV s<sup>-1</sup>.

### 4. CONCLUSIONES

El material bimetalico de AgCu/C obtuvo mayor valor de densidad de corriente y mejor potencial de media onda que el catalizador de Cu/C (plantilla). La utilización de esta metodología produce un catalizador enriquecido en Ag y el contenido de Cu se ve disminuido, lo que indica que al mismo tiempo que se esta reduciendo la Ag tambien esta ocurriendo una redisolución del cobre, haciendo una estructura más porosa, provocando que haya una mayor cantidad de sitios activos.

### 5. REFERENCIAS

[1] V.M. Truong, et al., *Int. J. Pr. Eng. Man-G.T.* 711 (2019).

## Effect of Cu doping on the performance of $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ cathode material for IT-SOFCs

Presentación Oral

K.P. Padmasree<sup>1,2\*</sup>, K. Lai<sup>1</sup>, A. Manthiram<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Texas Materials Institute, The University of Texas at Austin, TX, 78712, USA

<sup>2</sup>Cinvestav Unidad Saltillo, Parque Industrial, Ramos Arizpe, Coahuila, 25900, México

E-mail: [padmasree@cinvestav.edu.mx](mailto:padmasree@cinvestav.edu.mx)

| 364

### 1. INTRODUCTION

The high efficiency, fuel flexibility and environmental friendliness of solid oxide fuel cells (SOFCs) make them an attractive energy conversion device [1,2]. However, the high operating temperature (1000 °C) of the conventional SOFCs limits its wide commercialization. Therefore, the recent effort is to reduce the operating temperature to an intermediate-temperature, (IT) range of 500-800 °C. The  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_{3-\delta}$  cathode material exhibit poor catalytic activity towards oxygen reduction reaction (ORR) below 800 °C. Cobalt based cathode materials exhibit increased electrochemical performance due to their mixed ionic-electronic conducting (MIEC) properties and excellent catalytic activity towards ORR. However, they exhibited a high thermal expansion coefficient ( $\text{TEC} > 20 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ). Recently,  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  misfit oxide with MIEC properties exhibited good electrochemical performance as cathode materials. In this work, we are studying the effect of Cu doping in the  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  oxide on the thermal expansion, chemical stability, electrical properties etc. Similarly, analyzed the electrochemical performances of the composite cathodes  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  + GDC (gadolinia doped ceria) for the ORR.

### 2. EXPERIMENTAL

The samples  $\text{Ca}_3\text{Co}_{4-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9+\delta}$  with  $x = 0$  and  $0.1$  were synthesized by solid-state reaction. The samples were characterized by X-ray diffraction, thermogravimetric analysis, thermal expansion coefficient, electrical properties, chemical and phase stability etc. Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) was used to characterize the catalytic activity of these samples towards ORR.

### 3. RESULTS

The XRD patterns exhibit monoclinic crystalline phases. The thermal analysis shows the oxygen content increases slightly with doping. The TEC of the doped sample is slightly lower than of the undoped sample. The XRD patterns of the chemical compatibility of cathode and GDC electrolyte indicates the presence of no interface reaction. Both samples show a semiconducting like behavior at low temperatures and a metallic behavior at high temperatures. The Cu substitution increase the electrical conductivity in  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$  sample. The impedance spectra show an overlapping of two depressed semicircles, which suggest that the ORR involves at least two electrode process where the high frequency semicircle is associated to the charge-transfer process and low-frequency is related to the oxygen surface exchange reaction, gas-phase diffusion etc. The high value of the high frequency resistance indicates charge-transfer reactions being the major rate-limiting step for the ORR. Although Cu doping increases the total conductivity, the cathode polarization resistance is higher compared to undoped sample. Similarly, SEM micrographs shows the undoped sample is not dense and exhibit high porosity compared to Cu doped sample. The lower sinterability of undoped sample favor oxygen diffusion and it could be the reason that a low resistance obtained for the undoped sample.

### 4. CONCLUSIONS

The samples were synthesized by solid state reaction and studied the effect of Cu doping on  $\text{Ca}_3\text{Co}_{3.9-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9+\delta}$  with  $x = 0$  and  $0.1$ . The samples exhibit good TEC matching and chemical stability with GDC electrolyte. The electrical conductivity increases in Cu doped sample. However, Cu doped sample shows no significant effect on the electrocatalytic activity for ORR.

### 5. REFERENCES

- [1] K.P. Padmasree, Keyu- Lai, W. Kaveevivitchai, A. Manthiram, *J. Power Sources*, **374**, 249 (2018).
- [2] K. P. Padmasree, Keyu- Lai, A.F. Fuentes, A. Manthiram, *Int. J. Hydrogen Energy*, **44**, 1896 (2019).

# Almacenamiento de iones $Zn^{2+}$ en $VO_2$ : impacto de la morfología, estructura cristalina y ruta de síntesis

Presentación Oral

G. Ramírez Campos<sup>1</sup>, P. Acevedo Peña<sup>2\*</sup>, J. A. I. Díaz Góngora<sup>1</sup>, E. Reguera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA-Legaria.

<sup>2</sup>CONACYT- Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA-Legaria.

E-mail: [prosperoster@gmail.com](mailto:prosperoster@gmail.com),

## 1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento comercial de los vehículos eléctricos, la constante innovación de los dispositivos electrónicos y, en general, la alta demanda de sistemas de almacenamiento, hace que sea urgente buscar una alternativa para poder satisfacer la demanda.

Las baterías de iones de zinc recargables acuosas (ARZIBs) son una de las alternativas para reemplazar las LIBs en los sistemas de almacenamiento de energía ya que Zn es un material más seguro de ensamblar (estable en agua y aire), abundante, de bajo costo y con un menor impacto ambiental que en LIBs. El óxido de vanadio es uno de los materiales más atractivos para ser utilizado como cátodo en ARZIB, ya que presenta múltiples estados de oxidación ( $V^{2+}$ ,  $V^{3+}$ ,  $V^{4+}$  y  $V^{5+}$ ), lo que le otorga una alta capacidad específica. En este trabajo se empleó una ruta sintética alternativa para obtener óxidos de vanadio con diferentes morfologías a partir de acetilacetato de vanadilo como precursor. [1-2]

## 2. METODOLOGÍA

Se sintetizó óxido de vanadio a partir de acetilacetato de vanadilo con diferente morfología y estructura cristalina mediante una ruta solvotérmica de dos pasos a diferentes temperaturas.

Se utilizaron celdas tipo Swagelok para el estudio electroquímico de los materiales en disposición de dos electrodos.

## 3. RESULTADOS

La temperatura empleada durante las propiedades hidrotermales alteró la morfología, las características espectroscópicas y estructurales, así como el comportamiento electroquímico de los óxidos de vanadio sintetizados. El material con mejor respuesta electroquímica fue el  $230^\circ C$ , el cual fue capaz de entregar una capacidad de hasta  $\sim 300 \text{ mA h g}^{-1}$  a  $0.1$

$A \text{ g}^{-1}$ , entregando una energía de  $168 \text{ Wh kg}^{-1}$  y una potencia de  $65 \text{ W kg}^{-1}$ . Además, el ARZIB ensamblado con este material conserva más del 90% de su capacidad inicial luego de 2000 ciclos a  $1 \text{ Ag}^{-1}$ .

## 4. CONCLUSIONES

Se desarrolló una nueva estrategia para sintetizar  $VO_2$  a partir de acetilacetato de vanadilo, la cual no ha sido reportada. Se analizaron los cambios morfológicos y estructurales causados por un tratamiento hidrotérmico, así como el impacto en la respuesta electroquímica de los óxidos obtenidos a diferentes temperaturas. Se encontró el mejor desempeño para el material con estructura monoclinica  $VO_2$  (B) y morfología de varillas.

Las pruebas electroquímicas mostraron que este material exhibe propiedades sobresalientes como alta capacidad ( $300 \text{ mAhg}^{-1}$  a  $0.1 \text{ Ag}^{-1}$ ) y excelente estabilidad de ciclado.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Pan, D., Liu, T., Zhang, Y., Ding, M., & Chen, L. *Journal of Alloys and Compounds*, 895, 162615 (2022).
- [2] Wang, Q., Sun, T., Zheng, S., Li, L., Ma, T., & Liang, J. *Chemistry Frontiers*, 8(20), 4497 (2021).

# Nanopartículas de óxidos metálicos soportados en nanotubos de carbono como electrocatalizadores para la reacción de oxidación de glicerol

Presentación Oral

D. M. Morales<sup>1\*</sup>

Nachwuchsgruppe Gestaltung des Sauerstoffentwicklungsmechanismus, Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Hahn-Meitner-Platz 1, 14109 Berlin, Germany.

E-mail: [dulce.morales\\_hernandez@helmholtz-berlin.de](mailto:dulce.morales_hernandez@helmholtz-berlin.de)

## 1. INTRODUCCIÓN

La sustitución de la reacción anódica de la electrólisis del agua, es decir, la reacción de evolución de oxígeno (OER), por un proceso alternativo como la oxidación del glicerol (GOR) permite disminuir el costo energético de la producción de H<sub>2</sub> en el cátodo, generando además productos de alto valor en el ánodo. Para ello es necesario diseñar catalizadores eficientes y de bajo costo, así como optimizar las condiciones de operación de la electrólisis. En esta contribución, presento la síntesis y evaluación de nanopartículas de óxidos metálicos (MO<sub>x</sub>, con M = Mn, Fe, Ni y Co) soportadas en nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNTs) como electrocatalizadores para la GOR en medio alcalino [1].

## 2. METODOLOGÍA

Los catalizadores fueron sintetizados por CVD seguida de impregnación con soluciones de nitratos y pirólisis. Su desempeño fue evaluado por métodos voltamétricos y/o cronométricos usando como electrolito 1 M y 7 M KOH en presencia y ausencia de glicerol mediante un sistema de electrodo de disco rotatorio y una celda de flujo. Los productos de la electrólisis fueron analizados por HPLC.

## 3. RESULTADOS

NiO<sub>x</sub>/MWCNTs mostró un alto desempeño catalítico en 1 M KOH, tanto para la OER como para la GOR, superior a sus análogos basados en Fe, Mn y Co (Tabla 1). El análisis de productos reveló una altaselectividad de este material hacia la generación de formato durante electrólisis a diferentes potenciales. Al incrementar la concentración de electrolito a 7 M, se observó un incremento en la actividad catalítica de NiO<sub>x</sub>/MWCNTs, así como un cambio en su selectividad: durante las primeras horas de electrólisis, se generaron mayormente formato y oxalato en cantidades comparables, mientras que a mayor tiempo (>30 h) se obtuvieron únicamente oxalato y acetato en una proporción 60:1.

**Tabla 1.** Potenciales extraídos de voltamogramas (5 mV s<sup>-1</sup>, 1600 rpm) obtenidos en ausencia (E<sub>OER</sub>) y en presencia (E<sub>GOR</sub>) de glicerol correspondientes a una densidad de corriente de 10 mA cm<sup>-2</sup>.

Metal	Electrolito	EOER / VRHE	EGOR / VRHE
Co	1 M KOH	1.62	1.49
Fe	1 M KOH	1.64	1.55
Mn	1 M KOH	1.70	1.66
Ni	1 M KOH	1.59	1.31
Ni	7 M KOH	-	1.27

## 4. CONCLUSIONES

Muestras tipo MO<sub>x</sub>/MWCNTs (M = Mn, Fe, Ni, Co) fueron evaluadas como electrocatalizadores para la OER y la GOR. Entre ellas, NiO<sub>x</sub>/MWCNTs se distinguió por su alta actividad catalítica para ambas reacciones. El análisis de productos reveló que tanto la concentración de KOH como el tiempo de electrólisis juegan papeles importantes en la selectividad del material. Finalmente, se propone a NiO<sub>x</sub>/MWCNTs como un catalizador efectivo para la conversión de glicerol a oxalato en 7 M KOH. Se agradece a la Dra. M. A. Kazakova, al Prof. W. Schuhmann y a colegas de la Ruhr-University Bochum por sus contribuciones a este trabajo, así como a la Deutsche Forschungsgemeinschaft for el apoyo financiero en el marco de la Unidad de Investigación 2982 "UNODE – Unusual anode reactions" [433304666, 433304702]".

## 5. REFERENCIAS

[1] D. M. Morales, et al., *ACS Catal.* **12**, 982 (2022).

# Generación de energía eléctrica mediante un nanogenerador triboeléctrico a través de electrodepósitos de polianilina sobre electrodos de cobre

Presentación Oral

J. V. Hernández Bribiescas<sup>1</sup>, J. M. Blancas Flores<sup>1</sup>, A. G. González Gutiérrez<sup>2</sup>, V. H. Romero Arellano<sup>1</sup>, P. D. Astudillo Sánchez<sup>1</sup>, G. Rocha Ortiz<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup> Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara.

<sup>2</sup> Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara.

E-mail: [gilberto.rocha@academicos.udg.mx](mailto:gilberto.rocha@academicos.udg.mx)

367

## 1. INTRODUCCIÓN

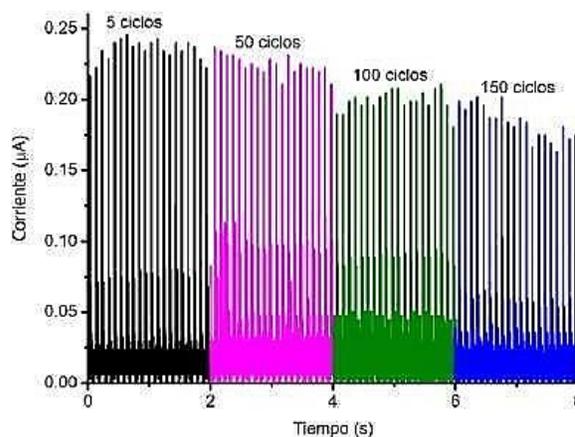
El efecto triboeléctrico es una forma de generación de energía eléctrica causada por el contacto entre dos materiales de afinidad eléctrica opuesta, una de naturaleza dieléctrica o semiconductora y la segunda de origen conductora. Dicho efecto se presenta en el nanogenerador triboeléctrico (TENG, por sus siglas en inglés) [1]. En este trabajo se muestra el potencial y la corriente eléctrica generada por la fabricación de un TENG con arreglo de dos electrodos, empleando cobre (Cu) como material conductor y cobre/polianilina (Cu/PANI) como semiconductor. La respuesta del TENG fue analizada en un osciloscopio.

## 2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución 0.15 M de anilina en 0.2 M de oxalato de sodio. Como electrodo de trabajo se utilizó una lámina de cobre comercial de 1 cm<sup>2</sup> de área, mismo que fue empleado como electrodo en el TENG. Como contraelectrodo se empleó un alambre de platino y como referencia un electrodo de calomel (SCE). Se realizaron diferentes ciclos de depósito (5, 50, 100 y 150) a una velocidad de 20 mV/s en una ventana de potencial de -0.2 a 1.6 V vs SCE. Se ensambló el TENG con electrodos de Cu y Cu/PANI, midiendo la respuesta a través de un osciloscopio.

## 3. RESULTADOS

La polimerización en una lámina de cobre se comenzó al oxidar la anilina a 1 V vs SCE aproximadamente. Al terminar la polimerización, se ensamblaron los electrodos en el TENG, observando que la respuesta de corriente y potencial está relacionada con la polimerización. A medida que incrementa el número de ciclos disminuye la respuesta del efecto triboeléctrico (figura y tabla 1).



**Figura 1.** Respuesta de salida de corriente eléctrica del TENG con respecto a los diferentes ciclos de depósito de PANI.

**Tabla 1.** Valores de corriente y potencial de salida del TENG a diferentes ciclos de depósito.

Ciclo de depósito	Corriente (μA)	Voltaje (V)
5	0.235 ± 0.007	0.664 ± 0.022
50	0.219 ± 0.010	0.569 ± 0.050
100	0.201 ± 0.005	0.584 ± 0.018
150	0.184 ± 0.012	0.543 ± 0.016

## 4. CONCLUSIONES

Se logró generar energía eléctrica empleando un nanogenerador triboeléctrico construido con electrodos de Cu y Cu modificado con PANI. Se observó una ligera tendencia que sugiere que a menor espesor de polímero, mejor respuesta de corriente y potencial del TENG.

## 5. REFERENCIAS

[1] Manyala, R (ed.). *A Guide to Small-Scale Energy Harvesting Techniques*, 1-32, IntechOpen, London. (2020)

## Preparación de electrodos de Perovskita-Fibra de carbón como cátodos en baterías de Zn-aire

### Presentación Oral

J. E. Ruiz Rocha<sup>1</sup>, S. Gutiérrez Granados<sup>1</sup>, J. S. Jaime Ferrer<sup>2</sup>, P. Barboix<sup>3</sup>, D. Giaume<sup>3</sup>

<sup>1</sup>División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

<sup>2</sup>Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas.

<sup>3</sup>École Nationale Supérieure de Chimie de Paris.

E-mail: [je.ruizrocha@ugto.mx](mailto:je.ruizrocha@ugto.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

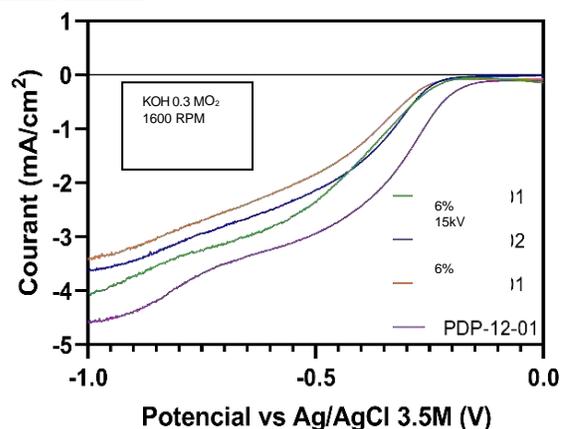
El desarrollo de electrodos de baterías tipo metal aire se debe enfocar en el catalizador y el conductor eléctrico, por lo que en este trabajo se propone como catalizador especies de tipo Perovskita [1] incorporadas en fibras de carbón [2] preparadas por la técnica de electrohilado. El estudio analiza el efecto de la temperatura de carbonización de las fibras en las propiedades electrocatalíticas del material y en la variación de los parámetros del electrohilado [3].

### 2. METODOLOGÍA

Las estructuras tipo perovskita se prepararon mediante la técnica de la combustión del ácido cítrico con posterior calcinación a 700 °C. La perovskita tipo LSMO se mezclan con una solución depoliacrilonitrilo (PAN) en dimetilformamida. La solución polimérica se somete a un proceso de electrohilado. Las fibras poliméricas se estabilizan mediante un tratamiento térmico y posteriormente se carbonizaron a temperaturas por arriba de 700 °C. El estudio analiza el efecto de la temperatura de carbonización de las fibras en las propiedades electrocatalíticas del material y en la variación de los parámetros del electrohilado.

### 3. RESULTADOS

Los análisis de SEM muestran que el tamaño de fibra depende de las condiciones del proceso de electrohilado. Se observó que la conductividad de las fibras de carbón incrementa con la disminución del diámetro de la fibra de carbón, la cual es controlada por la concentración de polímero. La variación del potencial de electrohilado no impacta en las propiedades electroquímicas. Existe una relación entre el grado de grafitización y la conductividad eléctrica de las fibras, con cambios significativos hasta una temperatura de 900 °C.



**Figura 1.** Voltamperogramas de disco rotatorio de la reducción de oxígeno sobre fibras de carbón-perovskita en KOH 0.3 M preparadas en diferentes condiciones de electrohilado.

### 4. CONCLUSIONES

La perovskita se encuentra dispersa correctamente en las fibras de carbón. Las fibras carbonizadas a una temperatura de 700 °C presentan la mejor electroactividad. La temperatura de carbonización mejora la conductividad eléctrica de las fibras de carbón hasta una temperatura de 900 °C. La dispersión directa del material electrocatalizador en la estructura conductora permite una mejora en la catálisis de la reducción de oxígeno

### 5. REFERENCIAS

- [1] Yejian Xue, *et al.*, *J. Power Sources*, **342**, 192 (2017).
- [2] Dixuan Cheng, *et al.*, *Carbon N. Y.*, **170**, 527 (2020).
- [3] Hongfei Li, *et al.*, *Nano Energy*, **62**, 550 (2019).

# Conversión de energía sostenible del glicerol crudo como biocombustible empleando nanomateriales de PdBi

Presentación Oral

I. Velázquez Hernández,<sup>1,2\*</sup> L. Torres Pacheco,<sup>2</sup> A. Álvarez López,<sup>2</sup>  
L. Álvarez Contreras,<sup>3</sup> M. Guerra Balcázar,<sup>2</sup> y N. Arjona<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C., Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, C. P. 76703, México

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería, División de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, C. P. 76010, México

<sup>3</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, C. P. 31136, México

E-mail: [\\*isaacvh\\_qi@hotmail.com](mailto:isaacvh_qi@hotmail.com), [\\*wvelazquez@cideteq.mx](mailto:wvelazquez@cideteq.mx)

## 1. INTRODUCCIÓN

La conversión de energía limpia y renovable involucra el desarrollo de electrocatalizadores baratos, funcionales y duraderos a través de la química verde, y la valorización de desechos como el glicerol crudo para un dispositivo de conversión de energía sostenible [1]. En este trabajo, se evaluó glicerol crudo como biocombustible para aplicaciones de celdas de combustible en nanomateriales de PdBi. El bismuto en diferentes concentraciones (15, 55, 70 y 83 %) promovió cambios electrónicos y morfológicos. Se encontró que el catalizador de Pd se dispersó atómicamente en el material Pd<sub>85</sub>Bi<sub>15</sub>/C. Mientras que, el aumento del contenido de Bi formó nanopartículas hemisféricas y luego, en una composición de Pd<sub>17</sub>Bi<sub>83</sub>/C, se encontraron materiales 2D. La difracción de rayos X y la espectroscopia de fotoelectrones de rayos X indicaron que el bismuto estaba en forma de Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Bi(OH)<sub>3</sub>.

## 2. METODOLOGÍA

Los materiales se sintetizaron por reducción química empleando el formato de 2-hidroxietilamonio [1], la caracterización y evaluación electroquímica de los nanomateriales de PdBi se evaluó como en trabajos anteriores [1].

## 3. RESULTADOS

Los nanomateriales Pd<sub>30</sub>Bi<sub>70</sub>/C y Pd<sub>17</sub>Bi<sub>83</sub>/C fueron los dos electrocatalizadores con mayor actividad para la reacción de electro-oxidación del glicerol crudo [Figura 1]. Además, estas densidades de corriente fueron más altas que los valores informados para los materiales basados en Pd, y el Pd<sub>17</sub>Bi<sub>83</sub>/C fue el material más estable que retuvo la actividad durante

500 ciclos, siendo más estable que otros materiales encontrados en la literatura basados en metales del grupo de Pt [1].

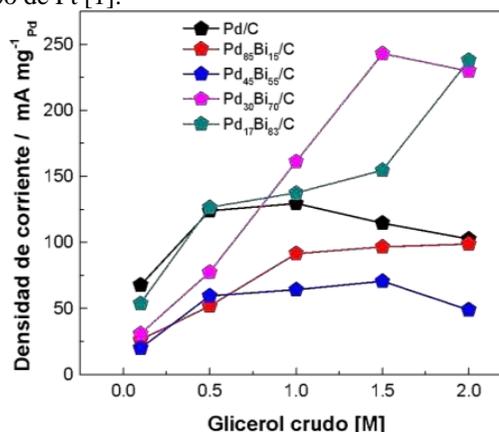


Figura 1. Comparación de la densidad de corriente máxima para los nanomateriales.

## 4. CONCLUSIONES

La alta actividad encontrada en la reacción de electro-oxidación del glicerol crudo en los nanomateriales Pd<sub>30</sub>Bi<sub>70</sub>/C y Pd<sub>17</sub>Bi<sub>83</sub>/C puede estar relacionada con la presencia de Pd atómicamente disperso, y con la alta presencia de especies Bi-O que aumentan la capacidad de transferencia de electrones y el debilitamiento de la adsorción de CO, lo que resulta en la renovación de sitios activos debido a una desorción de subproducto efectiva como lo sugieren las pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica EIS.

## 5. REFERENCIAS

[1] I. Velázquez-Hernández, et al., *Applied Surface Science*, **545**, 149055 (2021).

# Síntesis y caracterización de hidrogeles compuestos de quitosano/almidón de semilla de aguacate como electrolito en baterías de zinc-aire

Presentación Oral

M. I. Cruz Balaz<sup>1</sup>, M. F. Bósquez Cáceres<sup>1</sup>, L. De Lima<sup>1</sup>, L. Álvarez Contreras<sup>2</sup>,  
R. M. Michell<sup>1</sup>, J. P. Tafur<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación Aplicada en Materiales y Procesos (GIAMP), Escuela de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Yachay Tech, Urcuquí 100119, Ecuador

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua C. P.31136, México.

E-mail: [jtafur@yachaytech.edu.ec](mailto:jtafur@yachaytech.edu.ec)

## 1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de baterías innovadoras se considera una opción plausible para superar la necesidad de almacenamiento de energía. En la actualidad, las investigaciones se centran en la mejora de los electrolitos, ya sea en estado sólido o de gel es así que los biopolímeros representan una excelente opción para ser utilizados como electrolitos en fase gel. En el presente trabajo se sintetizan hidrogeles poliméricos a base de almidón obtenido a partir de los residuos de semillas de aguacate y quitosano, el cual se utiliza como soporte de la mezcla de polímeros debido a su alta resistencia mecánica con bajo grado de cristalinidad [1]. Por otra parte, se utiliza epíclorhidrina como reticulante químico para crear un grado razonable de hinchamiento y absorción de KOH [2].

## 2. METODOLOGÍA

Las membranas de Quitosano-Almidón se sintetizaron en diferentes proporciones utilizando el método de fundición por solución para posteriormente ser caracterizadas estructuralmente mediante espectroscopía ATR-FTIR, XRD además de los estudios electroquímicos como la voltametría cíclica y conductividad iónica.

## 3. RESULTADOS

Mediante la espectroscopía ATR-FTIR se observó cambios estructurales entre las membranas secas e hidratadas, cuando se sumergieron las membranas se mostró un pico en  $1640\text{ cm}^{-1}$  correspondiente a la absorción del KOH. Los patrones de XRD mostraron un ensanchamiento en general de los picos a medida que se aumentaba la concentración de almidón indicando una pérdida de cristalinidad. Además, los

estudios de conductividad iónica demostraron una relación directamente proporcional con respecto a la cantidad de almidón que absorbían las membranas. Finalmente, mediante la voltametría cíclica se observó un comportamiento redox cuasi reversible confirmando el transporte iónico de los electrolitos poliméricos en fase gel Figura 1.

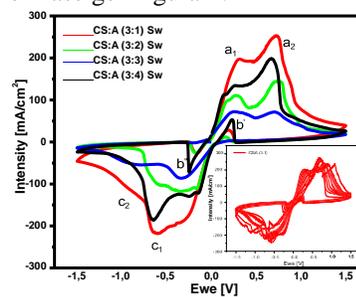


Figura 1. Voltamogramas cíclicos para las membranas Quitosano-Almidón (CS: A).

## 4. CONCLUSIONES

Por los resultados obtenidos mediante XRD, la introducción de la solución de KOH en el interior de las membranas afecta a las bandas observadas en los espectros ATR-FTIR. En cuanto a las propiedades electroquímicas, se observa un aumento de la conductividad iónica y de la corriente al aumentar el contenido de almidón, lo que demuestra el efecto beneficioso de la mezcla de almidón y quitosano como electrolitos. De esta manera, las membranas poliméricas en fase gel han demostrado ser adecuadas para las baterías de Zn-Aire.

## 5. REFERENCIAS

- [1] M.F. Bósquez-Cáceres, et al., *Polymers*, **13**, 4284 (2021).
- [2] C. Chang, et al., *Macromolecular Chemistry and Physics*, **209**, 1266 (2008).

## Síntesis y caracterización de hidrogeles de quitosano/carboximetil celulosa para electrolitos en baterías de zinc-aire

Presentación Oral

M. F. Bósquez Cáceres<sup>1</sup>, M. I. Cruz Balaz<sup>1</sup>, L. De Lima<sup>1</sup>, L. Álvarez Contreras<sup>2</sup>, J. P. Tafur<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>Escuela de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Yachay Tech, Urcuquí 100119, Ecuador  
<sup>2</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua C. P. 31136, México  
E-mail: [jtafur@yachaytech.edu.ec](mailto:jtafur@yachaytech.edu.ec)

| 371

### 1. INTRODUCCIÓN

Los electrolitos de biopolímeros son materiales con ventajas como alta flexibilidad y buen rendimiento, rentabilidad, alta compatibilidad con disolventes y capacidad de formación de películas. Entre ellos, el Quitosano (CS) y la Carboximetilcelulosa (CMC), pueden formar un complejo intermolecular, dando lugar a hidrogeles capaces de absorber soluciones iónicas [1].

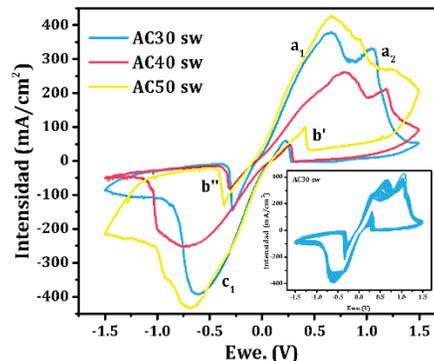
El Ácido Cítrico (AC) es un entrecruzante químico efectivo que promueve la formación de los enlaces amida y éster entre el CMC y el CS, generando una estructura con distribución de poros homogéneos y mayor estabilidad mecánica [2]. Por otra parte, el proceso congelamiento /descongelamiento produce la formación de estructuras microporosas [3], aumentando la capacidad de adsorción, y mejoras en términos de módulo elástico y resistencia a la tracción. En el presente trabajo se emplean estrategias de entrecruzamientos físicos y químicos para la síntesis de hidrogeles de CS y CMC con aplicación como electrolitos para baterías de zinc-aire, estudiando los efectos de la reticulación en el desempeño estructural y electroquímico de las membranas.

### 2. METODOLOGÍA

Los hidrogeles se sintetizaron en un volumen 3:1 de CMC/CS mientras se variaban los volúmenes de AC. Las mezclas se prepararon utilizando un mezclador de inmersión y posteriormente se sonicaron a 60°C durante 99 min. Posteriormente, se secaron las muestras en una estufa a 80°C durante 60 minutos. El exceso de líquido se retiró y se procedió a 5 ciclos de congelamiento/descongelamiento a temperaturas de -80°C y RT respectivamente, procediendo a liofilizar a -55°C por 36 horas. Las membranas resultantes se guardaron en un desecador para caracterización.

### 3. RESULTADOS

De los estudios de caracterización realizados, se evidencian modificaciones estructurales y cristalinas producidas por el reticulante químico y la absorción de KOH, que mejoran su desempeño electroquímico.



**Figura 1.** Comparación de la voltamperometría cíclica de las membranas de CMC/CS sumergidas en KOH a diferentes contenidos de AC. Inserto: AC30.

### 4. CONCLUSIONES

Los hidrogeles obtenidos han sido caracterizados en términos estructurales y electroquímicos, con resultados que confirman su potencial como opción de reemplazo a los electrolitos líquidos convencionales que presentan inconvenientes de seguridad, toxicidad, inflamabilidad y fugas.

### 5. REFERENCIAS

- [1] M.F. Bósquez-Cáceres, S. Hidalgo-Bonilla, V.M. Córdova, R.M. Michell, J.P. Tafur, *Polymers*, **13**, 4284(2021).
- [2] J. Shang, Z. Shao, X. Chen, *Biomacromolecules*, **9**, 1208 (2008).
- [3] H. Zhang, F. Zhang, J. Wu, *React. Funct. Polym.*, **73**, 923 (2013).

# Mejoramiento de capacitancia en carbones obtenidos en atmósfera de aire por medio de activación a base de ácido cítrico

## Presentación Oral

G. G. Suárez Velázquez<sup>1</sup>, M. G. Burgos Quiroz<sup>1</sup>, J.A. Galaviz Pérez<sup>2</sup>,  
W. J. PechRodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica de Victoria

<sup>2</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

E-mail: [gsuarezv@upv.edu.mx](mailto:gsuarezv@upv.edu.mx)

| 372

## 1. INTRODUCCIÓN

La funcionalización de materiales carbonosos por medio de ácido cítrico (AC) ha sido utilizado ampliamente debido a la facilidad de su proceso. En aplicaciones de adsorción ha sido utilizado para modificar la superficie de carbón activado granular [1]. En el campo de supercapacitores el AC también ha sido utilizado para mejorar propiedades capacitivas. Como es el caso de nanofibras de NiO por medio de AC para supercapacitores hechos por la técnica de electrospinning [2]. Mientras que en el caso de los materiales carbonosos aplicados a supercapacitores también el AC ha sido utilizado en materiales de carbono jerárquico. Los cuales fueron fabricados por carbonización de 1 solo paso y activados por medio de polisacáridos carboximetilcelulosa, celulosabacteriana y AC [3]. Sin embargo, no se han encontrado trabajos de activación solamente a partir de AC sobre carbones sintetizados en atmósfera de aire. De esta manera, en este trabajo se propone la activación por medio de ácido cítrico a material carbonoso sintetizado en atmósfera de aire, para aplicaciones super capacitivas.

## 2. METODOLOGÍA

Los carbones utilizados para este trabajo fueron el resultado de la valorización de cáscara de naranja obtenida en Cd. Victoria, Tamaulipas, México. El proceso de carbonización en una atmósfera de aire fue realizado a 1000°C durante 60 minutos en una mufla, siguiendo el procedimiento descrito en [4]. Para incrementar la capacitancia mostrada, se realizó un postratamiento a los carbones por inmersión en AC. Los grupos funcionales fueron identificados por medio de la técnica de FTIR y el comportamiento electroquímico fue evaluado por medio de voltametría cíclica.

## 3. RESULTADOS

Las curvas de la voltametría cíclica arrojaron una

forma semirectangular característica de los materiales capacitivos tanto en la muestra sin activación como en la muestra activada con AC. Sin embargo, el valor de la capacitancia, obtuvo un valor de 251 /g en la muestra sin activación, contra la activada de 403 F/g.

## 4. CONCLUSIONES

La activación con AC de los carbones sintetizados en atmósfera de aire permitió incrementar la capacitancia a valores por encima de los 403 F/g. Donde el uso de activación incrementó la capacitancia en un 62 % respecto a la muestra sin activador.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Chen J. Paul, Wu Shunnian, and Chong Kai-Hau, *Carbon*, 1979, (2003).
- [2] B. Ren, M. Fan, Q. Liu, J. Wang, D. Song, and X. Bai, *Electrochim. Acta*, 92, 197, (2013).
- [3] J. Tan, H. Chen, Y. Gao, and H. Li, *Electrochim. Acta*, 178, 144, (2015).
- [4] G. G. Suárez-Velázquez *et al.*, *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 38, 34, (2022).

# Electrodos basados en carbón para electrodiálisis reversa Parte I: materiales para transferencia de electrones en un mecanismo redox de esfera externa

Presentación Oral

J. N. Hernandez Perez\*, J. L. Reyes Rodriguez, R. G. Gonzalez Huerta  
ESIQIE, Instituto Politécnico Nacional, MX 07739.

E-mail: [nahum.hdz3200@gmail.com](mailto:nahum.hdz3200@gmail.com)

| 373

## 1. INTRODUCCIÓN

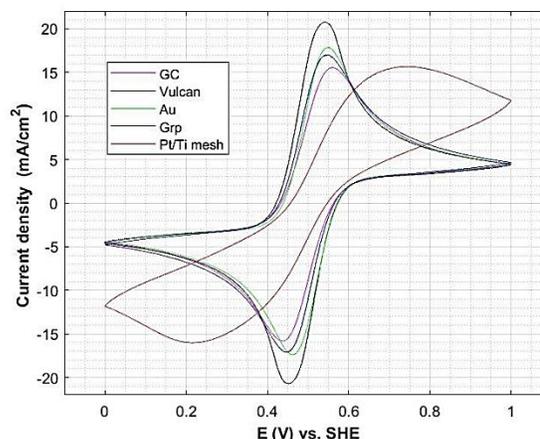
La electrodiálisis reversa (RED) es una tecnología emergente que permite aprovechar parte de la energía de gradiente salino (SGE) para la producción de electricidad, mediante el uso de membranas de intercambio iónico (IEM) y reacciones redox reversibles en electrodos conductores e inertes al medio de reacción [1,2,3]. Actualmente el uso de electrodos tipo “dimensionally stable anodes” (DSA) y malla de Pt/Ti han sido reportados en resultados experimentales para aplicaciones de RED [2,3], debido a su alta conductividad asociada a su carácter metálico y su alta estabilidad electroquímica. Sin embargo, dichos electrodos utilizan materiales de alto costo tales como Pt, IrO<sub>2</sub> y RuO<sub>2</sub> [3]. En este trabajo se analizan diferentes materiales como superficies de intercambio de electrones para el proceso redox del par reversible [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup>/ [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>, con el fin de encontrar un material alternativo para electrodos en aplicaciones de RED.

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio por voltametría cíclica utilizando como electrodo de trabajo un electrodo de disco rotatorio de oro (Au) y uno de carbón vitreo (GC), el cual se recubrió con una tinta de Vulcan XC-72R (Vul) y una de grafito (Grp), utilizando un electrodo de referencia de Hg/Hg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Todos los voltamperogramas fueron normalizados considerando este potencial (0.68 V vs. SHE) obteniendo una ventana de potencial de 0 – 1 V vs. SHE y se realizó una compensación por la resistencia del electrolito (IR<sub>comp</sub>) del 92%.

## 3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra los voltamperogramas obtenidos a 100 mV s<sup>-1</sup> para los materiales analizados.



**Figura 1.** Voltametría cíclica usando GC (magenta), Vulcan (negro), Au (verde), Grafito (azul) y Pt/Ti malla (rojo) como WE, usando una solución 0.05 M K<sub>4</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], 0.05 M K<sub>3</sub>[Fe(CN)<sub>6</sub>], como par redox y 0.25 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> como electrolito soporte a temperatura ambiente. Se uso una velocidad de barrido de 100 mV s<sup>-1</sup>.

## 4. CONCLUSIONES

De entre los materiales analizados el Vulcan XC-72R demostró tener las mejores propiedades para generación de corriente a partir del proceso redox del par reversible [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup>/ [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>3-</sup>. Esto se asocia directamente a una mayor área de intercambio electrónico disponible, debido a las estructuras nanoporosas que posee.

## 5. REFERENCIAS

- [1] J. Veerman and D. A. Vermaas. *Sustainable Energy from Salinity Gradients*, p. 77, Elsevier, lugar de impresión, (2016).
- [2] J. Veerman, M. Saakes, S. J. Metz, and G. J. Harmsen, *Journal of Applied Electrochemistry*, **40**, 1461 (2010).
- [3] S. Y. Lee et al., *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, **91**, 34 (2016).

# Síntesis verde y caracterización fisicoquímica-electroquímica de materiales de carbono derivados de bagazo de agave como componente de baterías Li-S

## Presentación Oral

M. A. Olvera Sosa<sup>1\*</sup>, L. E. Arvizu Rodríguez<sup>2</sup>, L. F. Chazaro Ruiz<sup>1</sup>, J. R. Rangel Méndez<sup>1</sup>,  
J. A. Arcibar Orozco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis Potosí, San Luis Potosí, 78545, México.

<sup>2</sup>Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, León, Guanajuato, 37545, México.  
E-mail: [miguel.olvera@ipicyt.edu.mx](mailto:miguel.olvera@ipicyt.edu.mx)

| 374

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los materiales carbonizados derivados de biomasa natural se usan en diversas aplicaciones, desde la reparación del suelo como portadores de nutrientes y microbios [1], hasta aplicaciones sofisticadas como la remoción de contaminantes tóxicos en el suelo y el agua, entre otras [2]. Sin embargo, son pocos los estudios como receptores de azufre en la formación de cátodos para baterías de litio-azufre (Li-S).

A partir del residuo de bagazo de agave, cuyo manejo es una prioridad nacional en México. Este trabajo estudia la síntesis de carbones derivados de residuos de bagazo de *Agave Tequilana* Weber azul como receptores de azufre para su implementación en baterías de Li-S. Se evalúan y discuten las propiedades fisicoquímicas, térmicas, morfológicas y electroquímicas del carbonizado.

## 2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron los materiales carbonosos a partir de pirólisis y considerando la temperatura y el tiempo. Para promover el desarrollo de la estructura porosa y la inserción de grupos funcionales superficiales se empleó la incorporación de oxígeno mediante oxidación ácida. Para la incorporación de azufre se realizó la reducción química del tiosulfato de sodio a pH ácido.

La caracterización de los materiales carbonizados de bagazo de agave (CBA) con y sin azufre se llevó a cabo por: fisiorción de nitrógeno, microscopía electrónica de barrido y de transmisión, TGA, ICP, DRX, titulaciones potenciométricas, RAMAN y FT-IR. Se eligieron los mejores materiales para la preparación del electrodo y el ensamblado de las baterías Li-S en una caja de guantes saturada de Ar. Las propiedades electroquímicas y mecanismos de carga se estudiaron mediante voltamperometría cíclica, espectroscopía de impedancia electroquímica y curvas galvanostáticas de carga-descarga.

## 3. RESULTADOS

La distribución de tamaño de poro de los CBA, demostraron el porcentaje mayoritario de mesoporos con áreas específicas entre 2 y 1600 m<sup>2</sup>/g dependiendo de las condiciones de síntesis. La caracterización fisicoquímica y morfológica confirmó la presencia del azufre en las cavidades de los poros del material carbonoso, así como su capacidad de retención. Mediante la caracterización electroquímica se observó que los materiales con mejor capacidad específica (~800 mAh/g) fueron los que mostraron mayor área específica siendo el CBA de alta porosidad y con mayor contenido de azufre el mejor candidato para su uso en batería de litio.

## 4. CONCLUSIONES

Se confirmó que los carbonizados a partir del bagazo de agave son materiales que después de su impregnación con azufre pueden ser utilizados en baterías de litio con buenos desempeños.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Novak, J., Ro, K., Ok, Y. S., Sigua, G., Spokas, K., Uchimiya, S., & Bolan, N., *Chemosphere*, **142**(1), 1 (2016).
- [2] Bolan, N., Hoang, S. A., Beiyuan, J., Gupta, S., Hou, D., Karakoti, A., & Van Zwieten, L. *International Materials Reviews*, **67**(2), 150 (2022).

## Estabilización de la aleación ternaria Pt-Pd-Co para incrementar la actividad electrocatalítica de materiales de electrodo en celda de combustible de metanol en medio básico

Presentación Oral

D. Vázquez Castillo<sup>1</sup>, S. B. Brachetti Sibaja<sup>1</sup>, E. Ramírez Meneses<sup>2\*</sup>, M. A. Domínguez-Crespo<sup>3\*\*</sup>, A. M. Torres Huerta<sup>3</sup>, U. Paramo García<sup>1</sup>, A. E. Rodríguez Salazar<sup>4</sup>

<sup>1</sup>TecNM, IT de Ciudad Madero, Cd. Madero, Tamps., C.P. 89440, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Química, Industrial y de Alimentos. Universidad Iberoamericana.

<sup>3</sup>Instituto Politécnico Nacional, UPIIH-Hidalgo, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, C.P. 42162, México.

<sup>4</sup>Instituto Politécnico Nacional, CICATA Querétaro, Querétaro, México.

E-mail: [esther.ramirez@ibero.mx](mailto:esther.ramirez@ibero.mx), [adcrespo2000@yahoo.com.mx](mailto:adcrespo2000@yahoo.com.mx)

### 1. INTRODUCCIÓN

El platino a pesar de ser el catalizador anódico y catódico más empleado en las celdas de combustible de alcohol directo es muy costoso y se envenena con facilidad; por esto se han realizado numerosos estudios para encontrar un catalizador que, al combinar varios elementos con éste, mejore sus propiedades y su tiempo de vida.

En este trabajo se analizaron una serie de catalizadores a base de PtPdNi/C, PtPdCo/C, mediante la técnica de Voltametría cíclica (CV), que se emplea para observar la corriente bajo un intervalo de potencial y así estudiar los procesos redox que ocurren durante la reacción evaluar su eficiencia en la reacción de oxidación de metanol.

### 2. METODOLOGÍA

El material del electrodo se preparó a partir de los polvos de PtPdNi/C, PtPdCo/C, los cuales se mezclaron con Nafion® y etanol para obtener una "tinta". Se emplearon 12 mL para recubrir la superficie de la sección transversal de carbón vítreo (electrodo de trabajo) y se secó en condiciones ambientales. Se utilizó una celda convencional de tres electrodos, empleando grafito como contraelectrodo y calomel saturado como de referencia.

### 3. RESULTADOS

Una vez llevado a cabo la activación del material se realizó la oxidación del alcohol en una solución de KOH 1M + CH<sub>3</sub>OH 2M. Esta prueba fue realizada en un intervalo de potencial de -1.0 a 0.55 V vs. ECS [1,2]. En la figura 1 se muestra el voltamograma de los catalizadores a base de Pt, Pd, Ni y Co en diferentes proporciones.

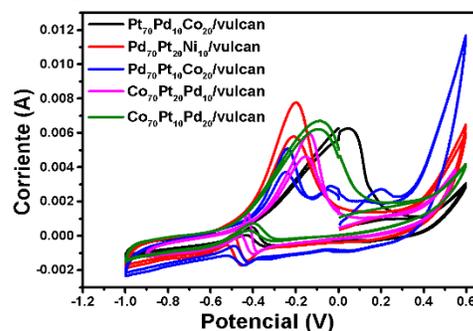


Figura 1. Curvas de CV de los materiales en una solución de KOH 1 M + CH<sub>3</sub>OH 2M.

### 4. CONCLUSIONES

Se pudo observar que el catalizador de Pd<sub>70</sub>Pt<sub>20</sub>Ni<sub>10</sub>/C muestra el onset potencial más baja de todas las aleaciones, lo que sugiere un aumento en la actividad catalítica del electrodo, también presentó el valor más alto If/Ib; esto quiere decir que presenta mayor resistencia al envenenamiento por CO, demostrando que hasta el momento es el material que ha presentado mejores resultados.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J.J. De la Cruz-Cruz, et al., *International Journal of Hydrogen Energy*, **45**, 4570 (2020).
- [2] M. Sunitha, et al., *Journal of Fuel Chemistry and Technology*, **46**, 592 (2018).

# Magnesium bis(oxalate)borate as a potential electrolyte on rechargeable magnesium ion batteries

Presentación Oral

J. Guzmán Torres, M. de la Luz Hernández Nieto, D. Ochoa Gamboa, L. L. Garza Tovar, L. C. Torres González, S. M. de la Parra Arciniega, E. González Juárez, M. I. C. Gómez de la Fuente, E. M. Sánchez Cervantes\*

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Av. Universidad S/N Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, C.P. 66451, Nuevo León, México.

\*E-mail: : [eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx)

## 1. INTRODUCTION

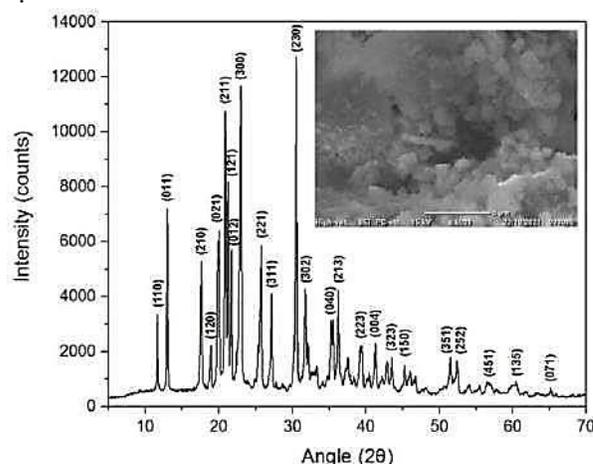
Lithium ion batteries (LIBs) are currently the most capable electrochemical energy storage devices in existence, however lithium metal is of limited abundance and the cost of the system for extraction and manufacturing is more expensive than magnesium, per economically speaking using magnesium salts is a good alternative to stop this excessive consumption of lithium metal [1]. While offering great potential as inexpensive and safe energy storage devices, rechargeable magnesium ion batteries (RMIBs) are still in the research stage as in terms of cyclability, output voltage and energy density they are far from being comparable with LIBs, in that sense this research focused on synthesizing and characterizing a promising magnesium (Mg) salt known as magnesium bis(oxalate)borate  $Mg(BOB)_2$  which was evaluated its electrochemical properties in a three-electrode electrolytic cell and half cells by cyclic voltammetry (CV) curves.

## 2. METHODOLOGY

The synthesis used was in the solid state, mixing the precursors oxalic acid ( $C_2H_2O_4$ ), boric acid ( $H_3BO_3$ ) and magnesium hydroxide ( $Mg(OH)_2$ ) in a molar ratio of 4:2:1, respectively, previously dried under vacuum at 60 °C. They were then heated at 110 °C for 3 hours and 150 °C for 12 hours, thus obtaining the  $Mg(BOB)_2$ .

## 3. RESULTS

In Figure 1 we show the results obtained by XRD of  $Mg(BOB)_2$ . The morphology is observed in the image obtained from the scanning electron microscope (SEM) of  $Mg(BOB)_2$  found in the inset of Figure 1. It is composed of irregular microparticles with a size in micrometers like its analog reported in the literature [2].



**Figure 1.** XRD pattern of  $Mg(BOB)_2$ . Inset: SEM Image of the solid

## 4. CONCLUSIONS

In summary, a magnesium salt  $Mg(BOB)_2$  was obtained using  $C_2H_2O_4$ ,  $H_3BO_3$  and  $Mg(OH)_2$  as low-cost and high-purity anhydrous starting materials by applying solid state synthesis. Finally, Mg electrolyte based on the complex prepared with 250mM  $Mg(BOB)_2/THF$  had a highly reversible Mg cycle behavior (>250 cycles), a good anodic stability (2.8 V vs.  $Mg^{2+}/Mg$  in SS316) and a good ionic conductivity at room temperature ( $4.9 \times 10^{-5} Scm^{-1}$ ).

## 5. REFERENCES

- [1] Z. Zhang, S. Dong, Z. Cui, A. Du, G. Li, and G. Cui, *Small Methods*, **2**, 1800020 (2018).
- [2] C. Zor, Y. Subaşı, D. Hacıu, M. Somer, and S. Afyon, *Journal of Physical Chemistry C*, **125**, 21,11310 (2021).

## Hidrogel polimérico con pH neutro como electrolito de un supercapacitor de doble capa

Presentación Oral

A. G. Sánchez Valdez, E. Sánchez Cervantes y L. Carlos Torres Gonzalez\*

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Materiales II, Av. Universidad S/N, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza Nuevo León.

E-mail: [luis.torresgn@uanl.edu.mx](mailto:luis.torresgn@uanl.edu.mx)

| 377

### 1. INTRODUCCIÓN

Los supercapacitores de doble capa se cargan en cuestión de minutos, sin embargo, poseen limitados valores de energía, la energía de un supercapacitor es directamente proporcional a su ventana de potencial. La amplitud de la ventana de potencial de un supercapacitor es atribuida a su electrolito, los electrolitos acuosos poseen una elevada conductividad iónica, pero su ventana de potencial es inferior de 1.23 V, y si se trabaja en medio ácido o alcalino se favorece la corrosión del ensamble. El uso de sales neutras en medios acuosos minimiza la corrosión y si además se utilizan sulfatos los electrolitos pueden presentar una ventana de potencial superiores a 1.23 V. Las fugas de electrolito es un problema presente en los electrolitos líquidos para resolverlo se ha propuesto el uso de geles poliméricos como electrolitos [1]. En este trabajo se propone preparar hidrogeles de sulfato de sodio para ser utilizados como electrolitos de supercapacitores.

### 2. METODOLOGÍA

Para preparar los hidrogeles poliméricos se mezclaron agua, alcohol polivinílico, glicerol y  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en diferentes concentraciones. Los hidrogeles se liofilizaron para caracterizarlos por FTIR, DRX y espectroscopía Raman. Una película de  $\sim 300 \mu\text{m}$  se colocó en medio de dos placas de acero inoxidable para realizar las mediciones de EI y se utilizó como electrolito en un supercapacitor con electrodos de carbón activado.

### 3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestran los gráficos de Nyquist obtenidos. El valor en el que la recta corta el eje de las reales fue tomado como la resistencia del electrolito. El hidrogel PVA/G/ $\text{Na}_2\text{SO}_4$   $0.40 \text{ mol L}^{-1}$  presentó una conductividad de  $12.3 \text{ mS cm}^{-1}$ . Este comportamiento puede deberse al efecto del glicerol [2], que junto con una relación adecuada de los iones  $\text{Na}^+$  y  $\text{SO}_4^{2-}$  [3], desfavoreció la formación de regiones cristalinas de PVA durante la gelación a temperatura ambiente.

Los voltamperogramas obtenidos de los dispositivos preparados presentan un comportamiento típico para supercapacitores.

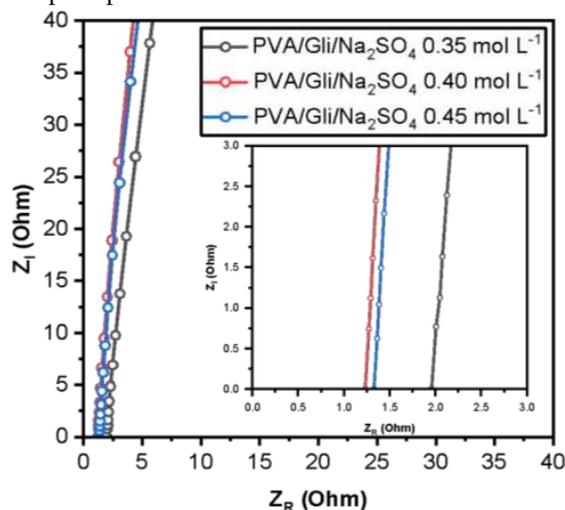


Figura 1. Diagramas de Nyquist obtenidos.

### 4. CONCLUSIONES

El hidrogel PVA/G/ $\text{Na}_2\text{SO}_4$   $0.40 \text{ mol L}^{-1}$  presentó una conductividad de  $12.3 \text{ Ohm}$ .

Los voltamperogramas presentan un comportamiento capacitivo.

### 5. REFERENCIAS

- [1] A. Virya, K. Lian, *Materials Reports: Energy*, **1(1)**, 100005 (2021).
- [2] O. Hu, et al., *International Journal of Biological Macromolecules*, **164**, 2512 (2020).
- [3] B. Filova, et al., *Journal of Molecular Liquids*, **304**, 112728 (2020).

# Uso de biocarbones derivados de lodos de depuradora como catalizadores de bioánodos para la generación de energía y el tratamiento del nejayote en celdas de combustible microbianas

Presentación Oral

Y. M. Maldonado<sup>1\*</sup>, I. L. Alonso Lemus<sup>2</sup>, F. J. Rodríguez Varela<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav Unidad Saltillo, Av. Industria Metalúrgica 1062, C.P. 25900, Ramos Arizpe, Coahuila, México.

<sup>2</sup>CONACYT, Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav Saltillo, Ramos Arizpe, México.

E-mail: [yessica.maldonado@cinvestav.mx](mailto:yessica.maldonado@cinvestav.mx)

| 378

## 1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible microbianas (CCM) son dispositivos versátiles que pueden generar energía eléctrica mediante la oxidación de la materia orgánica contenida en aguas residuales, logrando simultáneamente su tratamiento [1]. En este sentido, el nejayote es un efluente generado en grandes volúmenes por la industria de la tortilla (14.4 millones m<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>), el cual contiene altas concentraciones de materia orgánica (DQO ~ 21,280 mg L<sup>-1</sup>) [2]. En este trabajo, se fabricaron bioánodos tipo biocarbon + biopelícula, sobre un soporte. El biocarbón ha sido obtenido a partir de lodos de depuradora (LD), mientras que el microorganismo usado para crecer la biopelícula es *Bacillus subtilis* (BS = *B. subtilis*).

## 2. METODOLOGÍA

Los LD fueron sometidos a tratamiento hidrotérmico (200 °C por 12 h) y activados con ZnCl<sub>2</sub> (800 °C por 120 min). El biocarbón obtenido fue etiquetado como BLD. Adicionalmente, una muestra de BLD fue funcionalizada con una solución 0.15 M de metanol y se identificó como BLDF. BLD y BLDF fueron depositados en un soporte de tela de carbón. Enseguida, se creció la biopelícula de *B. subtilis*, formando los bioánodos BLD + BS y BLDF + BS. La caracterización fisicoquímica se realizó por EDS, FTIR y Raman. La caracterización electroquímica se realizó al obtener voltamperogramas cíclicos (CVs).

## 3. RESULTADOS

Los resultados de EDS mostraron la presencia de 15 elementos en BLD y BLDF, confirmando heteroátomos como N y S. Los CVs sugieren que con el uso de los bioánodos BLD + BS y BLDF + BS se

observa un incremento en la densidad de corriente con respecto al soporte (Figura 1).

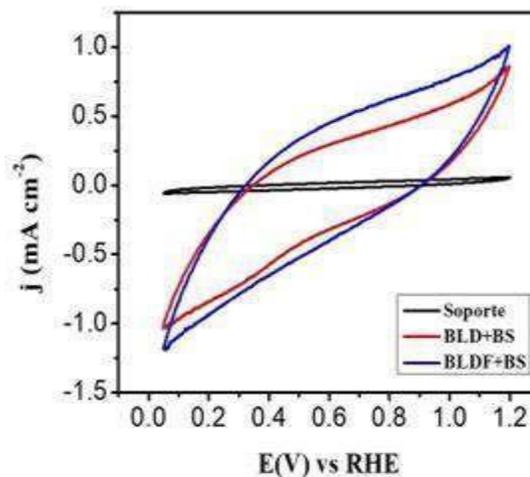


Figura 1. CVs de BLD + BS y BLDF + BS. Sustrato: Nejayote (pH=11.3) saturado con N<sub>2</sub> a 20 mV s<sup>-1</sup>.

## 4. CONCLUSIONES

BLD + BS y BLDF + BS tuvieron características fisicoquímicas que promovieron una mejor respuesta electroquímica con respecto al soporte. El bioánodo BLDF + BS mostró un ligero aumento en la densidad de corriente comparado con BLD + BS, lo que sugiere que podría tener el mejor desempeño al ser evaluado en una CCM usando nejayote como sustrato.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Z. W. Du, H. R. Li, T. Y. Gu, *Biotechnol. Adv.*, **25**, 464 (2007).
- [2] C. Rojas-García, et al., *Plant. Foods Hum. Nutr.*, **67**, 94 (2012).

# WO<sub>3</sub>/PAni como soporte para platino en la reacción de reducción de metanol

Presentación Oral

M. A. Olvera Hernández, M. Guerra Balcázar, J. Ledesma García, S. Rivas \*

Universidad Autónoma de Querétaro.

E-mail: [sandra.virginia.rivas@uaq.edu.mx](mailto:sandra.virginia.rivas@uaq.edu.mx)

| 379

## 1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible son una alternativa de generación de energía eléctrica ambientalmente más amigable que las tecnologías convencionales. Las celdas de combustible que más pueden llamar la atención son las de baja temperatura como las de hidrógeno y las de combustibles líquidos. Se sabe que el Carbón Vulcan, material que comúnmente se utiliza como soporte para electrocatalizador, es susceptible de corroerse en las condiciones de operación de estas celdas, con lo cual el catalizador puede lixiviarse o formar aglomerados, afectando así el rendimiento de la celda [1]. Se han explorado alternativas que incluyen materiales base carbón, polímeros conductores y cerámicos, aportando cada uno determinadas características deseables en un soporte [2].

En este trabajo, se presentan resultados de la síntesis y caracterización del WO<sub>3</sub> como soporte para platino, así como el efecto de la presencia de polianilina hacia la reacción de oxidación de metanol.

## 2. METODOLOGÍA

El soporte WO<sub>3</sub> se sintetizó por el método de precipitación ácida [3]. El platino se soportó sobre el WO<sub>3</sub> por el método de reducción química [4]. La polianilina (PAni) se sintetizó por vía química y se mezcló al 20 % en peso con Pt/WO<sub>3</sub>.

La caracterización fisicoquímica del WO<sub>3</sub> consistió en la determinación del área superficial por isoterma de adsorción y desorción de nitrógeno, XRD y SEM. Mientras que el Pt/WO<sub>3</sub> se caracterizó por XRD, XRF, SEM y se evaluó su actividad hacia la reacción de oxidación de metanol (ROM) para una concentración 0.5 M.

## 3. RESULTADOS

El área superficial del WO<sub>3</sub> determinada por isoterma de adsorción es de 29 m<sup>2</sup>/g y para la PAni es de 38.8 m<sup>2</sup>/g. El depósito de Pt por reducción resultó en un porcentaje determinado por XRF de 25.5 % respecto al WO<sub>3</sub>. Con esta base, el material con PAni tiene un

20% menos de Pt que el material sin el polímero.

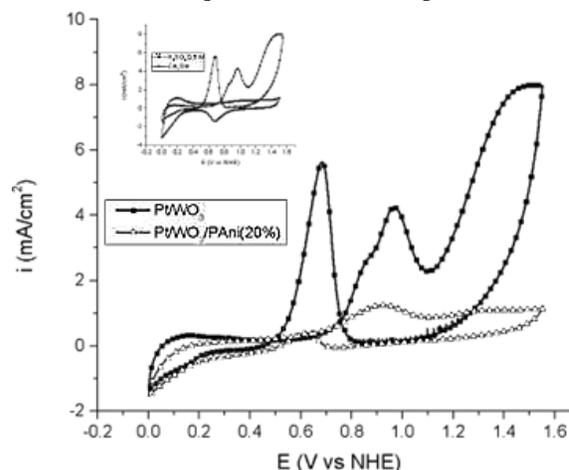


Figura 1. Voltamperometría (50 mV/s) cíclica de Pt/WO<sub>3</sub> y Pt/WO<sub>3</sub>/PAni (20%)

## 4. CONCLUSIONES

La presencia de PAni en un 20% respecto al resto del material, reduce considerablemente los valores de densidad de corriente anódica y catódica, hasta en un 65 % y 91.6 % respectivamente. Además, invierte la tendencia entre ambos picos.

## 5. REFERENCIAS

- [1] S. Maass, et al., *Journal of Power Sources*, **176**, 444 (2008).
- [2] E. Antolini, *Applied Catalysis B: Environmental*, **100**, 413 (2010).
- [3] S. Supothina, et al., *Ceramics International*, **33**, 931(2007).
- [4] A. Aguilar- Vallejo, et al., *ChemElectroChem*, **6**,2107 (2019).

## Supercapacitores de estado sólido usando películas de polianilina

Presentación Oral

J. A. Ávila Niño<sup>1\*</sup>, R. V. Martínez Pérez<sup>2</sup>, B. L. España Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CONACYT – Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

<sup>2</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

E-mail: [javila@cideteq.mx](mailto:javila@cideteq.mx)

| 380

### 1. INTRODUCCIÓN

Los supercapacitores son dispositivos de almacenamiento de energía que presentan una muy buena densidad de potencia, incluso mayor que las baterías, y una muy buena ciclabilidad de hasta miles de ciclos de carga y descarga [1].

Muchos esfuerzos se han hecho en los últimos años para el diseño de supercapacitores utilizandomateriales que sean flexibles y que además posean una buena conductividad eléctrica. Por ello, los polímeros semiconductores han sido utilizados para este fin, en particular la polianilina, la cual presenta buena conductividad eléctrica y presenta reacciones redox a bajo voltaje.

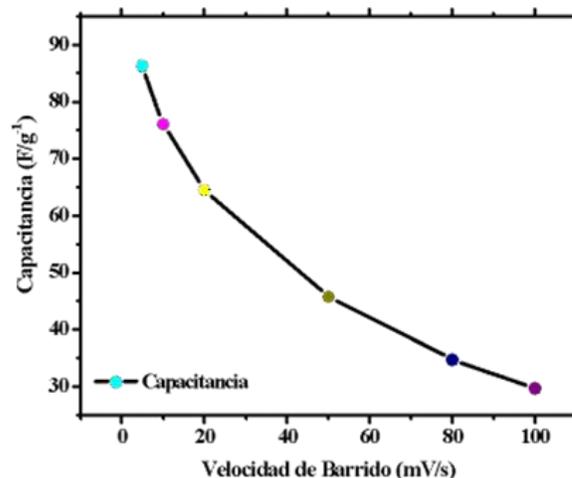
La polianilina es un polímero semiconductor que tiene un enorme potencial como material pseudocapacitivo (presenta capacitancia de doble capa y mediante reacciones farádacas) debido a su excelente electroactividad [2,3].

### 2. METODOLOGÍA

PAni Comercial (sal emeraldina) con un Mw:15000 y una mezcla de Cloroformo (CF) y N, N-dimetilformamida (DMF) en una relación (90-10) fueron mezclados simultáneamente en un vial y agitados por 12 horas, la concentración de la PANi fue al 4%; después de la agitación de 12 horas la solución fue llevada a la punta ultrasónica por 1 min, el óxido de polietileno (PEO) fue añadido después de sonicar en una relación PANi-PEO (93-7).

### 3. RESULTADOS

En este trabajo, se desarrolló un supercapacitor en base en películas de polianilina (PANI) usando un separador de celulosa remojado en una solución de ácido sulfúrico al 1 M. Se muestra el montaje experimental, que consiste en una celda de acero inoxidable y colectores de corriente del mismo material.



**Figura 1.** se puede apreciar la capacitancia de las películas de PANI con respecto a la corriente de descarga, obteniendo valores de capacitancia altos con respecto a películas de otros polímeros.

### 4. CONCLUSIONES

Se ha utilizado un método de deposición de una solución de PANI por drop casting sobre colectores de acero inoxidable que, al fabricar un capacitor de placas paralelas ofrecen capacitancias de ~ 90 F/g.

### 5. REFERENCIAS

- [1] X. Lu, M. Yu, G. Wang, Y. Tong, Y. Li *Energy Environ. Sci.* **7**, 2160 (2014).
- [2] S.K. Simotwo, C. DelRe, V. Kalra, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **8**, 21261 (2016).
- [3] S. Bhattacharya, I. Roy, A. Tice, C. Chapman, R. Udangawa, V. Chakrapani, J. Plawski, R. Linhardt, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **12** 19369 (2020).

# Alta eficiencia y estabilidad de ensambles membrana electrodo con $\text{Ir}_{40}\text{Ru}_{10}/\text{ATO}_{50}$ como catalizador para la OER en sistemas de electrólisis PEM

## Presentación Oral

A. Martínez Septimo\*, R. de G. Gonzalez Huerta

Laboratorio de investigación en electroquímica – ESIQIE – IPN

E-mail: [abissaid@hotmail.com](mailto:abissaid@hotmail.com)

| 381

## 1. INTRODUCCIÓN.

En los últimos años, se ha propuesto al hidrógeno verde como un vector energético viable para almacenar superávits energéticos, aprovechando su alta densidad energética ( $33 \text{ kWh kg}^{-1}$ ). Diversos estudios han encontrado que, la tecnología de electrólisis más eficiente y fácil de acoplar a fuentes energéticas renovables es la electrólisis de membrana de intercambio protónico (PEM por sus siglas en inglés) no obstante, esta tecnología usa capas catalíticas con altos contenidos de metales nobles (Ir, Ru, Pt, entre otros). En este trabajo, se presenta el desarrollo de un sistema de electrólisis PEM con alta eficiencia y estabilidad, utilizando capas catalíticas de  $\text{Ir}_{40}\text{Ru}_{10}/\text{ATO}_{50}$  en el ánodo con una reducida carga ( $1 \text{ mg cm}^{-2}$ ) de Ir, Ru en comparación a los sistemas de electrólisis PEM comerciales ( $2\text{-}3 \text{ mg cm}^{-2}$ ) [1, 2].

## 2. METODOLOGÍA

Se obtuvo un catalizador de  $\text{Ir}_{40}\text{Ru}_{10}/\text{ATO}_{50}$  mediante una síntesis de impregnación. Este catalizador fue depositado como capa catalítica anódica sobre una membrana Nafion® 115 hasta alcanzar una carga de  $1 \text{ mg cm}^{-2}_{\text{Ir+Ru}}$ , como capa catalítica catódica se utilizó Pt/C al 40% wt. con una carga de  $0.4 \text{ mg cm}^{-2}_{\text{Pt}}$ , obteniéndose el ensamble membrana-electrodos (MEA por sus siglas en inglés). El MEA se evaluó en un electrolizador de prueba utilizando  $\text{H}_2\text{O}$  a  $80^\circ\text{C}$  como reactivo, se llevó a cabo una curva de polarización desde  $0.025$  hasta  $2 \text{ A cm}^{-2}$ , seguida de cronopotenciometría a  $1$  y  $2 \text{ A cm}^{-2}$ .

## 3. RESULTADOS

Al MEA se le aplicó una densidad de corriente de  $2 \text{ A cm}^{-2}$  a un voltaje de celda de  $2.2 \text{ V}$ , logrando una eficiencia energética del electrolizador de  $60\%$  a esa densidad de corriente, siendo esta eficiencia comparable a la de electrolizadores comerciales. Por otro lado, la cronopotenciometría a  $1 \text{ A cm}^{-2}$  mostró una degradación acelerada durante las primeras 100 horas de operación, indicando una pérdida de conductividad de las partes metálicas del electrolizador

debido a su pasivación electroquímica, no obstante, después de las 100 horas de operación, la degradación mostró una tendencia lineal, sugiriendo una degradación constante del MEA, Figura 1. En contraparte, cuando se incrementó la corriente a  $2 \text{ A cm}^{-2}$ , el incremento de voltaje fue 4 veces mayor, indicando una degradación acelerada del MEA y/o de los componentes internos del electrolizador [2].

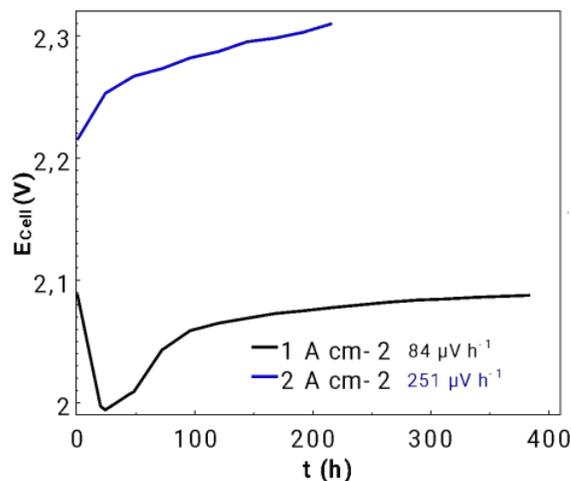


Figura 1. Cronopotenciometría a 1 y 2  $\text{A cm}^{-2}$

## 4. CONCLUSIONES

Reduciendo en 50% la cantidad de Ir-Ru se obtuvo un MEA con una eficiencia energética comparable al de electrolizadores comerciales ( $60\%$ ). La estabilidad del electrolizador está en función a la densidad de corriente debido a que la degradación acelerada de las capas catalíticas y la membrana de intercambio protónico es directamente proporcional a esta. Se realizarán pruebas de DRX y SEM para comprobar el proceso de degradación del MEA

## 5. REFERENCIAS

- [1] M. Brent et al., *Chemie-Ingenieur-Technik*, **92**, 31 (2020).
- [2] D. S. Falcão, *J. Clean. Prod.*, **261**, 121184 (2020).

## Actividad electrocatalítica de nanopartículas Pd-Ni sintetizado por electrodeposición en la oxidación de ácido fórmico

Presentación Póster

V. A. Medina Rojano<sup>1</sup>, M. Landa Castro<sup>1</sup>, M. A. Romero Romo<sup>1</sup>,

E. Arce-Estrada<sup>2</sup>, M. Palomar-Pardavé<sup>1</sup>, M.G. Montes de Oca-Yemha<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales. Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C. P. 02200, CDMX, México.

<sup>2</sup>Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, Ciudad de México, CDMX, México.

E-mail: [mgmy@azc.uam.mx](mailto:mgmy@azc.uam.mx)

| 382

### 1. INTRODUCCIÓN

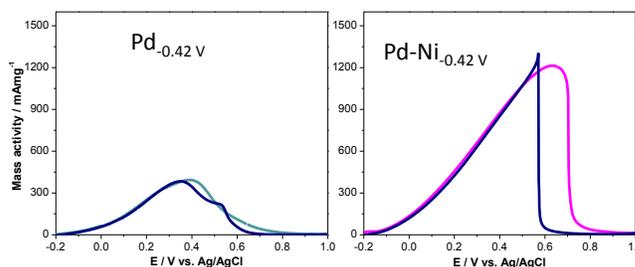
La síntesis de nanoestructuras bimetalicas mediante técnicas electroquímicas, en soluciones amigables con el medio ambiente ha sido empleada exitosamente [1]. Dichos materiales metálicos que se han estudiado son el paladio y níquel, ya que en conjunto mejoran sus propiedades y características, en particular en la actividad catalítica. Se hace mención que se presenta una distorsión en la red cristalina del paladio provocada por el níquel, desplazando los planos de la red cristalina del Pd lo cual propicia el incremento de la actividad electrocatalítica [2]. Este cambio se utilizó para evaluar la reacción de oxidación de ácido fórmico con la finalidad de evaluar las nanoestructuras bimetalicas en condiciones a las cuales opera una celda de combustible de alcohol directo [3].

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis de las NPs de Pd y Pd-Ni se realizó mediante electrodeposición por la aplicación de un potencial constante (-0.42 V) sobre carbono vítreo.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1, se presenta los voltamperogramas cíclicos con velocidad de exploración  $0.02 \text{ Vs}^{-1}$  en  $0.1 \text{ M HClO}_4 + 1.0 \text{ M HCOOH}$  obtenidos a  $25^\circ \text{C}$  de la oxidación de ácido fórmico con los electrocatalizadores, no obstante los catalizadores bimetalicos tuvieron mayor actividad másica. Siendo así el mejor catalizador Pd-Ni con un valor de  $1213 \text{ mA mg}^{-1}$ , la actividad másica alcanzó una eficiencia del triple con respecto a Pd monometálico.



**Figura 1.** Voltamperograma de la respuesta electroquímica de Pd<sub>-0.42</sub> v Pd-Ni<sub>-0.42</sub> v en  $0.1 \text{ M HClO}_4 + 1.0 \text{ M HCOOH}$  a una velocidad de  $0.02 \text{ Vs}^{-1}$ , en los límites de potencial  $-0.2$  a  $1.0 \text{ V}$ , iniciando en dirección anódica.

### 4. CONCLUSIONES

En el estudio potenciodinámico el catalizador bimetalico sintetizado por electrodeposición a  $-0.42 \text{ V}$  presenta mayor actividad másica en ambos sentidos de exploración a diferencia del catalizador monometálico de Pd sintetizado en las mismas condiciones de potencial, temperatura y DES.

### 5. REFERENCIAS

- [1] L. H. Mendoza-Huizar, C. H. Rios-Reyes *Journal of Solid State Electrochemistry*, **16**, 2899 (2012).
- [2] S. Tominaka, et al., *Electrochimica Acta*, **53**, 4679(2008).
- [3] M. Vafaei, et al., *Journal of Solid State Electrochemistry*, **19**, 289 (2015).

# Obtención de óxidos de estaño y antimonio en electrodos de carbono bajo un método de Pechini modificado para su uso en baterías de flujo redox de vanadio

Presentación **Póster**

C. D. Hernández Jiménez<sup>1</sup>, M. A. González Fuentes<sup>1</sup>, H. J. Dorantes Rosales<sup>2</sup>, E. Méndez Albores<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Mexico.

<sup>2</sup>Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, IPN, México.

E-mail: [erika.mendez@correo.buap.mx](mailto:erika.mendez@correo.buap.mx)

| 383

## 1. INTRODUCCIÓN

Las Baterías de Flujo Redox de Vanadio (BFRV) son una alternativa viable para el almacenamiento de energía debido a su moderado costo, larga vida útil, tiempo de respuesta y un impacto medioambiental mínimo. En estos dispositivos, los electrodos representan una parte fundamental porque proporcionan los sitios para que se lleven a cabo las reacciones de óxido-reducción de las especies de vanadio, permitiendo la conversión de energía eléctrica a química y viceversa. De esta manera, la eficiencia de las baterías de flujo redox está ligada directamente al desempeño de los electrodos [1]. Una vía para incrementar el número de sitios activos y promover una transferencia electrónica más rápida es la incorporación de óxidos metálicos sobre la superficie de los electrodos [2]. Por ejemplo, el óxido de estaño (SnO<sub>2</sub>) mejora la cinética de la reacción VO<sup>2+</sup>/VO<sub>2</sub><sup>+</sup>, y genera un menor efecto sobre la reacción V<sup>2+</sup>/V<sup>3+</sup>. Por lo tanto, en este trabajo se presenta el estudio del comportamiento electroquímico de óxidos de estaño (Sn) y óxido de estaño y antimonio (Sn-Sb) depositados sobre tela de carbono para ser empleados en las BFRV.

## 2. METODOLOGÍA

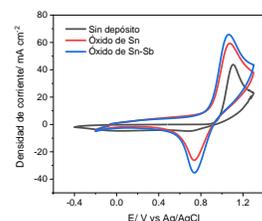
Se realizó el depósito de los óxidos metálicos sobre tela de carbono mediante el método de Pechini modificado empleando precursores orgánicos de Sn y Sb. La caracterización física se realizó mediante SEM y EDS (por sus siglas en inglés). Así mismo, se realizaron estudios electroquímicos por voltamperometría cíclica empleando una disolución de VOSO<sub>4</sub> 0.1 M + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3.0 M.

## 3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestran los voltamperogramas

cíclicos obtenidos sobre tela de carbono sin y con la

presencia de óxidos de Sn y Sn-Sb. Se observa que los electrodos modificados (curva roja y azul) presentan una mayor corriente de oxidación del V<sup>4+</sup> que el electrodo sin modificar (curva negra). Este comportamiento se puede atribuir a que la presencia de los óxidos proveen más sitios activos para las reacciones redox del vanadio. Particularmente, el óxido de Sn-Sb presentó la mejor respuesta electroquímica, lo cual puede atribuirse a una mejor conductividad eléctrica del óxido de Sn promovida por el Sb.



**Figura 1.** VC en VOSO<sub>4</sub> 0.1 M + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 3.0 M sobre electrodos de tela de carbono sin y con la presencia de óxidos de Sn y Sn-Sb, a 25 mV s<sup>-1</sup>.

## 4. CONCLUSIONES

Con el método de Pechini modificado es posible obtener depósitos de óxido de estaño sobre tela de carbono. Los electrodos modificados muestran una mejora en la respuesta electroquímica para las reacciones redox del vanadio.

## 5. REFERENCIAS

- [1] W. Lu, et al., *Physical Chemistry Chemical Physics*, **20**, 23 (2018).
- [2] Y. Lv, et al., *Journal of Material Science and Technology*, **75**, 96 (2021).

## Obtención de películas delgadas de SnS:Bi para aplicación en celdas solares

### Presentación Póster

J. A. Alvarez Gauna\*, P. F. Martínez Ortiz, J. A. Hernández Magallanes, S. Lugo Loreda  
Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL, Facultad de Ciencias Químicas, Av. Universidad  
S/N Cd. Universitaria, C. P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

E-mail: [joahana.alvarezgn@uanl.edu.mx](mailto:joahana.alvarezgn@uanl.edu.mx)

| 384

### 1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un recurso indispensable para el desarrollo de la sociedad, su creciente demanda y los múltiples problemas medio ambientales y económicos que representa su obtención ha llevado a la búsqueda de alternativas de menor impacto como lo son las energías renovables, entre ellas encontramos; la energía solar que es una de las alternativas de mayor viabilidad.

La radiación solar puede ser transformada en energía eléctrica a través de las celdas fotovoltaicas; las cuales pueden ser obtenidas por técnicas tanto físicas como químicas. El depósito por baño químico se basa en la reacción de precipitación controlada que ocurre en una solución, destaca de las otras técnicas porque presenta ventajas en relación con las bajas temperaturas requeridas para el depósito. [1, 2]

Por lo anterior, la presente investigación presentó como propósito el desarrollo de películas delgadas de sulfuro de estaño dopadas con bismuto (SnS:Bi) mediante la técnica de depósito por baño químico para determinar su posible aplicación en celdas solares en función de las propiedades optoelectrónicas analizadas.

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis de las películas de sulfuro de estaño dopadas con bismuto (SnS:Bi) se llevó a cabo mediante la técnica de depósito por baño químico (CBD), variando la concentración del dopante. Las películas obtenidas fueron caracterizadas morfológica y estructuralmente mediante las técnicas de DRX-haz rasante, MEB-EDX y Perfilometría de Superficie, mientras que las propiedades optoelectrónicas del material obtenido fueron evaluadas mediante espectroscopía UV-Vis, Fotorrespuesta y Técnica de la Punta Caliente.

### 3. RESULTADOS

Las películas delgadas de SnS:Bi fueron obtenidas mediante la adición de diferentes concentraciones de Bi. Estas películas fueron tratadas térmicamente a 300

y 350 °C a vacío. Los resultados por DRX revelaron únicamente la existencia del SnS con un desplazamiento en los picos de difracción, atribuidos a la presencia de Bi como dopante. Estas películas presentaron espesores entre 270 – 315 nm. Mediante MEB-EDX se determinó la morfología de las películas, las cuales presentaban una superficie uniforme con granos finos y aglomerados aislados y una reducción de la porosidad al incrementar la temperatura de tratamiento térmico; así mismo, se observó la distribución atómica uniforme del Bi dentro de las películas de SnS. Valores de  $E_g$  entre 1.3 – 1.7 eV y conductividades de  $1.2 \times 10^{-2}$  –  $1.7 \times 10^{-4}$  fueron obtenidos dependiendo de la concentración de Bi añadida como dopante en las películas de SnS.

### 4. CONCLUSIONES

Se logró la obtención de películas delgadas de SnS:Bi mediante la técnica de depósito por baño químico, añadiendo diferentes concentraciones de Bi dentro de la formulación. Se reveló la formación de SnS:Bi, sin mostrar fases secundarias no deseadas. Las películas obtenidas presentaron espesores entre 270 – 315 nm con una morfología superficial uniforme conformada por granos finos y aglomerados aislados. Los valores exhibidos de energía de banda prohibida (1.3 – 1.7 eV) y conductividad ( $10^{-2}$  –  $10^{-4}$ ), demuestran que estas películas delgadas pueden ser utilizadas potencialmente como material semiconductor en celdas solares.

### 5. REFERENCIAS

- [1] N.L. Panwar, et al., *International Journal of Ambient Energy*, **42**, 1 (2019).
- [2] A. Jilani, et al., *Modern Technologies for Creating the Thin-film Systems and Coatings*, InTech, Croatia, 137 (2017).

# Preparación y caracterización de cátodos a base de PEDOT y perovskitas para su posible aplicación en supercapacitores

Presentación Póster

D. M. López Calzonci<sup>1</sup>, C. L. Gaona Soto<sup>1</sup>, W. Y. Barrientos Leal<sup>1</sup>, J. A. Lara Gámez<sup>1\*</sup>,  
J. E. Ruíz Rocha<sup>1</sup>, S. Gutiérrez Granados<sup>1</sup>, J. S. Jaime Ferrer<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Guanajuato, División Ciencias Naturales y Exactas, Cerro de la Venada S/N.

<sup>2</sup>Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas Calle Omega 201,

E-mail: [gutigs@ugto.mx](mailto:gutigs@ugto.mx)

| 385

## 1. INTRODUCCIÓN

Los pseudocapacitores son materiales de electrodo capaces de realizar un almacenamiento de energía rápido. El objetivo de este trabajo es utilizar el PEDOT como un material “binder”-material conductor, con la finalidad de mejorar la resistencia eléctrica y iónica de este material a base de perovskitas [1]. Las Perovskitas son estructuras cristalinas cúbicas con fórmula  $ABO_3$ , donde los sitios A son ocupados por tierras raras o metales alcalinotérreos, mientras que los sitios B son ocupados por metales de transición. Este tipo de estructuras podrían mejorar sus propiedades electroquímicas. En este trabajo se estudian las perovskitas LMO (Molibdato de Lantano), LSMO (Manganita de Estroncio y Lantano) y LCMO (Manganita de Calcio y Lantano) [2]. El PEDOT ha sido reportado como material pseudocapacitor por sí solo, gracias a su conductividad, sin embargo, debido a su naturaleza polimérica lo convierte en una opción como un sustituyente a los materiales “binder” tradicionales, (no conductores), pudiendo mejorar la conductividad del material [3].

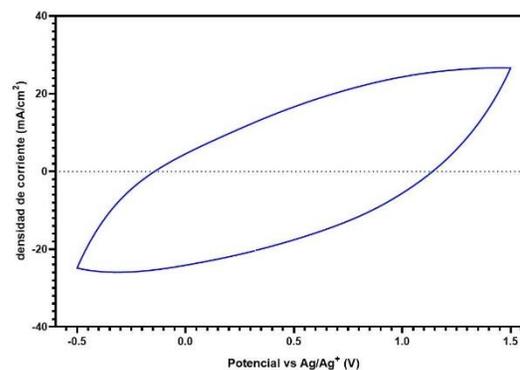
## 2. METODOLOGÍA

Las perovskitas se prepararon por la técnica de combustión de ácido cítrico, posteriormente se caracterizaron mediante área específica, SEM, conductividad eléctrica y DRX. La electropolimerización del EDOT se realiza usando aluminio como sustrato por voltamperometría cíclica en presencia de diferentes porcentajes de perovskita en una celda de 3 electrodos, usando acetonitrilo (ACN) y tetrabutilamonio tetrafluoroborato (TBABF) 0.1 M como electrolito. El electrodo se caracterizó mediante SEM-EDS, así como voltametría cíclica para obtener valores de capacitancia y ciclabilidad.

## 3. RESULTADOS

La capacitancia está determinada por el área superficial del material y se calcula en base del área

bajo la curva i-E de caracterización voltamperométrica del electrodo (Figura 1). Se ha encontrado que una mayor cantidad de perovskita en el electrodo mejora la formación de estructuras porosas, propiciando una mejor conductividad iónica.



**Figura 1.** Caracterización voltamperométrica del electrodo PEDOT con 30 % de perovskita LMSO, ACN en 0.1M TBABF a v 100 mV/s.

## 4. CONCLUSIONES

La perovskita LSMO (sintetizada en condiciones de calcinación oxidativa) arroja el mejor valor de capacitancia de 112 F/g.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Zhenye Xu, et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **10**,11 (2018).
- [2] Hao-shan Nan, et al., *Mater. Sci. Semicond. Process.*,94 (2019).
- [3] P. Tang et al., *ChemElectroChem*, **2**, 7 (2015).

## Síntesis de materiales PtNi con diferentes proporciones metálicas como electrocatalizadores para reacciones electroquímicas

Presentación Póster

J. C. Gallegos Granados<sup>1</sup>, C. Silva Carrillo<sup>1</sup>, B. Trujillo Navarrete<sup>2</sup>, E. A. Reynoso Soto<sup>1</sup>,  
R. M. Félix Navarro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Centro de Graduados e Investigación en Química, Blvd. Alberto Limón Padilla s/n Col. Otay Tecnológico, Tijuana, BC 22510, México

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Posgrado en Ciencias de la Ingeniería, Blvd. Alberto Limón Padilla s/n Col. Otay Tecnológico, Tijuana, BC 22510, México

E-mail: [rmfelix@tectijuana.mx](mailto:rmfelix@tectijuana.mx)

| 386

### 1. INTRODUCCIÓN

La electrólisis alcalina es una tecnología que permite obtener hidrógeno y oxígeno mediante la reacción de evolución de hidrógeno (REH) y la reacción de evolución de oxígeno (REO) respectivamente. El Níquel (Ni) y sus aleaciones son de los materiales más investigados para aplicaciones como electrodos en los electrolizadores alcalinos. El Ni tiene una excelente resistencia a la corrosión en soluciones alcalinas concentradas, este es más estable que otros metales de transición como hierro (Fe) o cobalto (Co) en medios alcalinos [1].

### 2. METODOLOGÍA

La síntesis del catalizador se realizó partiendo de nanopartículas de Ni a las cuales se les incorporó Pt en diferentes proporciones metálicas para tener nanopartículas bimetalicas Pt<sub>1</sub>Ni<sub>0.5</sub>, Pt<sub>1</sub>Ni<sub>1</sub>, Pt<sub>1</sub>Ni<sub>2</sub> y Pt<sub>1</sub>Ni<sub>4</sub>. Estas nanopartículas bimetalicas se soportaron sobre carbón Ketjenblack EC300J (CB). Los materiales fueron caracterizados mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), Difracción de rayos X (XRD), análisis termogravimétrico (TGA) y espectroscopia de emisión por plasma acoplado inductivo (ICP-ES). Se realizó la caracterización electroquímica mediante voltamperometría cíclica, lo cual permitió determinar el área electroquímicamente activa de los catalizadores.

El estudio de la actividad catalítica para la REH y REO se realizó en medio alcalino usando voltamperometría de barrido lineal.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la voltamperometría cíclica de los catalizadores PtNi/CB con diferente composición masica. Conforme la concentración de Ni

se incrementa el área electroquímicamente disminuye. En este congreso se presentarán los resultados de la caracterización de los catalizadores, así como el estudio electroquímico y los estudios de actividad para la REH y REO. Esta investigación permitió determinar cual es el mejor electrocatalizador catódico y anódico para usarse en un electrolizador alcalino.

### 4. CONCLUSIONES

El mejor electrocatalizador para la REH y para la REO fue el Pt<sub>1</sub>Ni<sub>0.5</sub> y Pt<sub>1</sub>Ni<sub>4</sub> respectivamente.

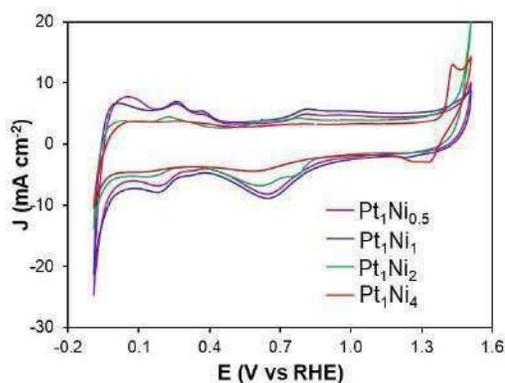


Figura 1. Voltamperometría cíclica de los catalizadores PtNi/CB con KOH 1.0 M, 100 mVs<sup>-1</sup>.

### 5. REFERENCIAS

[1] T.F. O'Brien, T.V. Bommaraju, F. Hine Overview of the chloralkali industry. Handbook of chlor-alkali technology. Fundamentals, vol. I. Springer science; 3 (2005).

# Óxido de grafeno dopado con boro como electrocatalizador preparado por método hidrotérmico para reacción de reducción de oxígeno (RRO)

Presentación Póster

E. M. Patlan Alvarez, A. Medina Ramírez, B. Ruiz Camacho\*

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, DCNE, Col. Noria Alta s/n, C.P. 36050, Guanajuato, Gto, México.

E-mail: [em.patlanalvarez@ugto.mx](mailto:em.patlanalvarez@ugto.mx)

| 387

## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de electrocatalizadores de metales no preciosos con actividad y estabilidad superiores para RRO, sigue siendo un desafío para la aplicación en celdas de combustible [1]. Se presenta un estudio de materiales B-OG, con variación en relación másica de precursores (1:1, 1:10, 1:100) sobre la actividad electrocatalítica y propiedades físicas. Se investigó el efecto de la temperatura de tratamiento térmico después de síntesis. Los materiales se caracterizaron por técnicas de XPS, SEM-EDS, FTIR y Raman [2].

## 2. METODOLOGÍA

Para obtener B-OG, se parte de una solución de OG sonicada, se añade ácido bórico, se trasfiere a reactor autoclave con revestimiento de teflón para dar tratamiento hidrotérmico 180°C/12 h. La suspensión se filtra y lava a pH~7 y es secada en estufa. El tratamiento térmico es en horno tubular con atmosfera de N<sub>2</sub> por 1 hora a temperatura (500°C o 900°C). La evaluación electroquímica requiere de tinta 3mg de material sintetizado, 300 μmL alcohol isopropílico y 3μmL de Nafion, y se deposita sobre electrodo de disco rotatorio (EDR) para evaluación.

## 3. RESULTADOS

La actividad electroquímica para RRO en medio alcalino se investiga por voltametría de barrido lineal (LSV).

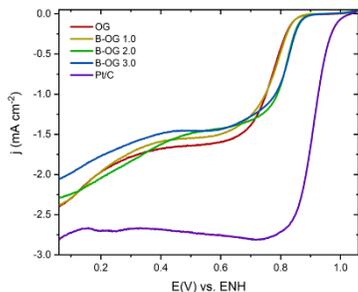


Figura 1. LSV con EDR a 1600 RPM, solución 0.5 M KOH saturado O<sub>2</sub>, barrido de 5 mV s<sup>-1</sup>

Los resultados mostraron que el B-OG sin tratamiento térmico exhibe una actividad similar a materiales con tratamiento a diferentes temperaturas B-OG-500 y B-OG-900. La comparación de las tres relaciones de masa B-OG indicó que un aumento del porcentaje de masa mejora la actividad hacia la RRO. Mediante XPS, se revela la relación atómica de B en OG y tipo de enlace. Por SEM se analiza la morfología y la microestructura.

Tabla 1. Estudios comparativos de B-OG-2.0 con otros autores.

Catalizador	E <sub>onset</sub> (V)	E <sub>1/2</sub> (V)	J <sub>L</sub> (mA cm <sup>-2</sup> ) a 0.3 V	Catalizador (mg cm <sup>-2</sup> )	Electrodo de referencia	Ref.
B-OG-2.0	0.929	0.82	-1.80	0.50	ENH	Este trabajo
B-GAs	-0.910	-0.75	~ -3.75	0.14	ENH	[3]
B-rGO	0.770	-0.63	~ -2.90	0.50	ENH	[4]
B-rOG 90 min	0.833	0.67	~ -3.70	~ 0.14	ENH	[5]

## 4. CONCLUSIONES

Los materiales preparados presentan propiedades electroquímicas con prometedoras aplicaciones en tema de energía. Este trabajo da una visión de diseño y preparación factible de catalizadores a base de OG, que pueden extenderse a otras aplicaciones catalíticas.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Y. Li, et al., *Electrochem. Energy Rev.*, **2**, 518 (2019).
- [2] L. Feng et al., *Sci. Total Environ.*, **698**, 134239 (2020).
- [3] W. Chen, et al., *Carbon N. Y.*, **137**, 458(2018).
- [4] Y. L. F. Musico, et al., *Mater. Chem. Phys.*, **236**, 121804 (2019).
- [5] J. P. Victoria Tafoya, et al., *Int. J. Hydrogen Energy*, **47**, 5462 (2022).

# The electrical properties of Zr doped $\text{Ce}_{0.6}\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$ solid electrolytes for solid oxide fuel cell applications

Presentación Póster

C. Bocado Roldán<sup>1</sup>, J. A. Díaz Guillén<sup>1</sup>, J. C. Díaz Guillén<sup>2</sup>, A. F. Fuentes<sup>3</sup>, K. P. Padmasree<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Saltillo, 25280 Saltillo. México

<sup>2</sup>CONACYT-Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, 25290, Saltillo, México

<sup>3</sup>Cinvestav-Saltillo, Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe, Ramos Arizpe, 25900, Coahuila, México

E-mail: [padmasree@cinvestav.edu.mx](mailto:padmasree@cinvestav.edu.mx)

## 1. INTRODUCTION

The increasing demand for clean energy requires the development of new materials for energy storage and conversion devices. Solid oxide fuel cells (SOFCs) have emerged as one of the next generation energy conversion system due to their high efficiency and environmental friendliness [1]. The conventional SOFC use 8mol% ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) doped  $\text{ZrO}_2$  electrolyte because of their good stability in both oxidizing and reducing environments, and high ionic conductivity of 0.1 S/cm at 1000°C, which requires high operating temperature around 1000 °C for the SOFC operation. The high operating temperature pose undesirable interface reactions and degradations which led to a decrease in cell performance. Compared to YSZ, doped  $\text{CeO}_2$  electrolytes exhibit high ionic conductivity in the intermediate temperature (500-800°C) range. In this type of oxides, the main electric conduction process is the diffusion of oxide ions through the oxygen vacancies [2]. In this work, we are studying the effect of  $\text{ZrO}_2$  addition in  $\text{Ce}_{0.6-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$  with  $x = 0, 0.2, 0.4$  and  $0.6$  solid solutions as electrolytes for SOFC applications.

## 2. EXPERIMENTAL

The  $\text{Ce}_{0.6-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$  samples were synthesized by mechanically activated solid state reaction method. The phase evolution on milling and after calcination at different temperatures were analyzed by X-ray diffraction in PANalytical EMPYREAN. The morphology of the sintered pellets were analyzed by TESCAN-MIRA 3 scanning electron microscope. The electrical properties were analyzed by using Solartron 1260 Frequency response analyzer.

## 3. RESULTS

X-ray diffraction patterns shift to higher angles with the addition of Zr in  $\text{Ce}_{0.6-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$  samples and is

due to the small ionic radius of  $\text{Zr}^{4+}$  in comparison to that  $\text{Ce}^{4+}$ . The XRD patterns of the samples sintered at 1200 °C exhibited a tetragonal structure. XRD patterns shows that as the sintering temperature increases from 1200 and 1500 °C, the intensity of the XRD peaks increases. The SEM micrographs of all the  $\text{Ce}_{0.6-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$  samples sintered at 1200 °C exhibited similar morphology and a decrease in particle size with the addition of Zr. Similarly, SEM micrographs of the samples sintered at 1500 °C shows a decrease in sinterability with the addition of Zr in  $\text{Ce}_{0.6-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$  samples. AC impedance spectra of all the samples exhibited the contributions from bulk, grain boundary and electrode-electrolyte interface. The total conductivity ( $\log \sigma$ ) of  $\text{Ce}_{0.6-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$  samples as a function of inverse temperature ( $1000/T$ ) shows almost liner nature and is in accordance with the Arrhenius equation  $\sigma = \sigma_0 \exp(-E_a/KT)$ . The bulk activation energy  $E_a$  found to increase with the increase of Zr substitution while the grain boundary activation energy  $E_{gb}$  is found to decrease with addition of Zr ( $x = 0.2$ ) and then increases.

## 4. CONCLUSIONS

The  $\text{Ce}_{0.6-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$  with  $x = 0, 0.2, 0.4$  and  $0.6$  solid solutions were synthesized by mechanically assisted solid state reactions. The SEM micrographs exhibited a decrease in sinterability with Zr addition. The bulk and grain boundary conductivity found to decrease with the introduction of Zr in  $\text{Ce}_{0.6-x}\text{Zr}_x\text{Y}_{0.4}\text{O}_{2-\delta}$  solid electrolytes.

## 5. REFERENCES

- [1] R.A. Montalvo-Lozano, et al., *J. Alloys. Compound.*, **525**, 184 (2012).
- [2] L.C. Baque, et al., *ECS Trans.*, **64**, 191 (2014).



XXXVII CONGRESO NACIONAL DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA  
15th MEETING OF THE MEXICAN SECTION OF  
THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY



## DIVISIÓN 8.

# EDUCACIÓN EN ELECTROQUÍMICA (EE)

## Experimentos introductorios de electroquímica y corrosión a distancia

Presentación Oral

J. G. Ibáñez Cornejo\*

Depto. Ing. Química, Industrial y de Alimentos.

Universidad Iberoamericana. Prol. Reforma 880, 01219 Ciudad de México.

E-mail: [jorge.ibanez@ibero.mx](mailto:jorge.ibanez@ibero.mx)

| 390

### 1. INTRODUCCIÓN

Durante la pandemia SARS-Covid-19, armamos un kit de aproximadamente 80 componentes para realizar experimentos de electroquímica y corrosión, incluyendo materiales eléctricos y electrónicos, electrodos, multímetro, mini soporte universal, vidriería, soluciones, y materiales auxiliares. Enviamos por mensajería personalizada el kit a la casa de cada estudiante, lo cual les permitió realizar físicamente entre 25 y 30 experimentos en cada uno de los semestres de O-2019 y P-2021. Hemos presentado antes las generalidades de esta experiencia, y ahora presentaremos los detalles experimentales seguidos en este curso optativo de Procesos Electroquímicos y Corrosión para estudiantes de 5°-7° semestre de Ingeniería química, de 4 h por semana.

### 2. METODOLOGÍA

Las temáticas seguidas versaron sobre lo siguiente: Mediciones y circuitos eléctricos. Generación y almacenamiento de energía. Electrólisis y electrosíntesis. Electroquímica Ambiental. Corrosión. La clase de 2 h iniciaba con una presentación de 1 h ya sea por parte del profesor o de los estudiantes, seguida de la realización de al menos un experimento. Se requería que los estudiantes tuvieran su cámara encendida para poder dar un mejor seguimiento experimental, así como de las normas de seguridad (uso de lentes o goggles protectores, y bata).  
Apartir

### 3. RESULTADOS

A partir de aproximadamente la tercera parte del curso, se pidió a los estudiantes que se reunieran virtualmente en grupos de 2 o 3 personas y propusieran un experimento (de la literatura o de diseño propio) para que todo el grupo los reprodujera, previa revisión de profesor. Los experimentos más exitosos fueron después escritos en inglés y enviados para su publicación en varias revistas internacionales. Estos fueron: Plateado casero de bismuto por desplazamiento galvánico a partir de tabletas de subsalicilato de

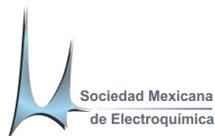
bismuto [1]; Diodos emisores de luz como generadores de voltaje: Demostración del principio de una pila de combustible con electrólisis solar casera de bajo costo y mejorada magnéticamente [2]; ¿Con plomo o sin plomo? Electroplateado casero de estaño en microescala [3]; Enseñanza a distancia: Plata coloidal casera [4]; Captura y conversión de CO<sub>2</sub>: Un enfoque experimental casero [5]; Aprendizaje a distancia: Un experimento interdisciplinario sobre la dispersión de Rayleigh [6]. La experiencia fue acompañada por un experto en didáctica y se documentó y publicó [7].

### 4. CONCLUSIONES

El grado de aprendizaje y de satisfacción de los estudiantes fue muy bueno y se pudieron publicar 6 artículos en revistas arbitradas internacionales, a partir de su trabajo casero.

### 5. REFERENCIAS

- [1] J. L. Aguilar-Charfen, et al., *Chem. Teach. Int.* **3**, 423 (2021).
- [2] T. Cesin-AbouAtme, et al., *Chem. Educ.* **98**, 3045 (2021).
- [3] M. R. Herrera-Loya, et al., *Chem. Teach. Int.* **4**, 97 (2022).
- [4] A. S. Covarrubias-Montero, J. G. Ibanez. *Nat. Sci. Adv. Technol. Educ.* **31**, 102 (2022).
- [5] A. Acuña-Girault, et al., *J. Technol. Sci. Educ.* **12**, 1 (2022).
- [6] H. N. Pérez-Vallejo, et al., *Chem. Teach. Int.* In Press (2022).
- [7] J. G. Ibanez, M. A. Contreras-Ruiz. *Int. Assoc. Jesuit Univ. Best Practices in Jesuit Higher Education* **2.1**, 97 (2021).



XXXVII CONGRESO NACIONAL DE LA  
SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA  
-----  
15th MEETING OF THE MEXICAN SECTION OF  
THE ELECTROCHEMICAL SOCIETY



El Comité Organizador agradece a todos los participantes del Congreso SMEQ-2022 las contribuciones científicas realizadas para el enriquecimiento de este libro de resúmenes.



# PATROCINADORES



# BUAP<sup>®</sup>



Secretaría  
de Educación

CONCYTEP  
Consejo de Ciencia  
y Tecnología del Estado  
de Puebla



**BUAP®**