



UACAM
Universidad Autónoma de Campeche



LIBRO DE RESÚMENES

SMEQ 2024



XXXIX CONGRESO NACIONAL DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA 2024

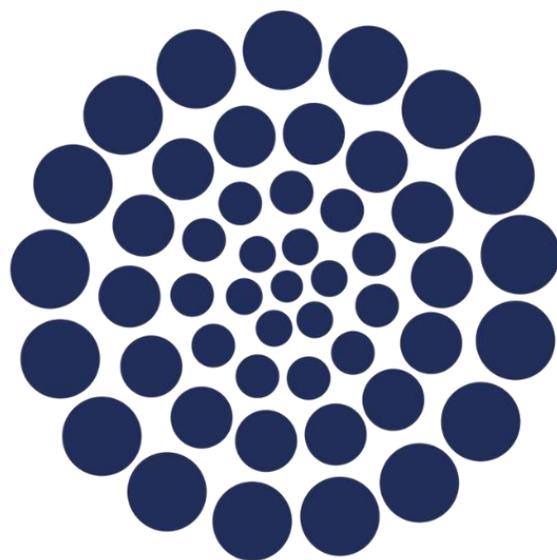
17th Meeting of the Mexican Section of
the Electrochemical Society

**LA ELECTROQUÍMICA PARA
PRESERVAR EL MEDIO AMBIENTE**

San Francisco de Campeche, Campeche, México
DEL 7 AL 11 DE OCTUBRE 2024

Editores:

Dr. Tezozomoc Pérez López
Dra. Josefa de los Ángeles Paat Estrella
Dr. Ángel Adrián Bacelis Jiménez
Dra. Citlali Gaona Tiburcio



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

**“Impulsando la promoción, difusión y divulgación
de la electroquímica en México - Actividades de la
SMEQ 2021-2024”**

PROYECTO CONAHCYT NÚMERO: 0317614

SMEQ 2024



PATROCINADORES



Comité organizador

Dr. Tezozomoc Pérez López
Presidente

Dra. Josefa de los Ángeles Paat Estrella
Vicepresidente

Dr. Francisco Eduardo Corvo Pérez
Dra. Ruth López Alcántara
M. en C. Luis Ariel Manzanero Acevedo
Dr. José Efraín Ramírez Benítez
Dra. Ariadna Garza Ortiz
M. en C. M. Pablo Maldonado Rivas
M. en C. Josefina Graciela Ancona León
Dr. William Alejandro Talavera Pech
Dr. Ángel Adrián Bacelis Jiménez
Dr. Manuel Jesús Rodríguez Pérez

Comité asesor

Dr. Facundo Almeraya Calderón
Dr. Ricardo Galván Martínez
Dra. Citlalli Gaona Tiburcio
Dr. Francisco Estupiñán López

Diseño gráfico:

Dr. Ángel Adrián Bacelis Jiménez

Revisión de estilo:

Dr. Facundo Almeraya Calderón
Dra. Citlalli Gaona Tiburcio



Comité Ejecutivo de la SMEQ

Dra. Citlalli Gaona Tiburcio
Presidente

Dr. Ricardo Galván Martínez
Vicepresidente

Dra. Erika Roxana Larios
Secretario

Dr. Francisco Estupiñán López
Tesorero

Dra. Rosa E. Núñez

Dr. Jorge Morales

Dra. Gabriela Pedraza Basulto

Ing. Juan Pablo Bohórquez

Vocales

Prefacio

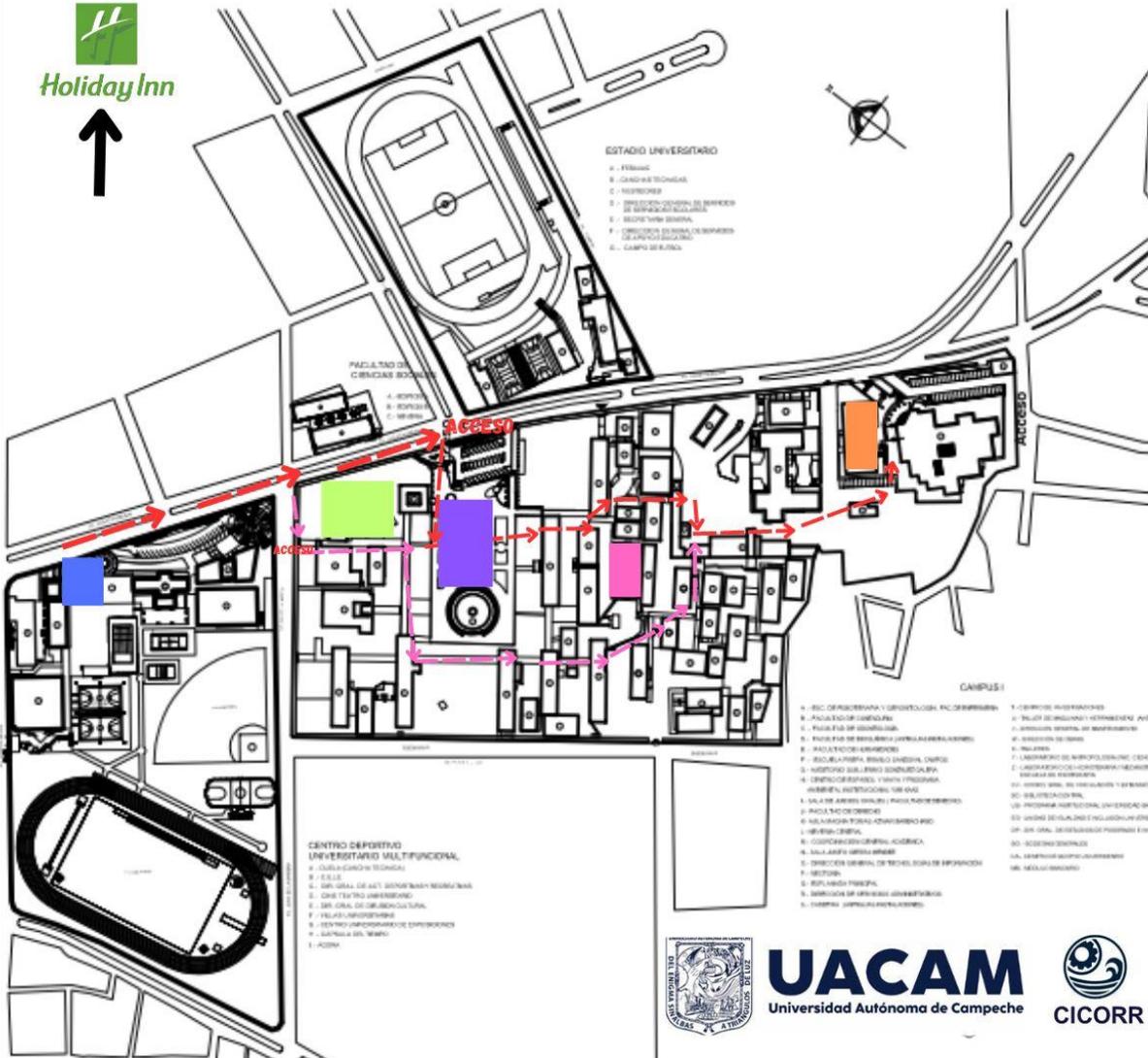
La Sociedad Mexicana de Electroquímica y la Universidad Autónoma de Campeche, a través del Centro de Investigación en Corrosión, CICORR, se complacen en ser anfitriones del XXXIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica y el 17° Encuentro de la Sección Mexicana de la Sociedad Electroquímica, que se llevará a cabo en la Ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche, del 7 al 11 de octubre de 2024.

Es un honor para el Comité Organizador del Congreso Nacional SMEQ 2024 haber colaborado en la elaboración de este compendio de resúmenes. Estos resúmenes reflejan fielmente los objetivos fundamentales de la SMEQ desde sus inicios: compartir, debatir, analizar y promover el desarrollo del conocimiento en el campo de la electroquímica en México. Asimismo, buscan contribuir a la resolución de problemáticas que puedan mejorar el bienestar social en nuestro país. Los principios mencionados están representados en el lema de esta edición del congreso **“La electroquímica para preservar el medio ambiente”**.

La Sociedad Mexicana de Electroquímica y la Universidad Autónoma de Campeche, a través del Centro de Investigación en Corrosión, CICORR, expresan su agradecimiento por su disposición y entusiasmo al contribuir con sus aportes científicos en la trigésima novena edición del Congreso Nacional SMEQ 2024.

Dr. Tezozomoc Pérez López
Presidente del Comité Organizador
XXXIX Congreso Nacional SMEQ 2024

SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA - UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CAMPECHE-CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CORROSIÓN																																																				
Horario	Domingo 6 de octubre				Lunes 7 de octubre				Martes 8 de octubre				Miércoles 9 de octubre				Jueves 10 de octubre				Viernes 11 de octubre				Horario																											
	XXXIX Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica (SMEQ) 2024 y 17th Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society (ECS)																																																			
07:00 - 07:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				07:00 - 07:20																											
07:20 - 07:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				07:20 - 07:40																											
07:40 - 08:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				07:40 - 08:00																											
08:00 - 08:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				08:00 - 08:20																											
08:20 - 08:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				08:20 - 08:40																											
08:40 - 09:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				08:40 - 09:00																											
09:00 - 09:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				09:00 - 09:20																											
09:20 - 09:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				09:20 - 09:40																											
09:40 - 10:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				09:40 - 10:00																											
10:00 - 10:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				10:00 - 10:20																											
10:20 - 10:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				10:20 - 10:40																											
10:40 - 11:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				10:40 - 11:00																											
11:00 - 11:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				11:00 - 11:20																											
11:20 - 11:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				11:20 - 11:40																											
11:40 - 12:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				11:40 - 12:00																											
12:00 - 12:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				12:00 - 12:20																											
12:20 - 12:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				12:20 - 12:40																											
12:40 - 13:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				12:40 - 13:00																											
13:00 - 13:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				13:00 - 13:20																											
13:20 - 13:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				13:20 - 13:40																											
13:40 - 14:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				13:40 - 14:00																											
14:00 - 14:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				14:00 - 14:20																											
14:20 - 14:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				14:20 - 14:40																											
14:40 - 15:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				14:40 - 15:00																											
15:00 - 15:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				15:00 - 15:20																											
15:20 - 15:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				15:20 - 15:40																											
15:40 - 16:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				15:40 - 16:00																											
16:00 - 16:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				16:00 - 16:20																											
16:20 - 16:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				16:20 - 16:40																											
16:40 - 17:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				16:40 - 17:00																											
17:00 - 17:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				17:00 - 17:20																											
17:20 - 17:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				17:20 - 17:40																											
17:40 - 18:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				17:40 - 18:00																											
18:00 - 18:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				18:00 - 18:20																											
18:20 - 18:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				18:20 - 18:40																											
18:40 - 19:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				18:40 - 19:00																											
19:00 - 19:20					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				19:00 - 19:20																											
19:20 - 19:40					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				19:20 - 19:40																											
19:40 - 20:00					Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				Inscripciones				19:40 - 20:00																											
	Sala Justo Sierra Méndez				SALA 1				SALA 2				FO Facultad de Odontología (Sala virtual)				Sala "Guillermo González Galera-GGG"				Sala Justo Sierra Méndez				SALA 1				SALA 2				FO Facultad de Odontología (Sala virtual)				Sala Justo Sierra Méndez				SALA 1				SALA 2				FO Facultad de Odontología (Sala virtual)			
	Conferencias Magistrales, Plenarias, invitadas y Homenajes póstumos en TEATRO UNIVERSITARIO "Joaquín Lanz"				CONAHCYT				ECS				Metrohm				ANITA YANEA				UANL				SATEL				ANAC				INTERCOVAMEX				GIB															
	Divisiones				EE Educación Electroquímica				IE Ingeniería Electroquímica				EM Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica				EM Electroquímica de Materiales				CAE Corrosión y Almacenamiento de Energía				CTS Corrosión y Tratamiento de Superficies				EA Electroquímica Analítica				EAM Electroquímica Ambiental																			



- Teatro Universitario "Joaquín Lanz"
 - Conferencias magistrales, plenarios e invitadas
 - Asamblea Ordinaria de la SMEQ
- Plaza "María Lavalle Urbina"
 - Sesión de Carteles
- Coordinación General de Vinculación y Extensión Académica
 - Presentaciones orales y virtuales
- Sala Guillermo González Galera
 - Comidas
- Explanada de la Rectoría de la UACAM
 - Fotografía del Congreso



UACAM
Universidad Autónoma de Campeche



CICORR



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

TABLA DE CONTENIDO

CAE-O01	Síntesis y rendimiento electroquímico de materiales Mn_3O_4/rGO para aplicaciones en supercapacitores	2
CAE-O02	Ingeniería de Interfaz en $NiCo_2O_4/P,N-C$ para incrementar el desempeño y durabilidad de baterías Zn-aire	3
CAE-O03	Sustitución parcial de Co_2+ en electrocatalizadores para baterías de Zn-Aire basados en MOF tipo Hofmann	4
CAE-O04	Paladio-plata (PdAg) y paladio (Pd) electrodepositado sobre carbono vítreo (GCE) a partir de un disolvente eutéctico profundo para la electrooxidación de ácido fórmico (REAF)	5
CAE-O07	Electrolito cuasi-sólido super absorbente para sistemas de almacenamiento energético del futuro	6
CAE-O08	Rol de electrolitos superconcentrados a base de sulfonas para baterías ion-litio	7
CAE-O09	Rol de partículas de liboni en el incremento del rendimiento electroquímico de cátodos de lifepo4 para LIBs	8
CAE-O10	Evaluación fotoelectroquímica del $BiVO_4$ modificado con FeOOH y NiOOH para la OER (reacción de evolución de oxígeno)	9
CAE-O11	Análisis de EIS del efecto de la porosidad sobre la acumulación de $Li+$ en partículas de LFP durante el proceso de descarga de LIBs	10
CAE-O13	Electrocatalizadores basados en polímeros de coordinación para el rompimiento del agua	11
CAE-O14	Líquidos iónicos polimerizados basados en colina para baterías litio-azufre	12
CAE-O16	Mixed metals (Ni, Co, Fe) oxides for the oxygen evolution reaction	13
CAE-O17	Electro-oxidación de borohidruro de sodio catalizado por nanopartículas de cobalto obtenidas por electrodeposito en un disolvente eutéctico profundo	14
CAE-O18	Baterías de litio-azufre de alto desempeño mediante el ajuste de la estructura química de los aglutinantes de copolímero multifuncional NaPSS-PEGA	15
CAE-O19	Electrocatalizador bifuncional para HER y ORR basado en RGO funcionalizado con clorofilina bimetalica de cobre y zinc	16
CAE-O20	Electrodeposited nib films as bifunctional electrocatalysts in alkaline water electrolyzer	17
CAE-O21	Mejoramiento de la absorción de luz, transferencia de carga y propiedades eléctricas en las películas de ZnO por la incorporación de Cu	18
CAE-O22	Ingeniería de interfase de un separador cuasi sólido en baterías de zinc-aire	19
CAE-O23	Preparación de electrodos impresos para celdas de biocombustibles portátiles	20
CAE-O24	Efecto del electrolito soporte en la electrooxidación de ácido fórmico empleando nanopartículas de PdFe electrodepositadas a partir de relina	21
CAE-O25	Reducción electroquímica de CO_2 sobre nanoestructuras bimetalicas de $Ag@Sn$ y $Ag@Bi$ hacia la generación de $HCOO^-$	22
CAE-O26	Matriz catalítica de Cu_2O-ZnO/C para la conversión selectiva de CO_2 a CH_4	23

CAE-O27	Electrocatalizadores NiMo para la reacción de evolución de hidrógeno	24
CAE-O28	Incremento de la eficiencia de celdas solares sensibilizadas con colorante por adsorción asistida por pulsos de potencial	25
CAE-O29	Electrocatalizadores Catódicos para Celdas Solares Sensibilizadas con Colorantes a Base de Platino sobre Nanotubos de Carbono	26
CAE-O30	Desempeño de polímeros aniónicos y catiónicos como aglomerantes en electrodos para baterías de litio de alta capacidad y voltaje	27
CAE-O32	Construcción de supercapacitores a partir de biocarbón de origen lignocelulósico puro y activado químicamente	28
CAE-P01	Electro-oxidación de metanol en presencia de paladio y paladio-plata soportados en carbón Vulcan XC72R	29
CAE-P02	Desarrollo de una batería primaria alcalina Zn-Ag ₂ O mediante nanoalambres de plata	30
CAE-P03	Síntesis de estructura de ZnOCuNiCo y su estudio para la reacción de oxidación de etanol	31
CAE-P08	Efecto del contenido de azufre y de fluoruro de polivinilideno sobre el comportamiento fisicoquímico y electroquímico de cátodos para baterías de litio-azufre	32
CAE-P09	Electrodeposited nib films as a potential alkaline photoelectrocatalyst for solar-driven hydrogen evolution reaction	33
CAE-P10	Síntesis de materiales catódicos LiNi _x Mn _y Co _{1-x-y} O ₂ (NMC) con aplicaciones para baterías ion-Li: una introducción al escalamiento de procesos	34
CAE-P11	Baterías sustentables con materiales carbonosos derivados de sargazo, estudio de los procesos de intercalación en baterías de ion sodio	35
CAE-P12	Efecto del tipo de síntesis en el desempeño electroquímico de materiales base Ni, Co, Mn para aplicaciones de almacenamiento de energía en autos eléctricos	36
CAE-P13	Effect of Zr Doping on the Structural and Electrical Properties of BaCe _{1-x} Zr _x O _{3-δ} Solid Electrolyte System	37
CAE-P15	Depósito de Li _x M _y O _z sobre aluminio y grafito sobre policarbonato por APPJ recuperados de baterías de litio-ion para su reuso como ánodo y cátodo	38
CAE-P16	Electrooxidación de ácido fórmico empleando electrocatalizadores base Pd soportados en nanofibras de carbono con y sin funcionalización	39
CAE-P17	Materiales a base de quitosano y ácidos orgánicos para su aplicación como aglomerantes en baterías de litio-azufre	40
CAE-V01	Red neuronal artificial para la evaluación y optimización de la operación de un generador electroquímico de gas HHO (hidrógeno-oxígeno)	41
CAE-V02	Nanopartículas de Fe ₃ O ₄ depositadas en rGO y su aplicación como soporte de Pt para la electro-reducción de oxígeno en celdas de combustible	42
CAE-V03	Electrolitos biopoliméricos dopados con nanodiamantes para mejorar el rendimiento en baterías de zinc-aire	43

CAE-V04	Electrolito polimérico sólido a base de un sistema PEO/PVDF/Mg(ClO ₄) ₂ -[EMIM][ESO ₄] para baterías recargables de iones de magnesio	44
CAE-V05	Evaluación del efecto de la temperatura de sinterizado en la actividad catalítica en electrodos porosos de níquel y cromo	45
CAE-V06	Análisis de la reacción de oxidación de metanol sobre nanopartículas de platino mediante potenciales de inversión	46
CAE-V07	Electrodo Mg-Ni reducido con grafeno para almacenamiento de energía mediante aleado mecánico	47
CAE-V08	Caracterización del electrolizador de membrana de intercambio protónico para la producción de hidrógeno	48
CAE-V09	Simulación 3D de un electrolizador tipo PEM	49
CTS-O01	Efecto de las propiedades fisicoquímicas en suelos arenosos sobre el proceso de corrosión en aceros	51
CTS-O02	Influencia de la combinación de nanopartículas de α -Fe ₂ O ₃ y SiO ₂ en un recubrimiento epóxico para la protección de un acero A36	52
CTS-O04	Estudio de los procesos de pasividad en aceros al carbono inmersos en arena en condiciones de saturación	53
CTS-O05	Alofuranos-triazol-teofilina en la inhibición de la corrosión del acero API 5L X70 inmerso en NaCl al 3% saturado con CO ₂	54
CTS-O06	Estudio del comportamiento a la corrosión de aceros inoxidable 316L recubiertos con SiN usando magnetron sputtering RF	55
CTS-O07	Estudio comparativo electroquímico de la inhibición de la permeación hidrógeno durante el decapado mediante el extracto de pistia stratiotes y hexamilentetramina	56
CTS-O12	Efecto del acabado superficial del acero de refuerzo embebido en concreto sobre la corrosión inducida por cloruros: inicio y propagación	57
CTS-O13	Estudio del comportamiento de un recubrimiento modificado bajo el efecto de protección catódica a distintos potenciales	58
CTS-O14	Evaluación electroquímica de lactonas a partir de carbohidratos para la inhibición de la corrosión de un acero API 5L X52 en medio salino	59
CTS-O15	Estudio de una nueva tipología de estribos de acero embebidos en concreto frente a la corrosión inducida por cloruros	60
CTS-O16	Uso de extracto de semilla de limón mexicano (citrus aurantifolia) como inhibidor de corrosión	61
CTS-O17	Aciclovir caducado como potencial inhibidor de corrosión para acero API X65 en medio ácido (1M HCl)	62
CTS-O18	Estudio del comportamiento a la corrosión de aceros inoxidable 316L recubiertos con SiN usando magnetron sputtering RF	63
CTS-O19	Efecto de las fibras de plástico en las propiedades electroquímicas del concreto reforzado	64

CTS-O20	Estudio electroquímico del del acero AISI 1018 de refuerzo embebido en concreto con aplicación de NS de SiO ₂ obtenidas ecológicamente	65
CTS-O21	Análisis de ruido electroquímico del efecto de nanopartículas SiO ₂ aplicado en concreto reforzado para proteger el acero de embebido	66
CTS-O22	Anodizado de TiO ₂ dopado con cromo y cobalto para el estudio de la corrosión en un fluido corporal simulado	67
CTS-O23	Fabricación y caracterización de anodizado duro con ácido cítrico en aleación de aluminio 7075 empleados en la industria aeronáutica	68
CTS-O24	Evaluación de Carbon Dots codopados con N y S como inhibidor de corrosión	69
CTS-O27	Análisis de ruido electroquímico del efecto de nanopartículas SiO ₂ aplicado en concreto reforzado para proteger el acero de embebido	70
CTS-O28	Estudio del proceso de corrosión del acero al carbono expuesto en medios amargos. Efecto de la concentración de H ₂ S	71
CTS-O29	Efecto del tamaño de partícula de un suelo calcáreo del estado de campeche sobre el proceso de corrosión externa de acero al carbono	72
CTS-O30	Recubrimiento biodegradable con nanopartículas de plata obtenido por líquidos iónicos en una aleación AZ31	73
CTS-O31	Formación de picaduras controladas en acero AISI 304 mediante el uso de medios tipo NACE TM0177 modificados	74
CTS-O32	Obtención de un recubrimiento Co-W por electrodeposición a partir de un disolvente eutéctico profundo (DES)	75
CTS-O33	Segmentación estadística y modelado oculto de Markov de señales de ruido electroquímico para análisis de corrosión	76
CTS-O34	Ánodos galvánicos de zinc libres de cadmio para la industria pesquera	77
CTS-O35	Recubrimiento de conversión con adiciones de neodimio para aleación as21 para la industria automotriz a través de un disolvente eutéctico profundo (des)	78
CTS-O36	Evaluación in vitro de la corrosión de la aleación az31 recubierta con hidroxiapatita y biovidrio S53P4 con tratamiento alcalino	79
CTS-O37	Pronóstico de la corrosividad atmosférica por efectos del cambio climático en el Golfo de México	80
CTS-O38	Persistencia de ciano-cumarina (2-oxo-2h-chromeno-3-carbonitrilo) como inhibidor de corrosión bajo condiciones de flujo para acero API X65 en solución de NaCl y CO ₂	81
CTS-O39	Estudio de la corrosión del acero API 5L X52 en medio ácido, usando como inhibidor el extracto de natural de Muicle	82
CTS-O40	Evaluación electroquímica del acero inoxidable 17-7PH en solución de NaCl	83
CTS-O45	Caracterización en aguas profundas y su influencia sobre la corrosión y la protección catódica	84

CTS-O46	Factores por considerar en el control de la corrosión interior mediante la inyección de inhibidores de corrosión de sistemas de recolección de hidrocarburos	85
CTS-O47	Estrategias efectivas para gestionar la corrosión interior en sistemas de transporte terrestre de fluidos de alto valor	86
CTS-O48	ZnO coating for improving corrosion resistance of the AM60 alloy to marine-coastal environment	87
CTS-O51	Selección de Inhibidor de corrosión para la determinación de la compatibilidad entre tratamientos químicos para medios amargos	88
CTS-O52	Estudio del comportamiento de inhibidores de corrosión con extractos naturales y secuestrantes de ácido sulfhídrico para la industria Oil & Gas	89
CTS-O55	Estudio del comportamiento de secuestrantes de ácido sulfhídrico evaluados con la técnica LPR y su compatibilidad con tratamientos químicos para medios amargos	90
CTS-O56	Extracto de la Morinda Citrifolia como inhibidor verde de corrosión	91
CTS-O57	Efecto de dos solventes orgánicos usados en distintas proporciones en la anodización electroquímica de titanio grado 2	92
CTS-O58	Sinergia en el comportamiento de inhibidores de corrosión y secuestrantes de ácido sulfhídrico evaluados en la industria Oil & Gas	93
CTS-O59	Sistemas de gestión de corrosión en la industria OnShore	94
CTS-O60	A new hybrid “green” cement: electrochemical activity of reinforcement steels	95
CTS-O61	Desarrollo de la ingeniería básica de sistemas de bombeo de inhibidor de corrosión en una instalación OnShore	96
CTS-O62	Taller científico sobre durabilidad de materiales frente al cambio climático	97
CTS-O63	Impacto de los criterios de ingeniería de corrosión para dosificación de inhibidor en la industria OnShore	98
CTS-P01	Estudio del mecanismo de corrosión de un acero N80 inmerso en agua congénita natural con inhibidor de corrosión	99
CTS-P02	Efecto de la rugosidad del sustrato de acero AISI 1018 sobre la velocidad de corrosión	100
CTS-P03	Influencia de la microestructura en la corrosión inducida por interferencias de corriente alterna (AC) en aceros de tubería api en solución sintética de suelo	101
CTS-P04	Evaluación electroquímica mediante espectroscopía de impedancia electroquímica de levonorgestrel como potencial inhibidor de corrosión de acero API 5L X65 en medio ácido (1M HCl)	102
CTS-P05	Comportamiento de la eficiencia anticorrosiva del acero AISI 304 en concreto convencional expuesto en solución al 5% CaCl	103
CTS-P06	Efecto de la hidrotalcita Mg/Al impregnada con leucina en la protección contra la corrosión de una aleación AZ31	104

CTS-P07	Efecto de la corrosión en las propiedades mecánicas de la aleación Cu-10Ni-20Zn-3Al posterior al tratamiento térmico de envejecido	105
CTS-P08	Espectroscopia de impedancia electroquímica de un recubrimiento adicionado con nanocontenedores expuesto a un potencial de $-1.1V$ vs Ag AgCl	106
CTS-P09	Estudio de la resiliencia de recubrimientos industriales con daños inducidos	107
CTS-P10	Influencia del contenido de Al en la microestructura y resistencia a la corrosión de aleaciones de alto manganeso Fe-Mn-Al-C-Cr	108
CTS-P11	Estudio de la corrosión electroquímica de Al7075 con recubrimiento hidrofóbico de nanopartículas de SiO ₂ aplicado mediante sol-gel	109
CTS-P12	Protección de la corrosión de un Bronce C844 empleado L-cisteína etil éster en un medio salino	110
CTS-P13	Estudio electroquímico del efecto de las interferencias de corriente alterna en la capa pasiva del acero x100 en una solución de carbonato-bicarbonato mediante ruido electroquímico	111
CTS-P14	Inhibidor a base de clortalidona caduco aplicado al acero al carbono evaluado en una solución que simula corrosión atmosférica	112
CTS-P15	Análisis del efecto de NPs de ZnO en la corrosión inducida por microorganismos del aluminio mediante impedancia	113
CTS-P17	Análisis en el dominio del tiempo de ruido electroquímico de superaleaciones base níquel a baja temperatura	114
CTS-P18	Respuesta dinámica de columnas de concreto reforzado degradadas por corrosión	115
CTS-P19	Optimización de los parámetros del proceso de anodizado en aluminio 6063 mediante la metodología de superficie de respuesta	116
CTS-P20	Anodizado de Titanio en un Líquido Iónico a base de Colina-Oxalato	117
CTS-P21	Influencia del dopado de TiO ₂ con Cr en el desempeño del TiO ₂ como fotoánodo en la protección catódica de un acero inoxidable en solución salmuera	118
CTS-P22	Impacto de los criterios de ingeniería de corrosión para dosificación de inhibidor en la industria OnShore	119
CTS-P23	Evaluación de extracto de caulerpa ashmeadii como inhibidor de corrosión natural en aceros al carbón AISI 1016 y API 5L X65	120
CTS-P24	Uso del extracto de phalaris canariensis como inhibidor de la corrosión del acero 316l en el sistema LiCl-H ₂ O	121
CTS-P25	Paracetamol caduco como alternativa verde para la disminución de corrosión del cobre en NaCl	122
CTS-P27	Elaboración de recubrimiento orgánico para reducción de la corrosión en aceros	123
CTS-P28	Extracto de chile ancho (Capsicum annum L grossum sendt) obtenido por Disolventes Eutécticos Profundos, como inhibidor de la corrosión	124
CTS-P29	Recubrimiento de resina epóxica con adición de un nitruro de carbono grafítico como inhibidor de la corrosión sobre la superficie del acero T-122	125
CTS-P30	Comportamiento de la corrosión de un acero microaleado por medio de la Teoría del Caos	126

CTS-P31	Efecto de la saliva artificial y el pH en la corrosión de aleaciones y metales de uso en ortodoncia	127
CTS-P32	Estudio de la corrosión de acero inoxidable 304 en un disolvente eutéctico profundo	128
CTS-P33	Estudio de la corrosión de electrodos de plata en DES en presencia de iones metálicos	129
CTS-P34	Diseño de una cámara de carbonatación para evaluación de corrosión in situ para concreto armado a partir de pruebas electroquímicas	130
CTS-P36	Evaluación electroquímica de probetas de mortero recubiertas con un gel ORMOSIL hidrofóbico sometidas a carbonatación acelerada	131
CTS-P37	Estudio de las propiedades de durabilidad de probetas de concreto con adiciones de fibras naturales mediante técnicas electroquímicas	132
CTS-P38	Estudio electroquímico del aluminio ante el proceso de corrosión microbiológica mediante técnicas electroquímicas	133
CTS-P39	Estudio teórico de la capsaicina como inhibidor de corrosión	134
CTS-P40	Protección anticorrosiva y superhidrofóbica de películas de TEOS/FAS aplicadas sobre sustratos de acero	135
CTS-P41	Efecto de un recubrimiento ORMOSIL con nanopartículas mesoporosas de SiO ₂ depositado en acero al carbono expuesto en agua de mar natural	136
CTS-P42	Análisis de la aplicación de un nanomaterial mesoporoso de partículas de óxido de silicio sobre las propiedades de durabilidad de muestras de concreto reforzado	137
CTS-P43	Análisis del efecto de la adición de fibra de henequén sobre las propiedades de durabilidad de muestras de concreto reforzado	138
CTS-P44	Desempeño ante la corrosión de aceros de refuerzo galvanizado y sin galvanizar, embebidos en concretos preparados con polvo de vidrio reciclado y expuestos a ambiente marino tropical	139
CTS-V01	Comportamiento electroquímico del acero AISI 304 embebido en concreto expuesto a cloruro de calcio y sulfato de magnesio	140
CTS-V02	Resistencia a la corrosión del acero AISI 304 como refuerzo en concreto inmerso en solución al 5% de NaCl	141
CTS-V03	Estudio espectrométrico y electroquímico de un baño Cr III base sulfatos	142
CTS-V04	Evaluación electroquímica del recubrimiento vinílico aplicado en acero al carbono en la atmósfera de Poza Rica	143
CTS-V05	Evaluación electroquímica del recubrimiento alquidático aplicado en el acero al carbono expuesto en la atmósfera de Poza Rica	144
CTS-V06	Degradación de materiales metálicos en una ciudad costera del norte del estado de Veracruz	145
CTS-V07	Desarrollo de nanocompositos polianilina/quitosano (PANI/CTS) y TiO ₂ -PANI/CTS como recubrimientos anticorrosión: síntesis y caracterización	146
CTS-V08	Efecto inhibidor empleando 2-mercaptobencimidazol (2-MBI) en vidrios metálicos Ni-Nb	147

CTS-V09	Determinación de la tasa de corrosión local en aleaciones de aluminio a través de análisis numérico y de imágenes	148
EA-O01	Propiedades electroquímicas y detección sensible de rojo allura sobre gce/mwcnts	150
EA-O02	Sensor electroquímico para metiltionina: azul de metileno sobre grafito/Aunps	151
EA-O03	Efecto de la porosidad de electrodos modificados con hexacianoferrato en la impedancia de difusión de especies iónicas	152
EA-O04	Mediciones termométricas de sistemas electroquímicos en corriente directa y alterna: ventajas y desventajas	153
EA-O05	Detección electroquímica de sucralosa en productos alimenticios y bebidas energéticas utilizando electrodos de carbón vítreo modificados con nanopartículas de Ag electrodepositadas mediante la técnica de doble pulso potencioestático	154
EA-O06	Estudio de la reducción bio-catalítica de H ₂ O ₂ en CV/MWCNT/GO _x	155
EA-O07	Estudio electroquímico del 5-fluorouracilo en medio acuoso	156
EA-O08	Reactividad electroquímica de cafeína sobre grafito modificado con el compuesto TiO ₂ -Ni(OH) ₂	157
EA-O09	Diseño de una plataforma biosensora GCE/MWCNT/HRP para su aplicación en la detección de H ₂ O ₂	158
EA-O10	Detección electroquímica de sodio en extractos de suelo empleando electrodos serigrafados de carbono modificados con nanotubos de carbono y azul de Prusia	159
EA-O11	Desarrollo de una metodología voltamperométrica para la cuantificación de aflatoxina B1 basada en electrodos modificados con polidopamina	160
EA-P01	Modelado fisicomatemático de la impedancia de difusión de especies iónicas en cristales de hexacianoferrato de metales de transición en electrodos modificados	161
EA-P02	Sobre el montaje experimental para la determinación de propiedades termo electroquímicas como funciones de transferencia	162
EA-P03	Determinación de bisfenol-A mediante voltamperometría de onda cuadrada con un electrodo de pasta de carbón modificado con nanopartículas de plata	163
EA-P04	Nanomateriales de Cu-Zn para la detección electroquímica de creatinina en saliva artificial	164
EA-P05	Caracterización electroquímica de bisfenol "a" mediante voltamperometría cíclica para su detección en aguas	165
EA-P06	Estudio electroquímico de la molécula modelo azitromicina en la interfase agua 1,2-dicloroetano	166
EA-P07	Determinación de aflatoxina B1 usando un sensor voltamperométrico basado en nanopartículas de óxido de cobre	167
EA-P08	Estudio electroquímico de interacción de sds con dimetridazol para su cuantificación en agua	168
EA-P09	Estudio sobre la electrooxidación de la glucosa usando electrodos modificados de carbono vítreo/cobre con óxidos de cobre	169

EA-P10	La espectroscopia Raman como herramienta para el análisis de materiales carbonosos empleados en fabricación de electrodos	170
EA-P11	Desarrollo de un inmunosensor electroquímico basado en sustratos de aluminio decorados con nanotubos de carbono y dendrímeros poliamidoamina, para la detección de troponina I cardíaca	171
EA-P12	Modificación de electrodos de grafeno inducido por láser con concanavalina a para la determinación de holo-transferrina	172
EA-P13	Estudio de acetaminofén con nanopartículas de oro electrodepositadas sobre un electrodo de pasta de carbono en medio acuoso	173
EA-P14	Caracterización electroquímica de bisfenol "e" para su detección en aguas	174
EA-P15	Cuantificación electroquímica simultánea de diclofenaco, paracetamol, piridoxina y cafeína en muestras farmacéuticas usando una red neuronal artificial	175
EA-P16	Determinación de paroxetina utilizando electrodos de pasta de carbono modificados con nanopartículas de oro	176
EA-P17	Determinación electroquímica de extractos fenólicos extraídos de <i>Justicia spiciguera</i> utilizando electrodos de carbono modificados	177
EA-P18	Sensor electroquímico multianalítico de metales pesados en agua	178
EA-P19	Diseño de un sistema para la remoción de cadmio, cobre, zinc y plomo en aguas residuales por electrocoagulación	179
EA-P20	Estudio electroquímico para la cuantificación de acetaminofén utilizando un electrodo base carbono modificado con nanopartículas de oro y ciclodextrina	180
EA-P21	Estudio espectro-electroquímico para determinar la capacidad oxidante de partículas contaminantes PM _x	181
EA-P22	Determinación electroanalítica de capsaicina sobre electrodos modificados con polipirrol sobreoxidado empleando diferentes dopantes secundarios	182
EA-V01	Estudio voltamétrico del efecto de aditivos en la concentración micelar crítica y coeficiente de difusión de un líquido iónico neutro	183
EA-V02	Evaluación por técnicas electroquímicas de la capacidad antioxidante de pitahayas ecuatorianas	184
EA-V03	Desarrollo de una metodología electroquímica para el monitoreo analítico de un baño electrolítico de manganeso	185
EA-V04	Optimización de un sensor electroquímico no enzimático mediante nanotubos de carbono funcionalizados con mezclas de HAp-Co(OH) ₂ para la detección de glucosa	186
EAM-O01	Control de la eficiencia farádica en la electrogeneración de H ₂ O ₂ en cátodos de malla de acero inoxidable modificados con TiO ₂ y C TiO ₂ durante la degradación de sucralosa en medio acuoso ácido	188
EAM-O02	Electrodeposición del intermetálico MnCu ₄ para su aplicación como electrocatalizador para la REO	189

EAM-O03	Síntesis verde de magnetita a partir de extracto de cáscara de papa para su uso en un proceso electro-fenton	190
EAM-O04	Influencia de iones Ca^{2+} , Mg^{2+} y Cl^- presentes en un efluente real en la separación de arsénico por el método de electrodeionización	191
EAM-O05	Evaluación del proceso electro-fenton heterogéneo con electrodos carbonosos y tridimensionales aplicado a la remoción de carbamazepina en agua	192
EAM-O06	Estudio de un sistema electroquímico asistido por cavitación sónica, para el tratamiento de aguas contaminadas con compuestos orgánicos	193
EAM-O07	Tratamiento electroquímico de agua contaminada con productos farmacéuticos en presencia de agentes oxidantes interfaciales: amoxicilina y ketorolaco	194
EAM-O08	Degradación de sulfametoxazol empleando un cátodo de fieltro de grafito modificado con negro de humo y PTFE en el proceso electro-fenton	195
EAM-O09	Estudio del efecto de las burbujas electro generadas en reacciones sonoelectroquímicas para la decoloración de azul de metileno en agua	196
EAM-O10	Uso de electrodos de BDD para la degradación eficiente y sostenible de mezclas de colorantes mediante proceso fotoelectro fenton solar	197
EAM-O11	Efecto en la conversión y la selectividad durante la oxidación de urea en la interfaz de electrocatalizadores Ni-P/C en medio alcalino	198
EAM-O15	Evaluación de la generación de energía eléctrica y remoción de DQO en celda de combustible microbiano de dos cámaras	199
EAM-O16	Tratamiento de un efluente real, para la eliminación de cuatro contaminantes emergentes (CFX, CIP, SMX, Y CBZ), mediante oxidación avanzada	200
EAM-O17	Electro-degradación de cafeína y otros componentes orgánicos presentes en agua residual de café empleando un electrodo 3D	201
EAM-O18	Remoción simultánea de arsénico, fluoruro y silica hidratada de agua subterránea por electrocoagulación: Comparación de diferentes ánodos de sacrificio (Al, Fe y Al-Fe)	202
EAM-O19	Caracterización de una celda de combustible microbianas-humedal artificial para la producción de energía y el tratamiento de agua residual	203
EAM-O20	Identificación de sitios activos responsables de inactivación electroquímica por BPA en superficies de carbono mediante DFT	204
EAM-O21	Síntesis verde de H_2O_2 en celdas electroquímicas apareadas convergentes con BiVO_4 como ánodo y cátodos de carbono	205
EAM-O22	Tratamiento de agua residual proveniente de la hemodiálisis en clínicas hacia una economía circular para el desarrollo sostenible: electro-coagulación/electro-oxidación/adsorción	206
EAM-O24	Eliminación de microplásticos y iones metálicos mediante electrocoagulación	207
EAM-P01	Electrodeposición con electrodo de cilindro rotatorio para la recuperación selectiva de plata de lixiviados obtenidos a partir de residuos electrónicos	208

EAM-P02	Análisis fotoelectroquímico de la REO usando Co_3O_4 como fotoelectrocatalizador	209
EAM-P03	Detección electroquímica de mercurio (Hg^{2+}) en muestras biológicas de consorcios microbianos metalotolerantes	210
EAM-P04	Recuperación sustentable de materiales de alto valor presentes en las baterías de Li	211
EAM-P05	Tratamiento químico de un cuerpo de agua eutrofizado ubicado en San Cayetano Morelos aplicando un proceso de electrocoagulación	212
EAM-P06	Evaluación del funcionamiento de una celda de combustible microbiano de placas paralelas y membrana cerámica, como sistema de tratamiento de agua y generación de energía eléctrica	213
EAM-P07	Electropolimerización de cristal violeta sobre superficie de grafito vidriado: detección de Pb (II)	214
EAM-P08	Procesos electroquímicos como tratamiento alternativo para aguas residuales de la industria química en México	215
EAM-P09	Evaluación del funcionamiento de una celda de combustible microbiano de placas paralelas y membrana cerámica, como sistema de tratamiento de agua y generación de energía eléctrica	216
EAM-P10	Efecto del material anódico en la electro - generación de peróxido de hidrógeno	217
EAM-P11	Caracterización y evaluación de la toxicidad de un efluente tratado por un reactor galvano-Fenton heterogéneo	218
EAM-P12	Modulación del sobrepotencial de electrocatalizadores de Ni-Co soportados en carbón vulcan durante la oxidación de urea	219
EAM-P13	Degradación de ketorolaco por fotoelectrocatalisis asistida con celda solar	220
EAM-P14	Actividad electrocatalítica de nanoestructuras de paladio soportadas en carbón Vulcan para la oxidación de ácidos orgánicos en medio ácido	221
EAM-P15	Eficiencia a largo plazo del fieltro de carbono como electrodo para el proceso electro-fenton en el tratamiento de aguas residuales	222
EAM-P16	Tratamiento de un efluente cervecero artesanal enriquecido con glifosato aplicando electrocoagulación y oxidación anódica	223
EAM-P17	Electrocoagulación como pretratamiento de vinazas tequileras	224
EAM-P18	ZnS dopados para degradación via Fenton de colorantes orgánicos	225
EAM-V01	Estudio de la recuperación de metales pesados en lodos de desechos celulósicos vía electroquímica utilizando un modelo de economía circular	226
EAM-V02	Aplicación de un sistema acoplado O_3/EO en el tratamiento de un efluente proveniente de un matadero avícola	227
EAM-V03	Modificación electroquímica de zeolita clinoptilolita para la remoción de Gramoxone® mediante Fenton solar heterogéneo	228
EAM-V04	Electrorecuperación de níquel utilizando un electrolito ecoamigable	229
EAM-V05	Caracterización de una celda de combustible microbiana para la producción de bioenergía y aprovechamiento de residuos	230

EAM-V06	Caracterización electroquímica de celda de combustible microbiana empleando como sustrato un contaminante emergente	231
EAM-V07	Caracterización electroquímica del cascarón de <i>gallus gallus domesticus</i> como agregado fino al cemento	232
EAM-V08	Electro-oxidación de bio-etanol utilizando nanopartículas de Pd y su aplicación en una celda de combustible	233
EAM-V09	Tratamiento de vinaza de tequila mediante electrocoagulación y floculación-coagulación seguido de fotocátalisis heterogénea	234
EAM-V10	Análisis del transporte de iones a través de películas de materiales sustitutos de membranas comerciales	235
EAM-V11	Adjunción de co-catalizadores base Ru para la degradación electroquímica foto-asistida de contaminantes emergentes	236
EE-O01	Eficiencia y desempeño de un electrolizador alcalino de celda húmeda con electrodos cilíndricos para fines educativos	238
EE-P01	Desarrollo de un dispositivo de bajo costo que permita realizar mediciones de potencial y corriente simultánea	239
EE-P02	Determinación del poder cubriente en una celda hull (modificada), para cátodos de cobre (segmentados) con soluciones watts (NiSO_4 con NiCl_2) y DOX (Ni-Co)	240
EE-V01	Electrochemistry: The link between thermodynamics and the electrostatic	241
EE-V02	La experiencia en ingeniería electroquímica del CIDETEQ para el desarrollo de reactores electroquímicos	242
EM-O01	Electrodos anódicos modificados con electrodeósitos de Ni-CeO ₂ para su aplicación en electrólisis alcalina	244
EM-O02	Caracterización electroquímica de fotocatalizadores conformados por SiNWs-CuNPs- gC ₃ N ₄	245
EM-O03	Mecanismo y cinética de la nucleación y crecimiento electroquímico de cobre sobre carbono vítreo obtenido a partir de relíne	246
EM-O04	Estudio de la reducción electroquímica de especies nitrogenadas con electrodos modificados con polianilina	247
EM-O06	Estudio electroquímico de óxidos metálicos semiconductores obtenidos mediante anodizado sobre materiales ferrosos	248
EM-O07	Depósito de películas de oxisulfuros metálicos sensibilizados con puntos cuánticos para la generación de fotocorriente	249
EM-O08	Recuperación electroquímica de Cu a partir de concentrados de minerales sulfurados empleando disolventes eutécticos profundos	250
EM-O09	Influencia de la temperatura en el electrodeposito de Nd utilizando Relíne	251
EM-O10	Estudio del electrodeposito de Ag sobre una película de carbón activado proveniente de <i>Sargassum sp</i>	252

EM-O11	Electro oxidación de eritromicina empleando electrodos de IrO ₂ /RuO ₂ /TiO ₂	253
EM-O12	Descifrando el efecto de Mn y Co en la reversibilidad estructural y electroquímica de LNO	254
EM-O13	Efecto de la Composición Química en Electroodos de Aleación Ni-Cr en la Reacción de Evolución de hidrógeno (HER) utilizados en la electrólisis alcalina del agua	255
EM-O14	Evaluación de las propiedades mecánicas de un acero microaleado sometido a cargado catódico de hidrógeno para determinar su susceptibilidad a fragilización	256
EM-O16	Caracterización fotoelectroquímica de óxidos semiconductores por IMPS	257
EM-P01	Evaluación de la factibilidad de formación de depósitos vía electroquímica a base de Ni y Co en un LI prático	258
EM-P02	Electrorecuperación de metales de los convertidores catalíticos de automóviles a partir disolventes eutécticos profundos	259
EM-P03	Nucleación y crecimiento electroquímico de nanopartículas Pd-La con relíne	260
EM-P04	Estudio electroquímico de catecoles para la modificación de nanopartículas de magnetita y el efecto de los grupos funcionales	261
EM-P05	Diseño y estudio de la geometría de fotocatalizadores de Cu _x O: síntesis por manufactura aditiva y electroquímica	262
EM-P06	Estudio de propiedades dieléctricas de suspensiones de nanopartículas de ZnO para depósito electroforético	263
EM-P07	Cuantificación electroquímica de iones NO ₃ ⁻ en medio acuoso mediante un electrodo de carbono vítreo modificado con nanopartículas de cobre	264
EM-P08	Recuperación electroquímica de Fe a partir de concentrados de minerales sulfurados empleando disolventes eutécticos profundos	265
EM-P10	Correlación de las propiedades electrocrómicas y fotocatalíticas de las películas delgadas de WO ₃	266
EM-P11	Evaluación de propiedades electroquímicas y fisicoquímicas de hojas grafénicas modificadas	267
EM-P12	Evaluación de las condiciones energéticas en la síntesis electroquímica de ZnO	268
EM-P13	Síntesis electroquímica de unas cuantas capas de grafeno asistida con poli(ácido metanílico) como surfactante	269
EM-P14	Correlación de las propiedades electrocrómicas y fotocatalíticas de las películas delgadas de WO ₃	270
EM-P15	Efecto del dopaje en la estabilidad de la fase y de la conductividad iónica en el granate LLZO	271
EM-P16	Producción y caracterización de unas cuantas capas de grafeno por intercalación electroquímica usando aglomerados de βCD/CIO ₄ ⁻ como surfactante	272
EM-V01	Deslignificación de la fibra de lirio acuático mediante electro-hidrólisis para su posible aplicación en concretos porosos	273
EM-V02	Síntesis fotoquímica y caracterización electroquímica de nanopartículas core/shell Ag ₀ /Pt ₀	274
EM-V03	Síntesis y caracterización de BMNPS-Au ₀ /Pt ₀	275

EM-V04	Electrooxidación de alcoholes en presencia de nanoestructuras Ni/(SBA-15)-C en condiciones alcalinas	276
EM-V05	Fabricación y caracterización de compuestos hidroxiapatita- x% dióxido de titanio para una posible sustitución ósea	277
EM-V06	Evaluación de propiedades mecánicas y de corrosión de compuestos hidroxiapatita-magnesio como potenciales implantes en el organismo humano	278
EM-V07	Resistencia a la degradación, dureza y morfología de materiales de hidroxiapatita-níquel, titanio y magnesio como posibles sustitutos óseos	279
EM-V08	Eficiencia de extractos naturales en relación con tiempos de conservación	280
EM-V09	Efecto de la modificación superficial de ilmenita mineral con heteropoliácidos en las propiedades fotoelectroquímicas y fotocatalíticas del material	281
EM-V10	Evaluación fotoelectroquímica de ilmenita mineral modificada por tratamiento básico para su uso en la reducción fotocatalítica de CO ₂	282
EM-V11	Síntesis y caracterización de nanopartículas de oro con Cys-GOD sobre electrodos fto	283
EM-V12	Electrodeposición de Fe sobre Au policristalino a partir de soluciones amoniacaes	284
EM-V14	Comparación de la actividad catalítica de níquel macroscópico y electrodepositado para la reacción de oxidación de metanol mediante voltamperometría de eliminación	285
EMB-O01	Análisis in situ del estrés oxidativo de E. coli en contacto con ZIF-67 mediante la detección electroquímica de peróxido de hidrógeno	287
EMB-O02	Funcionalización de un electrodo de carbón vítreo con grupos carboxilo como soporte de aptámeros para la detección de tobramicina	288
EMB-O03	Desarrollo de un biosensor enzimático electroquímico para la detección del anión superóxido utilizando ultramicroelectrodos de Pt modificados PEDOT/SOD	289
EMB-O04	Caracterización celular de andamios de policaprolactona para proliferar células mesenquimales	290
EMB-O05	Derivados de ftalimidas como mediadores redox en reacciones de electrosíntesis orgánica	291
EMB-O06	Electrosíntesis de tetrahidrotiofenos-3,4-dihidroxi-3,4-disustituidos empleando dlG/pc como medio de reacción ambientalmente amigable	292
EMB-O07	Evaluación de un bioánodo para su uso en biobaterías híbridas	293
EMB-O09	Estudio espectroelectroquímico de la interacción entre el hidrógeno disuelto y la desorción reductiva de monocapas autoensambladas en superficies de platino	294
EMB-O10	Acoplamiento de fluorescencia con electroquímica para el estudio en tiempo real de la desorción de monocapas auto ensambladas de electrodos de platino	295
EMB-O11	Desarrollo de hidrogeles a base de gelatina, alginato de sodio y NTCPM para aplicaciones médicas	296
EMB-O12	Estudio electroquímico, espectro-electroquímico y teórico de la estabilidad de especies electrogeneradas de compuestos de coordinación con ligantes diiminicos	297
EMB-P01	Ensayo dream en microorganismos de agua residual industrial	298

EMB-P02	Caracterización de electrodos químicamente modificados con albúmina sérica humana mediante espectroscopía de impedancia electroquímica	299
EMB-P03	Modulación de la rugosidad y permeabilidad de películas conteniendo núcleos aromáticos covalentemente anclados. Descripción mecanística de la permeabilidad usando sondas redox reducibles y oxidables	300
EMB-P04	Reducción electroquímica de oxígeno mediada con complejos de Cu(II) con ligantes amino-alifáticos	301
EMB-V01	Reducción electroquímica de enlaces pirrólicos $C\beta=C\beta$ de la meso-tetrafenilporfirina diprotonada en medio de benzonitrilo y $HClO_4$.	302
IE-O01	Explorando la influencia sinérgica del pH, temperatura y efectos combinados en la degradación de membranas de intercambio aniónico MA3475, a cortos periodos de evaluación	304
IE-O02	Simulación y validación de la distribución de corrientes secundarias en una celda de dos y tres compartimentos para la recuperación de manganeso	305
IE-O03	Efecto de la preparación superficial de los recubrimientos de platino sobre cobre	306
IE-O04	Recuperación simultánea de iones metálicos a partir de lixiviados de desechos electrónicos. Implementación experimental en un reactor electroquímico con RCE y modelado mediante CFD	307
IE-O05	Modelado de la corrosión durante la disolución de depósitos calcáreos en tuberías incrustadas mediante soluciones ácidas	308
IE-O07	Aplicación de un sistema de electrodiálisis para la recuperación de litio de un efluente sintético	309
IE-O08	Estudio experimental y modelamiento matemático de la oxidación fotoelectroquímica de un tensoactivo aniónico presente en aguas de producción de campos petrolíferos	310
IE-O09	Estudio experimental del proceso integrado biorreactor-celda de electrodeionización: recuperación in situ del ácido láctico	311
IE-O11	Nueva metodología para la medición de ruido electroquímico en baterías de $LiFePo_4$ en condiciones de descarga	312
IE-P01	Electrodos composites de carbón modificados con hexacianometalatos de metales de transición para la captación de iones alcalinos	313
IE-P02	Desarrollo de un desincrustante amigable con el medio ambiente con efectos inhibidores para limpieza de tuberías	314
IE-P03	Distribución de corriente y potencial secundaria del proceso de cincado en medio alcalino en una celda hull	315
IE-P04	NPsAg electro-sintetizadas en superficies de acero inoxidable y titanio	316
IE-P05	Simulación mediante dinámica de fluidos computacional (CFD) de un electrolizador PEM en continuo a nivel laboratorio durante la electrólisis de agua	317
IE-P06	Lixiviación electroquímica de titanio y su posterior electrodepósito en superficies de cobre	318
IE-P07	Prototipo para medición online de espectros de impedancia para baterías de iones de litio	319

IE-P08	Uso de un sistema galvánico para el tratamiento de efluentes con contenido metálico	320
IE-P09	Electrodo de μ -NPs-Cu/Cu como sensor de alcoholes en un medio alcalino	321
IE-V01	Implementación de un modelo fenomenológico para la predicción y evaluación de la degradación de BPA por radicales hidroxilo $M(\bullet\text{OH})$ en una celda de flujo	322



Conversión y Almacenamiento de Energía (CAE)



CAE-O01 Síntesis y rendimiento electroquímico de materiales Mn_3O_4/rGO para aplicaciones en supercapacitores

Presentación Oral

Lorena Cuéllar-Herrera¹, Elsa Arce-Estrada¹, Daniella Esperanza Pacheco-Catalán², Leonardo Vivas³,
Antonio Romero-Serrano¹

^{1*} Instituto Politécnico Nacional-ESIQIE, UPALM, CDMX, México, C.P. 07738

² Unidad de Energía Renovable, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Carretera Sierra Papacal-Chuburná Puerto Km 5, Sierra Papacal, 97302, Mérida, México.

³ Universidad Técnica Federico Santa María, Avenida Vicuña Mackenna 3939, Santiago, Chile.

E-mail: lorenacuellarherrera@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los supercapacitores (SC) son dispositivos prometedores debido a sus numerosas ventajas. Entre los SC con pseudocapacitancia, el Mn_3O_4 con estructura similar a la espinela, conocido como hausmannita, es un material prometedor [1], aunque también, presenta ciertas desventajas [2]. Debido a ello, se han desarrollado materiales SC combinando Mn_3O_4 con materiales de carbono puro. El grafeno es una excelente opción debido a su buena conductividad eléctrica, lo que podría mejorar el rendimiento electroquímico del Mn_3O_4 . En este trabajo, se presenta un enfoque sencillo para fabricar compuestos de Hausmannita Mn_3O_4/rGO para su uso en electrodos de supercapacitores.

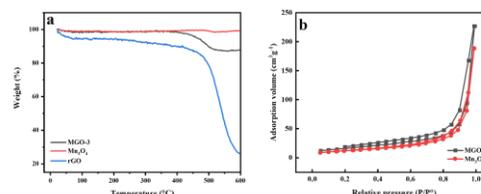
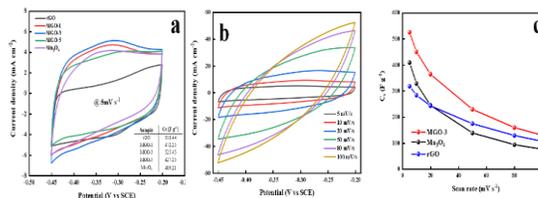
2. METODOLOGÍA

Específicamente, las fases individuales de Mn_3O_4 y rGO se sintetizaron mediante solo 1 hora de molienda y el método Hummer modificado, respectivamente. Posteriormente, se prepararon mediante procesamiento ultrasónico, compuestos de diferentes proporciones de Mn_3O_4/rGO . Las propiedades fisicoquímicas de los materiales resultantes se caracterizaron mediante técnicas de MEB, DRX, espectroscopia Raman, TGA, XPS y adsorción-desorción de N_2 . Además, el rendimiento electroquímico de los electrodos se probó en dos configuraciones experimentales diferentes; una celda de tres electrodos y un supercapacitor simétrico (SSC).

3. RESULTADOS

La figura 1 muestra los perfiles CV de los electrodos Mn_3O_4/rGO probados en electrolito KOH (6 M) a una velocidad de barrido de 5 mV s^{-1} . Las curvas CV son cuasi-rectangulares, exhibiendo una forma casi simétrica y no muestran picos en las zonas de

reducción y oxidación. La muestra con mejor desempeño electroquímico fue la MGO-3 con un valor de C_s de 525 Fg^{-1} . El tamaño nanométrico de las partículas y poros son características capaces de proporcionar las mayores capacitancias específicas de los electrodos sintetizados.



4. CONCLUSIONES

Los materiales de electrodos Mn_3O_4/rGO se sintetizaron con éxito mediante un enfoque de síntesis sencillo y escalable. Todos los compuestos fabricados mostraron propiedades electroquímicas sobresalientes y superiores, tomando como base sus componentes individuales. La capacitancia electroquímica más alta de $527 \text{ F} \cdot \text{g}^{-1}$ a 5 mV s^{-1} se observó para la muestra MGO-3.

5. REFERENCIAS

- [1] Z. Huang et. al, *J Alloys Compd*, **830**, 154637 (2020).
- [2] C. Nithya et. al, *Nanoscale Adv*, **1**, 4347 (2019).

CAE-002 Ingeniería de Interfaz en NiCo₂O₄/P,N-C para incrementar el desempeño y durabilidad de baterías Zn-aire

Presentación Oral

Alexander Suárez-Barajas,¹ C. M. Ramos-Castillo,² Minerva Guerra-Balcázar,² Lorena Álvarez-Contreras,³ Noé Arjona*,¹

¹ CIDETEQ S. C., Pedro Escobedo, Querétaro, C. P. 76703

² Facultad de Ingeniería, División de Investigación y Posgrado, UAQ, Querétaro, C. P. 76010

³ CIMAV S. C., Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, C. P. 31136, México.

E-mail: javieral.suarez@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías recargables de Zinc-Aire (BRZA) son dispositivos atractivos para la conversión y almacenamiento de energía con varias ventajas sobre las baterías de ion-Li, cuentan con mayor densidad energética, menores costos y más seguras [1]. Sin embargo, el desarrollo de electrocatalizadores económicos y libres de metales nobles para mejorar la cinética de reacción de la reducción/evolución de oxígeno (ORR/OER) sigue siendo un desafío. En este trabajo se optimizaron interfacialmente materiales tipo espinelas bimetalicas de Ni-Co, ajustando las vacancias de oxígeno a través de la reducción de la superficie con etilenglicol (EG) y soportadas con materiales carbonosos dopados con P y N (P,N-C).

2. METODOLOGÍA

NiCo₂O₄ se sintetizó mediante un proceso solvotermal y calcinación, ajustando la concentración de reductor (EG). Luego, se mezcló con un soporte carbonoso dopado con P y N, generado a partir de la calcinación de PANi. Se caracterizaron los materiales obtenidos mediante SEM-EDS, XPS, XRD y TEM. Se evaluó su actividad electrocatalítica para la ORR y OER mediante disco rotatorio. Adicionalmente, se llevaron a cabo las pruebas de baterías Zn-aire mediante polarizaciones de carga y descarga, analizando su capacidad específica y ciclos de carga-descarga a diferentes densidades de corriente.

3. RESULTADOS

Se corroboró la influencia del EG en el aumento de más del 10% de vacancias de oxígeno en las estructuras de Ni_xCo_{2-x}O₄ mediante XPS, SEM-EDX y TEM. Por medio de las pruebas de media celda, se observó el efecto electrocatalítico favorable del dopaje con múltiples heteroátomos (P y N). En la figura 1, se muestra la curva polarización de descarga y densidad

de potencia para las tres NiCo₂O₄/P,N-C analizadas, determinando que el ajuste ingenieril de las vacancias de oxígeno en relación con la morfología aumenta la densidad de potencia. Adicionalmente la estabilidad electroquímica se ve aumentada hasta en tiempos prolongados de 165 horas.

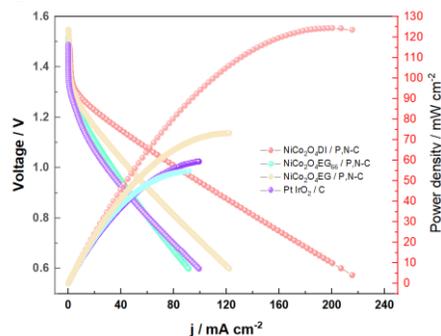


Figura 1 Comparación del desempeño en batería Zn-Aire de los materiales evaluados

4. CONCLUSIONES

La optimización precisa de los defectos superficiales de la cobaltita de níquel y del soporte carbonoso P,N-C ha resultado en un material modificado interfacialmente altamente eficaz para las reacciones de reducción de oxígeno (ORR), así como en pruebas de batería. El material NiCo₂O₄DI/P,N-C demostró propiedades electroactivas superiores, tales como menores sobrepotenciales y mayores densidades de potencia, junto con una capacidad específica notablemente en comparación con el material de referencia Pt-IrO₂/C. Estos avances se atribuyen a un incremento en los defectos superficiales, manteniendo la estructura de nanorods del material.

5. REFERENCIAS

[1] Yu, T., Cai, R., & Chen, Z. (2018). Zn-Air Batteries.

CAE-O03 Sustitución parcial de Co^{2+} en electrocatalizadores para baterías de Zn-Aire basados en MOF tipo Hofmann

Presentación Oral

E.A. Quintanilla-Serrano, P. Acevedo-Peña, J.A.I. Díaz-Góngora* E. Reguera

LNCAE, CICATA Unidad Legaria, IPN; CDMX.

E-mail: arturimoral@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las baterías de zinc-aire han atraído mucha atención por las abundantes reservas de zinc, ser amigables con el medio ambiente y contar con una excelente densidad energética [1]. Por otra parte, la reacción de reducción de oxígeno (ORR) es la base central de las baterías de Zinc-aire. No obstante, el desarrollo de estas baterías se ha visto obstaculizado por la cinética de reacción intrínsecamente lenta del electrodo positivo de oxígeno [2]. Por lo tanto, explorar materiales eficientes y de bajo costo es fundamental para acelerar el desarrollo de este tipo de baterías.— Los electrocatalizadores empleados para este fin contienen proporciones importantes de cobalto, que es un metal catalogado como materia prima crítica, por lo que es importante reemplazarlo completamente, o parcialmente, con metales de transición abundantes y económicos [3]

2. METODOLOGÍA

Como un primer paso, se realizó la síntesis de $\text{CoM}[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ (TCNCoM, $\text{M} = \text{Mn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}$ y Cu^{2+}), mediante precipitación. El composito TCNCoM:rGO(1:1) se sintetizó empleando relación de masa 1:1 de rGO y TCNCoM, en DMF con ayuda de una punta de ultrasonido. El producto resultante se lavó en H_2O y EtOH. La caracterización en tres electrodos se llevó a cabo en un electrodo de disco rotatorio de carbón vítreo, y para el ensamble de la batería, el sólido se soportó en Sigracet GDL 22BB.

3. RESULTADOS

Los tetracianometalatos acoplados a rGO muestran un cambio significativo de la actividad catalítica en función del metal de transición (o mezcla de ellos) que sustituye(n) parcialmente al cobalto (metal externo), facilitando las reacciones de conversión de oxígeno durante los procesos de carga y descarga en las baterías de Zinc-aire debido tanto a la sinergia estructural existente entre ellos, ya que ambos materiales son laminares, así como a la formación de especies

catalíticas tras la descomposición de TCNCoM durante la interacción electrodo-electrolito tras el ensamble de batería.

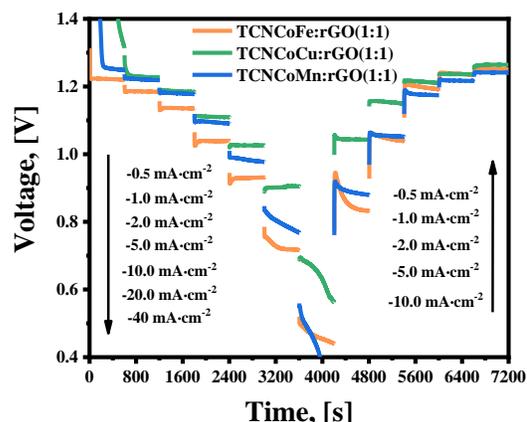


Figure 1. Discharge test of TCNCoM:rGO(1:1), [M=Fe, Cu and Mn] at different current densities.

4. CONCLUSIONES

La sustitución parcial con Fe^{2+} mostró una mejora en la actividad electrocatalítica hacia OER, mientras que la sustitución con Cu^{2+} favoreció la ORR. Por su parte, Mn^{2+} no resultó atractivo para esta familia de materiales. El mejor composito mostró valores altos de densidad de corriente en las curvas de polarización del ensamble Zinc-aire, además de mostrar una buena estabilidad durante pruebas de descarga a diferentes corrientes, una diferencia de potencial durante las pruebas de estabilidad cíclica de 0.95 V tras 24h, y finalmente una capacidad de almacenamiento de 716.7 mAhg^{-1} a -5 mAcm^{-2} .

5. REFERENCIAS

- [1] W. Zhang, W. Pu, Y. Qu, H. Yang, Y. Li *Electrochimica Acta*, 462, 142800, (2023).
- [2] S. Mir, S. Vij, N. Dhawan, *Minerals Engineering*, 19, 108082, (2023).
- [3] E.A. Quintanilla Serrano, P. Acevedo-Peña, S.N. Cru Orellana, J.A.I. Díaz-Góngora y E. Reguera. *Memorias del Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica*, Los Mochis, Sinaloa México (2024).

CAE-O04 Paladio-plata (PdAg) y paladio (Pd) electrodepositado sobre carbono vítreo (GCE) a partir de un disolvente eutéctico profundo para la electrooxidación de ácido fórmico (REAF)

Presentación Oral

V. A. Medina Rojano¹, E. Avalos Huarte¹, M. G. Montes de Oca Yemha¹, M. A. Romero Romo¹, M. E. Palomar Pardave¹.

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales, Ciudad de México, C. P. 02200, México.

E-mail: mgmy@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la tecnología de celdas de combustible de ácido fórmico directo (DFAFC) es reconocida ampliamente como dispositivos novedosos para la obtención de energía, directamente de la combustión del producto químico suministrado. Un reto en el desarrollo de este tipo de celdas de combustible (CC) es preparar electrocatalizadores con propiedades catalíticas atractivas para ser comercializados [1, 2]. Uno de los electrocatalizadores más empleado mundialmente para la oxidación de moléculas orgánicas a baja temperatura, es el Pt, sin embargo, su costo y tendencia de ser envenenado en su superficie por especies fuertemente adsorbidas, como: monóxido de carbono, trae como consecuencia la búsqueda de un electrocatalizador alternativo con bajos contenidos de Pt u otro metal como: Pd, Ag, Co, etc. [3, 4].

2. METODOLOGÍA

En el presente estudio, se utilizó una celda electroquímica de vidrio, en un arreglo convencional de tres electrodos, un electrodo de trabajo (ET) electrocatalizador electrodepositado, un electrodo de referencia (ER) de Ag/AgCl en una disolución 3 M de KCl y un contraelectrodo (CE) barra de grafito.

3. RESULTADOS

En la Figura 1, se comparan las VCs de los electrodepositos de Pd, Ag y PdAg sobre GCE (GCE/Pd, GCE/Ag y GCE/PdAg) obtenidos a partir del DES constituido por cloruro de colina y urea (Reline).

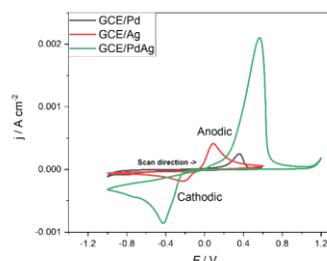


Figura 1. Voltamperometrías cíclicas de Pd/GCE, Ag/GCE y PdAg/GCE en 0.1 M HClO₄ a 50 mV s⁻¹.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado la síntesis y caracterización de los electrocatalizadores PdAg/GCE, Pd/GCE y Ag/GCE. El arreglo de PdAg/GCE presentó la mayor actividad másica en estado estacionario, superando al Pd/GCE.

5. REFERENCIAS

- [1] Bianchini, C., Kang, S. P. (2009) *Palladium-based electrocatalysts for alcohol oxidation in half cells and in direct alcohol fuel cells*. Chem. Reviews, 109, 4183-4206.
- [2] Antolini E., González E. R. (2010) *Alkaline direct alcohol fuel cells*, J. Power Sources, 195, 3431-3450.
- [3] Chen, A., Ostrom, C. (2015) *Palladium-based nanomaterials: Synthesis and electrochemical applications*. Chem. Reviews, 115, 11999-12044.
- [4] Espino-López I. E., Romero-Romo M., Montes de Oca-Yemha M. G., Morales-Gil P., Ramírez-Silva M. T., Mostany J., Palomar-Pardavé M. (2019) *Palladium Nanoparticles Electrodeposition onto Glassy Carbon from a Deep Eutectic Solvent at 298 K and Their Catalytic Performance toward Formic Acid Oxidation*. J. Electrochem. Soc., 166, D3205-D3211.

CAE-O07 Desempeño de electrolitos cuasi-sólidos PVA-PAAK vs. PVA-PAA en baterías recargables de Zn-aire

Presentación Oral

Alejandro Arredondo-Espínola¹, Lorena Álvarez-Contreras², Minerva Guerra-Balcázar³, Beatriz Liliana España-Sánchez¹, Noé Arjona^{1*}

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

²Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C. Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, C.P. 31136, México.

³Facultad de Ingeniería, División de Investigación y Posgrado Universidad Autónoma de Querétaro Querétaro, Querétaro, C.P. 76010 México.

E-mail: Jarredondo@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las Baterías de Zinc-Aire (ZAB, por sus siglas en inglés) son una alternativa prometedora como siguiente generación de sistemas de almacenamiento de energía, algunos autores reportan al electrolito como el componente principal de las ZABs, ya que, este es el que gobierna la electroquímica de la misma [1]. El uso de electrolitos cuasi-sólidos (ECS) permite el diseño de ZABs flexibles, sin embargo, presentan múltiples problemáticas, algunas de ellas son la evaporación de electrolito, baja conductividad iónica y eléctrica, por otro lado, disminuyen los efectos adversos como cambio de forma y crecimiento dendrítico del electrodo de Zinc [2]. En este trabajo se sintetizó un ECS usando un polímero super absorbente, esta configuración no ha sido reportada y presenta una gran alternativa en el desarrollo de ZABs Flexibles.

2. METODOLOGÍA

La síntesis del ECS, fue llevada a cabo mediante el método de evaporación de solvente para lo cual, se mezclaron dos soluciones, una al 10% de alcohol polivinílico (PVA, por sus siglas en inglés) y otra al 0.085% poliacrilato de potasio (PAAK, por sus siglas en inglés), ambas en 10 mL de agua desionizada.

3. RESULTADOS

La incorporación del ECS de PVA-PAAK permitió obtener una densidad de corriente máxima similar a la membrana de PVA-PAA (78 mA cm^{-2}), sin embargo, requirió menores sobrepotenciales a densidades de corriente bajas (menores a 20 mA cm^{-2}). Esto como resultado de la disminución de las resistencias asociadas a la conductividad iónica y eléctrica del ECS. Además, se disminuyó el sobrepotencial de

activación del material catalítico y el sobrepotencial de nucleación del Zinc. Debido a las características mencionadas, la ZAB mostró una mayor estabilidad, permitiendo demandarle mayores densidades de corriente en ciclos de carga y descarga.

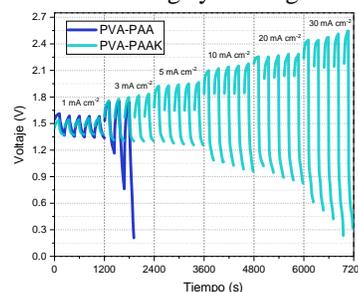


Figura 1. Ciclos de carga y descarga a diferentes densidades de corriente

4. CONCLUSIONES

La incorporación del ECS de PVA-PAAK mostró un buen rendimiento de la ZAB, siendo superior al sistema con PVA-PAA debido a que permitió demandar mayores densidades de corriente (desde 3 a 20 mA cm^{-2}) sin perder funcionalidad.

5. REFERENCIAS

- [1] Dirkse, T. P. Discussion of "Passivation of Zinc Anodes in KOH Electrolytes", *Journal Of The Electrochemical Society* **Vol. 128**, **No. 8**, pp. 1663–1668, 1982.
- [2] Q. Liu et al., "Advanced polymer-based electrolytes in zinc-air batteries," *eScience*, **vol. 2**, **no. 5**, pp. 453–466, 2022.

CAE-O08 Rol de electrolitos superconcentrados a base de sulfonas para baterías ion-litio

Presentación Oral

D Estrada Rubiños,¹ L. García-Valle,¹ I. González,¹ G. Guzmán-González¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186 Vicentina, Iztapalapa, 09340 Ciudad de México, Distrito Federal ·
e-mail: anaid_370@hotmail.com, greg@xanum.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La producción y el almacenamiento de energía electroquímica se ha convertido en una necesidad primordial para el ser humano. Las baterías basadas en la química de inserción de iones de litio ofrecen una alta eficiencia y rendimiento adecuado en su aplicación a gran escala. Sin embargo, los electrolitos líquidos utilizados típicamente, desarrollados a base de carbonatos orgánicos y sales de litio no presentan la estabilidad térmica necesaria para ser utilizados eficientemente en condiciones térmicas superiores a 60 °C. [1] En este trabajo presentamos una familia de electrolitos altamente concertados los cuales, además de presentar valores presumibles de conductividad iónica, es destacable su estabilidad térmica y electroquímica. Los cuales son probados en baterías de iones litio, con electrodos de alto voltaje. [2]

2. METODOLOGÍA

Para la preparación de los electrolitos se realizó mediante la disolución de una sal de litio típica modificando la concentración de la sal (0.1, 0.69, 1, 2, 5, 10, 14, 18, 31), en un disolvente seleccionado previamente de acuerdo con sus características estructurales y propiedades físicas. Las mediciones de conductividad se realizaron mediante la implementación de una celda de electrodos bloqueantes y con un barrido de temperatura. Posteriormente, fueron evaluadas de estabilidad electroquímica al contacto con electrodos de litio metálico y cátodos de alto voltaje.

3. RESULTADOS

Los valores de conductividad iónica de los electrolitos preparados muestran un comportamiento monótonico, creciente con la temperatura, donde los electrolitos preparados con concentraciones de las 2m y 5m presentan los valores más altos de conductividad (Fig. 1a). Sin embargo, los los valores de conductividad iónica en función de la concentración a

temperatura constante presentan un comportamiento poco habitual (Fig. 1b).

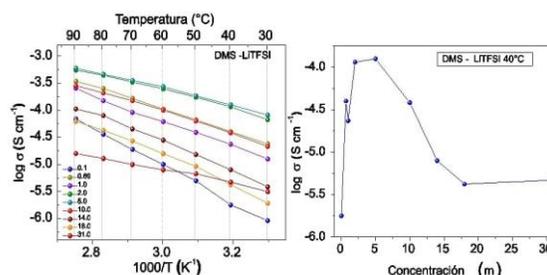


Figura 1. Valores de conductividad iónica de electrolitos desarrollados: a) efecto de la temperatura a diferentes concentraciones, b) efecto de la concentración a temperatura constante (40°C).

Otros parámetros electroquímicos como la ventana de estabilidad electroquímica, número de transferencia de litio y compatibilidad con electrodos de litio metálico son evaluados, para identificar al electrolito superconcentrado que presenta las mejores características para ser ensamblado en una batería de ion de litio de alto voltaje.

4. CONCLUSIONES

Fue diseñada y caracterizada electroquímicamente una nueva familia de electrolitos superconcentrados con potencial aplicación en baterías de ion litio de alto voltaje.

5. REFERENCIAS

- [1] Demeaux J, De Vito E, Le Digabel M, Galiano H, Claude-Montigny B, Lemordant D. Dynamics of Li4Ti5O12/sulfone-based electrolyte interfaces in lithium-ion batteries. *Phys Chem Chem Phys*. 2014.
- [2] Borodin O, Self J, Persson K, Wang C, Xu K, Uncharted Waters: Super-Concentrated Electrolytes, *Joule*. 2020

CAE-O09 Rol de partículas de LiBONi en el incremento del rendimiento electroquímico de cátodos de LiFePO₄ para LIBs.

Presentación Oral

B. F. Espinosa-Quintero¹ P. E. Pedro-Cruz,¹ I. González,¹ G. Guzmán-González¹

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186
Vicentina, Iztapalapa, 09340 Ciudad de México, México.

E-mail: blanca.quintero1@hotmail.com, greg@xanum.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, las baterías de ion-litio han sido ampliamente utilizadas, debido a su alta densidad de energía gravimétrica y volumétrica y un ciclo de vida prolongado. [1]

El LiFePO₄, es considerado el material catódico líder en baterías de ion-litio debido a su alta estabilidad durante el ciclado, a pesar de su capacidad teórica limitada a 170mAhg⁻¹ y voltaje de 3.5V [2]. Sin embargo, es un material activo que presenta pobre conductividad electrónica y iónica. Por lo cual es necesario el uso de aditivos que permitan superar estas limitaciones.

Este trabajo presenta el desarrollo de un nuevo compuesto mixto como material catódico entre LiFePO₄ y partículas de tipo LiBONi, el cual exhibe un mayor rendimiento electroquímico.

2. METODOLOGÍA

Las partículas de LiBONi, se sintetizaron mediante el método Pechini y calcinado, modificando la concentración de los reactivos.

Posteriormente, se prepararon los composites mezclando LiFePO₄/LiBONi, CSP y PVDF.

Finalmente, los electrodos se ensamblaron en una caja de guantes de argon.

La caracterización electroquímica se realizó en celdas tipo moneda. Se llevaron a cabo pruebas de conductividad mixta, impedancia, experimentos de carga y descarga, voltamperometría cíclica y análisis de ciclado.

3. RESULTADOS

Las celdas mostraron una excelente estabilidad en el ciclado. El análisis de ciclabilidad a velocidades de 10C, 1C, C/15 y C/10 para la celda LiFePO₄/LiBONi obtuvo un rango de voltaje de 2.5-4.5V. Durante el

ciclado, la capacidad incrementó entre 1C y C/10 a más de 145 mAhg⁻¹.

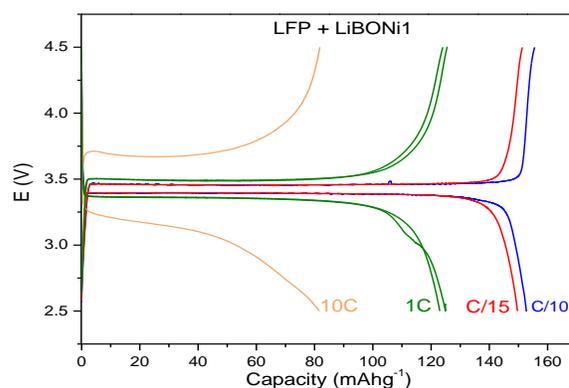


Fig 1. Rendimiento electroquímico de LiFePO₄/LiBONi

4. CONCLUSIONES

Se sintetizaron y agregaron partículas de LiBONi a cátodos con LiFePO₄ como material activo.

La adición de partículas de LiBONi, mejoró apreciablemente la capacidad cinética y disponibilidad del LiFePO₄ activo. Además, las celdas presentaron un voltaje y capacidad destacable, mejorando significativamente el rendimiento electroquímico.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Hu, W. Huang, L. Yang, F. Pan. *Structure and performance of the LiFePO₄ cathode material: from the bulk to the surface*. Royal society of chemistry. (2020).
- [2] Le Li et al. *Recent research progress in surface modification of LiFePO₄ cathode materials*. The Electrochemical Society. (2017).
- G.Guzmán, J.Vazquez, G.Ramos, M. Bautista, González. *Improved performance of LiFePO₄ cathode for Li-ion batteries through percolation*. (2017).

CAE-O10 Evaluación fotoelectroquímica del BiVO₄ modificado con FeOOH y NiOOH para la OER (reacción de evolución de Oxígeno)

Presentación Oral

J. Cárdenas Martínez¹, R. Ortega Borges¹, J.A Díaz Real^{1*}

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

E-mail: jcardeneas@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

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 H₂ y O₂ a partir del proceso de fotoelectrólisis del agua utilizando luz solar, que pueden ser utilizados como combustible. Sin embargo, se requiere de fotoelectrocatalizadores que satisfagan requerimientos como la absorción eficiente de luz solar y promover una mejor transferencia de las cargas fotogeneradas. Un ejemplo de estos materiales es el BiVO₄ que, junto con los FeOOH y NiOOH tienen una absorción eficiente de radiaciones visibles y realizan una actividad destacada para aplicaciones de producción de energía [1]. En este trabajo se realiza la síntesis del BiVO₄ mediante la vía electroquímica/térmica, con una modificación química para el depósito de los electrocatalizadores. Posteriormente se estudian los materiales para observar el comportamiento fisicoquímico y fotoelectroquímico.

2. METODOLOGÍA

Para la obtención del BiVO₄, se realiza un depósito de Bi⁰ mediante electrodeposiciones por pulsos sobre vidrios eléctricamente conductores, FTO. Se utiliza el reactivo de Dragendorff como precursor (Bi(NO₃)₃·5H₂O 0.04 M (pH 1) en KI 0.4 M) [2]. El BiVO₄ se forma térmicamente con acetilacetato de vanadilo (VO(acac)₂) a 400 °C. Posteriormente, se realiza el depósito de precursores de FeOOH y NiOOH mediante *drop casting*. Se usa un arreglo de tres electrodos para la caracterización fotoelectroquímica empleando iluminación mediante un simulador solar LED (AM 1.5G, 84.7 mW/cm²).

3. RESULTADOS

Una de las pruebas electroquímicas analizadas es

son las voltamperometrías lineales. En la Figura 1, se observa el BiVO₄ con y sin modificaciones. Las líneas azul y verde muestran un incremento en la fotocorriente, que va desde 0.025 hasta 0.050 mA/cm² para el NiOOH y FeOOH, respectivamente.

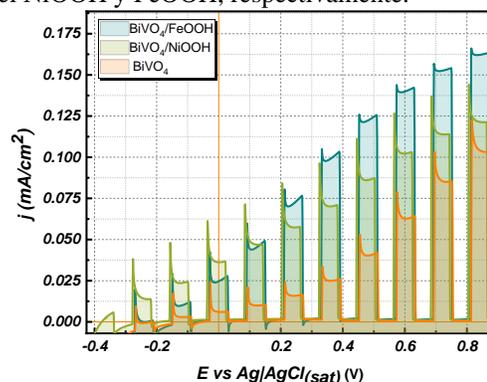


Figura 1. CA de películas de BiVO₄. En K₂SO₄ 0.3M, LVSs evaluadas a 10mV/s.

4. CONCLUSIONES

El aumento de fotocorriente es evidente en las pruebas fotoelectroquímicas cuando se modifican las películas del BiVO₄ con los oxi-óxidos de Fe y Ni. Teniendo una mayor eficiencia en los electrodos BiVO₄/ FeOOH. Lo cual son materiales que tienen la capacidad de realizar la OER.

5. REFERENCIAS

- [1] T. Iqbal, A. Hassan, M. Ijaz, M. Salim, M. Farooq, M. Zafar, & M. B. Tahir. 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 BiVO₄ photoanodes for solar water splitting by tuning electrolyte composition, 3, 53 (2018).

CAE-O11 Análisis de EIS del efecto de la porosidad sobre la acumulación de Li^+ en partículas de LFP durante el proceso de descarga de LIBs

Presentación Oral

P. E. Pedro-Cruz,¹ E. Islas-García,² L. N. Palacios-Grijalva,² A. Martínez,³ I. González,¹ y G. Guzmán-González^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco No. 186 Vicentina, Iztapalapa, 09340 Ciudad de México.

²Instituto Tecnológico de Tlalnepantla. Av. Instituto Tecnológico s/n, La Comunidad, 54070 Tlalnepantla, México.

³Universidad Autónoma Metropolitana, Azcapotzalco. Av. San Pablo Xalpa 180, San Martin Xochinahuac, Azcapotzalco, 02128 Ciudad de México

E-mail: pavel-cruz@hotmail.com, gguzmang@izt.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El rendimiento electroquímico de las baterías de ion litio LIB depende en gran medida de las características intrínsecas de los electrodos, que derivan de su composición, tales como: conductividad iónica y electrónica y la porosidad.[1] Por la tanto, es prescindible la correcta descripción de los procesos que ocurren en las LIB. Recientemente, fue reportado un modelo de circuito de equivalente (ecc) que permite identificar la acumulación de Li^+ en la superficie de las partículas LiFePO_4 (LFP) durante los procesos de descarga de las celdas.[2] Por otro lado, el uso de metodologías adecuadas ha permitido desarrollar materiales como el óxido de grafeno reducido (rGO), donde el espaciamiento entre sus laminas puede ser fácilmente controlado mediante el uso de diferentes disolventes.[3] En este trabajo fueron desarrollados tipos de rGO con diferentes distancias interlaminares, los cuales fueron seleccionados cuidadosamente para ser incorporados en cátodos de LFP para LIB's, con la finalidad de identificar el rol de la porosidad en la acumulación de Li^+ en la superficie C_{Li^+} de las partículas LFP, mediante un análisis de EIS.

2. METODOLOGÍA

Se fabricaron tres electrodos de LFP como material activo, los aditivos conductores fueron seleccionados de una serie de rGO con base en sus distancias interlaminares, el aglomerante PDADMA-TFSI fue seleccionado por su miscibilidad con los solventes utilizados para la síntesis de los rGO seleccionados.

3. RESULTADOS

Los espectros de EIS fueron obtenidos a un estado

de carga (SOC) y descarga (SOD) de 50%, con la finalidad de evitar variaciones asociadas al potencial, dejando como única variable la capacitancia de Li^+ en celdas Li^0/LFP ensambladas con diferentes electrodos desarrollados, son presentados en la **figura 1**. De acuerdo con el modelo de ecc presentado, C_{Li^+} está asociada a la acumulación de Li^+ en la superficie de las partículas LFP durante el proceso de descarga de las celdas.

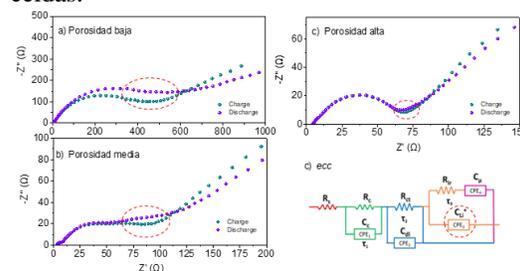


Figura 1. Espectros de EIS obtenidos para celdas $\text{Li}^0 \parallel \text{LFP}$, con diferentes niveles de porosidad a un SOC y SOD de 50%.

4. CONCLUSIONES

Se presento una estrategia de análisis de EIS adecuada para la identificación de la acumulación de Li^+ en la superficie de las partículas LiFePO_4 (LFP) durante los procesos de descarga de las celdas.

5. REFERENCIAS

- [1] G. Guzmán-González, J. Vázquez-Arenas, I. González, *Electrochimica Acta* (2017) 247 451-459
- [2] R. Del Olmo, G. Guzmán-González, N. Casado, *Batteries & Supercaps* (2023) 6(3) e202200519
- [3] C. Juarez-Yescas, G. Ramos-Sánchez, & I. González, *Journal of Solid State Electrochemistry* (2018) 22(10) 3225-3233

CAE-O13 Electrocatalizadores Basados En Polímeros De Coordinación Para El Rompimiento Del Agua

Presentación Oral

P.A. Ojeda Girata¹, P. Acevedo Peña^{2*}, J.A.I. Diaz Góngora¹, E. Reguera Ruíz¹, J. Vazquez Samperio¹

¹ Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA – Legaria.

² CONACYT – Instituto Politécnico Nacional, CICATA – Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, CDMX 11500, México.

E-mail: paulaojedagirata@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de soluciones energéticas sostenibles, la electrólisis del agua es clave para producir hidrógeno verde, pero su eficiencia depende de los electrodos utilizados. Los electrocatalizadores, esenciales en la electrólisis, reducen el sobrepotencial requerido para las reacciones de evolución de oxígeno (OER) e hidrógeno (HER), mejorando la eficiencia energética [1]. Los cianometalatos, formados por metales de transición y ligandos cianuro, destacan por su alta estabilidad, y capacidad de ajuste molecular, optimizando así su desempeño catalítico [2]. Facilitan el rompimiento del agua en oxígeno e hidrógeno al reducir el sobrepotencial y mejorar la transferencia de electrones y protones [2]. Estas características hacen de los cianometalatos una opción prometedora para producir hidrógeno verde de manera eficiente y sostenible.

2. METODOLOGÍA

La obtención de electrodos con cianometalatos se logró mediante voltamperometría cíclica para respectiva electrodeposición, que permitió controlar el recubrimiento del electrodo. Para esto se emplearon soluciones de ferricianuro de potasio en presencia de la sal del ion metálico con el que se formará el complejo. Los electrodos obtenidos se lavaron con abundante agua, se secaron al vacío a 60 °C y se mantuvieron en un desecador hasta su posterior uso.

Los materiales se caracterizaron mediante SEM-EDS, FTIR, Raman y XPS. La respuesta electroquímica se evaluó en una celda de tres electrodos empleando tres electrolitos 0.5 M H₂SO₄, 1 M NaSO₄ y 1M NaOH. La caracterización electroquímica se llevó a cabo mediante voltamperometría cíclica, voltamperometría de barrido lineal, cronopotenciometría y espectroscopía de impedancia electroquímica.

3. RESULTADOS

Los electrodos desarrollados, deben mostrar alta eficiencia catalítica para las reacciones OER y HER, con alta estabilidad química y estructural, en función del electrolito. En el caso de transformarse, en medios alcalinos, mostraron ser excelentes precursores de electrocatalizadores. Además, las películas formadas mostraron una alta superficie electroquímicamente activa y disminución del sobrepotencial (@ 10 mAcm⁻²). Con estos electrodos optimizados, se pretende ensamblar un prototipo de dispositivo de electrólisis para la producción de hidrógeno verde, demostrando eficiencia energética, durabilidad operativa prolongada.

4. CONCLUSIONES

La eficiencia de los electrodos basados en cianometalatos y metales de transición en un prototipo, impulsará significativamente la obtención de tecnologías limpias y reducirá la dependencia de combustibles fósiles, contribuyendo a los objetivos globales de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

5. REFERENCIAS

- [1] P. Banoth, C. Kandula, and P. Kollu, “Introduction to Electrocatalysts,” in *ACS Symposium Series*, vol. 1432, American Chemical Society, 2022, pp. 1–37. doi: 10.1021/bk-2022-1432.ch001.
- [2] L. M. Cao, D. Lu, D. C. Zhong, and T. B. Lu, “Prussian blue analogues and their derived nanomaterials for electrocatalytic water splitting,” *Coordination Chemistry Reviews*, vol. 407. Elsevier B.V., Mar. 15, 2020. doi: 10.1016/j.ccr.2019.213156.

CAE-O14 Líquidos Iónicos Polimerizados basados en Colina para baterías Litio-Azufre

Presentación Oral

Arturo Hernández-Sánchez¹, José Jarib Alcaraz-Espinoza¹, G Ramos-Sánchez², C St. Thomas³, I González^{*}

¹Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, CDMX 09310, México.

²Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, CDMX 09310, México.

³Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Departamento de Síntesis de Polímeros, CP 25294, Blvd Enrique Reyna Herosillo, Saltillo, Coahuila, México.

E-mail: arturohdz991@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías de Litio-Azufre (Li-S) poseen una capacidad específica teórica de 1675 mAh·g⁻¹; esta capacidad es prácticamente menor asociada con problemas como: la baja conductividad electrónica del S, producción y pérdida de especies electroactivas (polisulfuros, PS) por fenómenos de transporte y además, por la expansión volumétrica en el proceso de carga/descarga. Dichos problemas pueden abordarse a través de aglomerantes diseñados con propiedades mecánicas, y para retener los PS en el cátodo [1].

Por lo anterior, se propone la síntesis de dos Líquidos Iónicos Polimerizados (PIL) con grupos funcionales aminas cuaternarias (colina) cuya afinidad por PS ha sido estudiada previamente [2] con el objetivo de evaluar el desempeño de la batería bajo la influencia de un contraión diferente al cloruro y con un control estricto del peso molecular.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de PIL se realizó por polimerización radicalica por adición-fragmentación (RAFT) para obtener el control del peso molecular. Estos fueron nombrados como PIL80-Cl y PIL120-Cl con 80 y 120 kDa, respectivamente. Posteriormente se hizo un intercambio aniónico de Cl⁻ a TFSI⁻. Los cátodos fueron preparados con composito, carbón super P y PIL en una proporción 8:1:1 (m/m) respectivamente.

3. RESULTADOS

Los aglutinantes PIL que contienen Cl⁻ provocan una disminución de la capacidad de descarga conforme se incrementa el número de ciclos; mientras que la estabilidad de la capacidad es beneficiada conforme el peso del aglutinante es mayor (Fig. 1). Los PIL con

TFSI⁻ obtienen desde el inicio y durante el ciclado, mayor capacidad respecto a los del contraión halogenuro. La tendencia de estabilidad al ciclado está beneficiada con el aglutinante de mayor peso molecular.

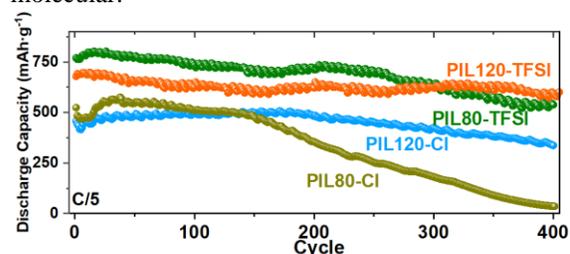


Figura 1. Evolución de la capacidad de descarga durante 400 ciclos de carga-descarga en celdas tipo moneda 2032 ensambladas bajo la configuración Li | 1M LiTFSI in DOL: DME (1:1 v/v) con 1 m% LiNO₃ | CS:Csp:Aglutinante (80:10:10 m%). A cada celda le corresponde el nombre del aglutinante utilizado.

4. CONCLUSIONES

El peso de PIL y la polarizabilidad del contra anión en la cadena polimérica son determinantes en la retención de la capacidad de carga- descarga. La celda PIL120-TFSI presenta la mayor capacidad (692 mAh·g⁻¹) y después de 400 ciclos sólo disminuye a (597 mAh·g⁻¹) representado una pérdida de sólo el 14%.

5. REFERENCIAS

- [1] Mayrén, A., *et al.* (2024). *Electrochim. Acta*, **480**, 143917 (2024).
[2] Ling, M., Yan, *et al.* *ACS Appl. Mater. Interfaces* **9**, 37, 31741 (2017).

CAE-O16 Mixed metals (Ni, Co, Fe) oxides for the oxygen evolution reaction

Presentación Oral

Faiz Sultan^{1,2}, Marcelo Videal¹, Margarita Sánchez-Domínguez, Dulce M. Morales^{2*}, Jorge L. Cholula Díaz^{1*}

¹School of Engineering and Sciences, Tecnológico de Monterrey, Eugenio Garza Sada 2501, 64849, NL, México

²Engineering and Technology institute Groningen (ENTEG), University of Groningen, Nijenborgh 3, 9747 AG, Groningen, The Netherlands

E-mail: d.m.morales.hernandez@rug.nl, jorgeluis.cholula@tec.mx

1. INTRODUCTION

The oxygen evolution reaction (OER) plays a pivotal role in the electrocatalytic hydrogen production by water electrolysis. Yet, due to its sluggish kinetics and low energy efficiency, the OER is a major hurdle in large-scale application for alkaline water electrolysis. Thus, the development of active, robust, and low-cost electrocatalysts has become essential to boost water electrolysis technologies. Earth-abundant transitional metals such as Ni, Fe and Co have attracted enormous interest as alternatives to expensive noble metal-based electrocatalysts. They possess structural and electronic properties that can be tuned to enhance their performance [1]. Spinel oxides, represented by the formula AB_2O_4 (with A^{2+} and B^{3+} ions occupying either tetrahedral or octahedral sites), exhibit cubic, densely packed arrangements of oxygen atoms, enabling a broad range of redox reactions compared to single-metal oxides [2].

2. METHODOLOGY

In the first approach, $NiFe_2O_4$ and $CoFe_2O_4$ nanoparticles as electrocatalysts for OER were prepared by a bicontinuous microemulsion method. In the second approach, $NiCoO_x$ and $NiCo_2O_x$ mixed oxides were synthesized by varying the cobalt:nickel ratio via a hydrothermal method. Physicochemical techniques such as X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM) were employed to study the crystal structure and morphology of the prepared samples. The OER performance evaluation was carried out in a three-electrode cell configuration in an alkaline environment for both series of samples. $NiCoO_x$ and $NiCo_2O_x$ were also measured in purified KOH to investigate the effect of iron impurities present in the electrolyte.

3. RESULTS

$CoFe_2O_4$ exhibited notably higher OER activity compared to $NiFe_2O_4$ in a 1 M KOH solution, achieving a current density of 10 mA cm^{-2} at an overpotential of 410 mV compared to 450 mV for $NiFe_2O_4$ [3]. $NiCo_2O_x$ electrocatalyst showed superior performance compared to $NiCoO_x$ achieving a current density of 10 mA cm^{-2} against a potential of 1.64 V vs. RHE, whereas $NiCoO_x$ achieved the same current density at 1.66 V vs. RHE. In purified 1 M KOH solution, both catalysts exhibited increased overpotentials, requiring 1.69 and 1.72 V vs. RHE, respectively, to reach 10 mA cm^{-2} , revealing that the presence of Fe impurities enhances their performance.

4. CONCLUSION

$CoFe_2O_4$ outperformed $NiFe_2O_4$ due to its higher conductivity and higher electrochemical surface area. The higher cobalt content in $NiCo_2O_x$ caused enhanced OER activity compared to $NiCoO_x$. The activity of both samples was further promoted by the presence of iron impurities in the electrolyte.

5. REFERENCES

- [1] M. A. Kazakova, D. M. Morales, C. Andronesco, K. Elumeeva, A. G. Selyutin, A. V. Ishchenko, G. V. Golubtsov, S. Dieckhöfer, W. Schuhmann, J. Masa, *Catal. Today*, **357**, 259–268, (2020).
- [2] F. Di Quarto, A. Zaffora, F. Di Franco, and M. Santamaria, *ACS Org. Inorg. Au*, **4**, 120–134, (2024).
- [3] F. Sultan, G. E. González Sepúlveda, D. I. Medina, M. Videal, M. Sánchez-Domínguez, and J. L. Cholula-Díaz, *ChemNanoMat*, **10**, 1–9, (2024).

CAE-O17 Electro-oxidación de borohidruro de sodio catalizado por nanopartículas de cobalto obtenidas por electrodeposición en un disolvente eutéctico profundo

Presentación Oral

F. Perez Cruz¹, P. Morales Gil², M. G. Montes de Oca Yemha¹, M. A. Romero Romo¹, M. E. Palomar Pardavé^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 420, Col. Nueva el Rosario, C.P. 02128, Azcapotzalco, CDMX.

²Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, Col. San Bartolo Atepehuacan, C.P. 07730, Gustavo A. Madero, CDMX.

*E-mail:

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha considerado el desarrollo, creación y/o modificación de electrocatalizadores con ciertas características como alta eficiencia, selectividad, económicamente viables, de fácil manejo y sobre todo con tiempos de vida largos para las celdas de combustible (CC), que favorezcan el uso de energía renovable, limpia y eficiente, así se logra una baja en la producción de gases de efecto invernadero ayudando a mitigar el calentamiento global. Entre los combustibles, el borohidruro de sodio presenta ventajas potenciales como no toxicidad, no inflamable, alto contenido de hidrógeno, baja temperatura de reacción y una reacción controlable en el agua, resulta de relevancia en un futuro el comportamiento de la electro-oxidación de borohidruro de sodio, EBS [1-4].

2. METODOLOGÍA

En una celda electroquímica tradicional de tres electrodos, primeramente, se electrodepositan nanopartículas de cobalto sobre una superficie de carbono vítreo (CoNPs/GCE) en un medio formado por un disolvente eutéctico profundo constituido por cloruro de colina y urea (reline). Posteriormente, el electrodo modificado fue utilizado EBS en un medio acuoso y alcalino.

3. RESULTADOS

En la Figura 1, se aprecia la comparación de los voltamperogramas del DES y 50 mM CoCl₂ con DES (blanco) sobre carbono vítreo. Adicionalmente, se observa una diferencia notable en las densidades de

corriente.

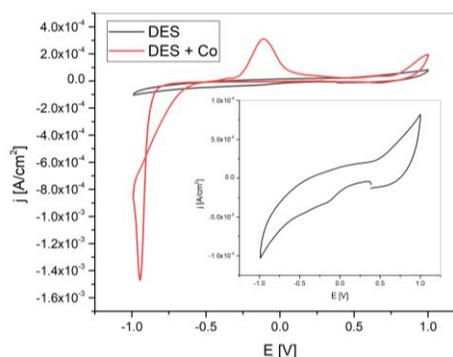


Figura 1. Voltamperometría cíclica de carbono vítreo en un DES reline con y sin 50 mM CoCl₂.

4. CONCLUSIONES

Las CoNPs/GCE electrocatalizan la EBS en medio alcalino, mostrando una dependencia en el potencial en el cual son electrodepositadas en el DES reline. La actividad másica para CoNPs/GCE supera a electrocatalizadores reportados en la literatura constituidos por metales nobles como Au.

5. REFERENCIAS

- [1] Sankir, M.; Serin, R. B.; Semiz, L. y Sankir, N. D. International Journal of Hydrogen Energy 2014, 39, 2608-2613.
- [2] Santos, D. y Sequeira, C. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2011, 15, 3980-4001.
- [3] Ponce de Leon, C. y Walsh, F. en Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering; Elsevier: 2015.
- [4] Henderson, M. A. Surface Science Reports 2002, 46, 1-308.

CAE-O18 Baterías de litio-azufre de alto desempeño mediante el ajuste de la estructura química de los aglutinantes de copolímero multifuncional NaPSS-PEGA

Presentación Oral

J.J. Alcaraz-Espinoza^{1*}, L.L. García-Valle¹, C. St Thomas², A. Hernández-Sánchez¹, A. Ochoa-Calle¹, A. Mayrén¹, I. González¹, G. Ramos-Sánchez³

¹Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, CDMX, México1.

²Departamento de Química Macromolecular y Nanomateriales, Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), #140, Blvd. Enrique Reyna Herosillo, Saltillo, Coahuila, México2.

³Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa, CDMX 09340, México3.

E-mail: josejarib@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Abordar los múltiples desafíos de la química del azufre es crucial para desbloquear la capacidad teórica del azufre ($1675 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$) en baterías de litio (Li-S). Los aglutinantes desempeñan un papel fundamental ya que para químicas como Li-S pasan de ser un elemento pasivo a un elemento activo. Para ello, se diseñaron dos copolímeros lineales como ligantes, con capacidades como la captura de polisulfuros, mejora de la conductividad iónica y adaptación a cambios de volumen extremos. La polimerización RAFT garantizó un peso molecular uniforme y control sobre la estructura química, ya sea aleatoria o de bloque. La inclusión de sulfonato de poliestireno sódico y poliacrilatos con grupos oligoéteres colgantes fue clave, pero la estructura química fue el factor principal que influye en las propiedades fisicoquímicas. Pruebas mecánicas, de captura de polisulfuros, tasas de hinchazón, caracterizaciones electroquímicas y simulaciones ab initio se realizaron para el estudio del copolímero PEGA-PSS en bloque y aleatorio[1,2].

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron dos copolímeros constituidos por un monómero sulfonato de poliestireno de sodio y poliacrilato con oligoéteres por la técnica de polimerización RAFT. Con los polímeros se elaboraron cátodos de azufre como material activo, carbon super P, y el polímero. Los cátodos fueron ensamblados en celdas tipo moneda con un ánodo de litio y se caracterizaron electroquímicamente.

3. RESULTADOS

El copolímero en bloque permite una polarización

muy baja (118 mV) y exhibe una capacidad de descarga de alrededor de $700 \text{ mAh} \cdot \text{g}^{-1}$ a C/5, manteniendo alta estabilidad durante pruebas de ciclado a largo plazo en comparación con el copolímero aleatorio y aglutinantes tradicionales (PVDF).

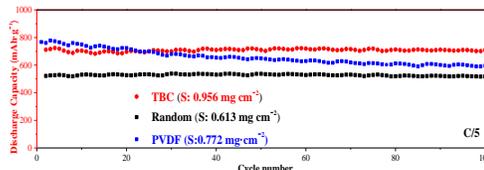


Figura 1. Ciclabilidad a largo plazo de las Li-S a C/5 ensambladas con el copolímero en bloque, aleatorio y PVDF.

4. CONCLUSIONES

En conclusión, el copolímero TBC ofrece una solución eficaz para mejorar las baterías de litio-azufre al reducir la polarización celular y mejorar la estabilidad durante ciclos de carga y descarga. Su estructura química única controla la hinchazón y facilita la conducción iónica, destacando la importancia de considerar estas características para optimizar el rendimiento a largo plazo.

5. REFERENCIAS

[1] Chung, S. H., & Manthiram, A (2018). ACS Applied Materials & Interfaces 10, 50, 43749-43759

[2] García-Valle, Leonel, et al. (2024) *Journal of Energy Storage* 94 (2024): 112342.

CAE-O19 Electrocatalizador bifuncional para HER y ORR basado en RGO funcionalizado con clorofilina bimetálica de cobre y zinc

Presentación Oral

A Terán Dagnino¹, C G Alvarado Beltrán¹, V M Orozco Carmona², A Castro Beltrán^{1*}

¹ Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Fuente de Poseidón y Ángel Flores s/n, Los Mochis, Sinaloa, CP 81223, MÉXICO.

² Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Av. Miguel de Cervantes Saavedra 120, Chihuahua, Chihuahua, CP 31136, MÉXICO.

E-mail: alejandro.teran.fim@uas.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

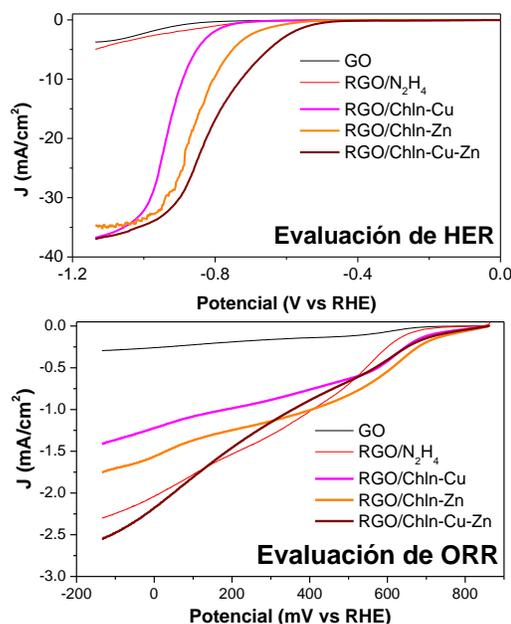
La implementación de dispositivos energéticos basados en hidrógeno (H_2) como combustible, depende del desarrollo de electrocatalizadores eficientes y económicos, que a su vez sean bifuncionales para las reacciones de evolución de hidrógeno y reducción de oxígeno (HER y ORR, respectivamente) [1]. En este objetivo, los materiales híbridos basados en moléculas metal-orgánicas funcionalizadas sobre nanoestructuras de carbono han mostrado resultados satisfactorios, y pueden obtenerse mediante síntesis poco agresivas con el medio ambiente [2]. Este estudio aplica una ruta verde utilizando extracto de espinaca modificado para reducir y funcionalizar simultáneamente óxido de grafeno (GO) [3]. Se obtuvieron electrocatalizadores híbridos (RGO/clorofilinas) que fueron evaluados para la electrocatálisis HER y ORR. En la evaluación de HER mediante Voltamperometría de Barrido Lineal (LSV), RGO/Chln-Cu-Zn mostró una densidad de corriente máxima de -36.85 mA/cm^2 , iniciando su activación a partir de un potencial de arranque de -0.44 V vs RHE . En la evaluación de ORR mediante Voltamperometría de Disco Rotatorio (RDV), RGO/Chln-Cu-Zn presentó también una actividad satisfactoria con una densidad de corriente máxima de $-2.55 \text{ mA/cm}^2 @ 1600 \text{ rpm}$.

2. METODOLOGÍA

Se modificó un extracto de espinaca, rico en agentes reductores verdes y clorofila, mediante saponificación e intercambio del ion central Mg^{2+} por Cu^{2+} y/o Zn^{2+} (Chln-Cu, Chln-Zn, y Chln-Cu-Zn).

Se mezcló extracto de espinaca modificado con GO (1 mg/ml) (1:1 v/v) para la reacción simultánea de reducción y funcionalización a través de un baño térmico a 95°C por 24 h. El material obtenido fue caracterizado y evaluado como electrocatalizador.

3. RESULTADOS



4. CONCLUSIONES

La presencia sitios activos de clorofilina bimetálica de cobre y zinc (Chln-Cu-Zn) sobre RGO, da lugar a un nuevo electrocatalizador alternativo con rendimiento satisfactorio en la producción y consumo de H_2 para la producción de energía.

5. REFERENCIAS

- [1] A.-L. Rimmel *et al.*, *ACS Sustain Chem Eng*, **1** 134-145, (2022).
- [2] H. Huang *et al.*, *Advanced Materials*, **31**, 190341 (2019).
- [3] A. Terán-Dagnino *et al.*, *Diam Relat Mater*, **14** 111147, (2024).

CAE-O20 Electrodeposited NiB films as bifunctional electrocatalysts in alkaline water electrolyzer

ORAL Presentation

J.R. López Montelongo,¹ V. Becerril-Estrada¹, Jorge Vazquez-Arenas², Rene H. Lara³, Noé Arjona¹, José de Jesús Pérez-Bueno¹, J.A. Díaz-Real¹, R. Ortega¹, A. Méndez-Albores⁴, G. Trejo^{1*}

¹ CIDETEQ S. C., Pedro Escobedo, Querétaro, C. P. 76703

² Centro Mexicano para la Producción más Limpia, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n, Col. La Laguna Ticomán, C.P. 07340, Ciudad de México, México

³ Departamento de Ciencia de Materiales, Facultad de Ciencias Química, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Av. Veterinaria S/N, Circuito Universitario, C.P. 34120, Durango, México

⁴ Departamento de Investigación en Zeolitas, Posgrado en Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria C.P. 72530, Puebla, México

E-mail: jlopez@cideteq.mx

1. INTRODUCTION

Environmental pollution from fossil fuels increases greenhouse gases, increasing interest in sustainable energy like hydrogen, which needs greener production methods such as water electrolysis [1]. This process involves OER at the anode and HER at the cathode. This study explored NiB thin films on fluorine-doped tin oxide substrates as efficient, non-precious metal electrocatalysts for OER and HER in alkaline media.

2. METHODOLOGY

NiB films were electrodeposited on fluorine-doped tin oxide substrates using a three-electrode cell and a Biologic SP-150 potentiostat. The films, deposited at -0.73 V vs. RHE, were analyzed with SEM, AFM, XRD, GD-OES, and XPS. Their electrocatalytic efficiency for OER and HER in 1 M KOH was evaluated using linear sweep voltammetry, and stability was tested with 12 hours of continuous electrolysis.

3. RESULTS

The results showed that boron in the films enhances NiOOH formation, increasing OER efficiency. The Ni-(1.17 wt.% B) electrode needed an overpotential of 390 mV for 10 mA cm⁻² for the OER, while Ni-(1.06 wt.% B) required 146 mV for 10 mA cm⁻² for the HER. An electrolyzer using these electrodes achieved 10 mA cm⁻² at 1.71 V for water splitting and remained stable over 12 hours.

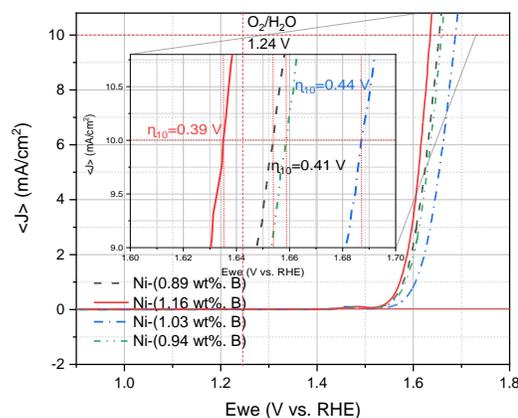


Figure 1: Comparison of the electrocatalytic efficiencies of various NiB films with differing B contents for the OER.

4. CONCLUSIONS

In this study, NiB films with varying boron content were electrodeposited on FTO substrates. The Ni-(1.06 wt.% B) film exhibited excellent HER activity with an overpotential of 0.146 V, while Ni-(1.17 wt.% B) showed superior OER activity with an overpotential of 0.380 V. The combined cell achieved 10 mA cm⁻² at 1.71 V, maintaining stability for 12 hours, highlighting their potential as low-cost bifunctional electrocatalysts.

5. REFERENCIAS

[1] X. Zou, Y. Zhang, Noble metal-free hydrogen evolution catalysts for water splitting, Chem. Soc. Rev., 44 (2015) 5148-5180, DOI:10.1039/c4cs00448e.

CAE-O21 Mejoramiento de la absorción de luz, transferencia de carga y propiedades eléctricas en las películas de ZnO por la incorporación de Cu

Presentación Oral

I. Juárez-Ramírez^{1*}, G. Ortiz-Rabell¹, D. Sánchez-Martínez¹ y J. Aragón-Hernández¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Ecomateriales y Energía. Ciudad Universitaria S/N. C.P. 66455. San Nicolás de los Garza, N. L. México.

E-mail: isaias.juarezrm@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los semiconductores de ZnO dopados con partículas metálicas han despertado gran interés por sus propiedades electrónicas [1]. Este óxido se caracteriza por su abundancia, estabilidad química, y un valor de banda prohibida ($E_g = 3.37$ eV) [2]. Las propiedades de ZnO pueden ser mejoradas si se dopa con metales, ya que la presencia de partículas metálicas facilita que los procesos de transferencia de carga tengan lugar de forma más eficiente [3]. Por este motivo, se han utilizado en aplicaciones como celdas solares, sensores, y fotoelectrodos en sistemas fotoelectrocatalíticos. En este trabajo, se prepararon películas de ZnO/Cu, mediante sol gel y se depositaron sobre sustrato de vidrio ITO para su uso en aplicaciones fotoelectroquímicas y fotocatalíticas.

2. METODOLOGÍA

Las películas de ZnO/Cu se prepararon al mezclar una solución de acetato de zinc con dietanolamina, en medio alcohólico, manteniendo en agitación la solución. Posteriormente, se mezcló con una solución de nitrato de cobre en diferentes proporciones. Las soluciones obtenidas se emplearon en el equipo de spin-coating para el depósito de las películas sobre vidrios ITO y después se les dio un tratamiento térmico para utilizarlas como electrodos en las mediciones fotoelectroquímicas. Todas las películas se caracterizaron mediante XRD, SEM, UV-Vis, y PL, y evaluadas en pruebas de electroquímicas para la generación de fotocorriente en un Potenciostato-Galvanostato (AUTOLAB PGSTAT302N); como fuente de irradiación se empleó un simulador solar (Oriel® Sol1A™ Clase ABB, lámpara de Xe 250 W).

3. RESULTADOS

El análisis por rayos-X mostró que el ZnO/Cu cristaliza en la fase hexagonal, encontrando que la presencia de Cu mejoró la absorción de la película

hacia la región del visible. Las partículas presentan una morfología homogénea, favoreciendo la dispersión de la luz. Las pruebas fotoelectroquímicas revelaron que las películas son de naturaleza tipo n, mientras que la adición de Cu favorece la existencia de donadores de carga, promoviendo una alta población de electrones en la banda de conducción, lo que disminuye la resistencia a la transferencia de carga y favorece la densidad de fotocorriente.

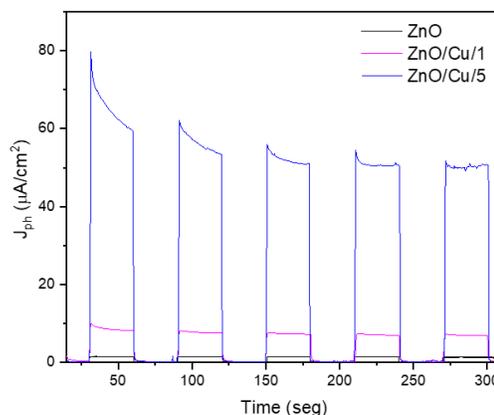


Figura 1. Cronoamperometría de películas de ZnO/Cu

4. CONCLUSIONES

La presencia de Cu en el ZnO provoca una mejora en la absorción de luz hacia el visible y favorece la transferencia de carga, lo que permite incrementar en más de 50 veces la densidad de fotocorriente en comparación al ZnO. Además, la cantidad incorporada no afecta la estructura cristalina hexagonal del ZnO.

5. REFERENCIAS

- [1] Benrezgaa, E., et al. Materials Today Communications 31: 103306 (2022).
- [2] Peiris, T. N., et al. (2015). Thin Solid Films 590: 293 (2015).
- [3] Serrao, F. J., et al. Thin Solid Films 722: 138579 (2021).

CAE-O22 Ingeniería de interfase de un separador cuasi sólido en baterías de Zinc-aire

Presentación Oral

Y. Audeves Audeves¹, A. Arredondo Espínola¹, L. Álvarez Contreras², M. Guerra Balcazar³, N. Arjona*¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico En Electroquímica S.C.

²Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C., Chihuahua.

³Universidad Autónoma de Querétaro

E-mail: yaudeves@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de un electrocatalizador estable y energéticamente eficiente capaz de infligir una reacción de reducción de oxígeno (ORR) y una reacción de evolución de oxígeno (OER) bidireccionales es vital para el correcto funcionamiento de una batería recargable zinc-aire (ZAB) (1). Este trabajo presenta un concepto novedoso de mejora de la interfaz electrodo/electrolito para mejorar el rendimiento de las baterías de zinc-aire. Es probable que estos problemas contribuyan a la inestabilidad de la interfaz ánodo/electrolito de zinc, lo que dificulta las aplicaciones prácticas de las baterías de zinc. Recientemente, se han llevado a cabo a nivel mundial investigaciones exhaustivas sobre la interfaz ánodo/electrolito de zinc;

2. METODOLOGÍA

La estrategia de ingeniería de interfase para promover el transporte de masa efectivo desde el ánodo al cátodo consta de evaluar una membrana polimérica y evaluando a su vez en pruebas en baterías recargables de zinc-aire con diferentes espesores de capa, a 1,2,4,6,8 y 10, estas pruebas se realizaron al cátodo de Pt/IrO₂ y adicionalmente a una material de Co atómicamente disperso como forma comparativa. Se realizó caracterización electroquímica de estas pruebas en batería, LSV y pruebas de carga-descarga, adicionalmente también se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas.

3. RESULTADOS

En este trabajo se realizó un diseño de ingeniería de interfase mediante el análisis de diferentes variables con miras a la ingeniería de defectos. En primer lugar, se evaluaron diferentes espesores de una membrana polimérica en una batería de zinc aire, poniendo diferentes numero de capas de la membrana

(1,2,4,6,8,10), se le realizaron pruebas de densidad de potencia y pruebas de carga y descarga, obteniendo que en la capa de 8 se obtuvieron 18 horas de ciclos de carga y descarga, además se les realizó caracterización fisicoquímica de pruebas post mortem al ánodo y al cátodo de la batería de zinc aire.

Tabla 1. Los datos más relevantes en formato de tabla se deben ajustar a los márgenes establecidos.

# de Capas	1	2	4	6	8	10
Tiempo en horas de ciclos de Carga-Descarga	0.5	6	8	11	16	12

4. CONCLUSIONES

Se puede demostrar que el efecto de estudio de la interfaz del separador de la batería de zinc aire si afecta considerablemente en el rendimiento de la batería de zinc-aire, este estudio da conocimiento importante sobre su rendimiento y las mejores, dando a conocer que el saber el grosor del mejor rendimiento ayudara a evitar las problemáticas del ánodo y del cátodo y contribuir al desarrollo de baterías más eficientes para su desarrollo tecnológico. Obteniendo un mejor rendimiento en 8 numero de capas de un separador cuasi- sólido de una membrana polimérica de 18 horas de ciclos de carga y descarga.

5. REFERENCIAS

- [1] T. Aziz, et al., *Energy Materials*, vol.11, p. 34, (2023).
- [2] M.F. Gaele, et al., *Energy & Fuels*, vol. 38, p.12, (2024).

CAE-O23 Preparación de electrodos impresos para celdas de biocombustibles portátiles

Presentación Oral

K.I. Martínez-Soto¹, M. Beltrán-Gastélum², S. Pérez-Sicairos², M. I. Salazar-Gastélum^{1,2}

¹Tecnologico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tijuana, Posgrado de Ciencias de la Ingeniería. Tijuana, México, 22500.

²Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana, Centro de Graduados e Investigación en Química. Tijuana, México, 22500.

E-mail: moises.salazar@tectijuana.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible pueden generar energía a partir de la urea presente en el cuerpo humano, la orina promedio de un adulto humano puede contener alrededor de 2.0-2.5% en peso de urea [1]. Teniendo en cuenta que la ROU (reacción de oxidación de urea) produce agua, nitrógeno y dióxido de carbono, se requieren membranas compatibles con el CO₂ que mejoren el desempeño de la celda [2]. Otra reacción importante a considerar en el dispositivo es la RRO (reacción de reducción de oxígeno) que tiene una velocidad cinética lenta. Los catalizadores de platino y las enzimas suelen ser los más comunes en el escenario de estas reacciones [3], pero son muy escasos y de alto costo. En este trabajo se propone la preparación de electrodos con alta actividad catalítica hacia la ROU y RRO.

2. METODOLOGÍA

Los electrodos impresos se prepararon el método serigráfico imprimiendo tintas de carbono y plata sobre un sustrato de plástico. Estos electrodos se modificaron por pulverización al vacío, con sustratos de Cu, Ag y Au, por otro lado, otros electrodos impresos se modificaron por goteo, empleando tintas a base de NiCo₂O₄ y LaNiO₃. Los experimentos electroquímicos se realizaron con un potenciostato/galvanostato marca Biologic modelo VMP-300, en una celda convencional de tres electrodos. El electrodo de trabajo fue el electrodo impreso modificado, el contra electrodo un espiral de platino y un electrodo de Hg/HgO/KOH_{sat} como electrodo de referencia. Las pruebas electrocatalíticas de la RRO se llevaron a cabo en KOH 1 M, Las curvas CV sobre el sistema que fue previa y continuamente saturado con O₂ se obtuvieron variando la velocidad de barrido desde 10 a 100 mV s⁻¹. Para la caracterización de la ROU se utilizó un electrolito de KOH 1 M + CO(NH₂)₂ 1 M, utilizando el mismo procedimiento de estudio de la RRO.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan las curvas CV de los electrodos impresos (Ag, Au, Cu, LaNiO₃ y NiCo₂O₄) en solución de KOH saturada con O₂. En el caso del electrodo de Cu exhibió mayor intensidad de corriente catódica, lo que se asocia a una mayor tasa de reacción para la RRO, mientras que el electrodo de NiCo₂O₄ exhibió un menor sobrepotencial catódico, lo que representa una menor energía de activación a la reacción.

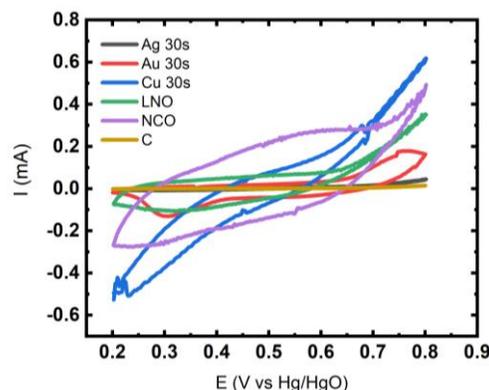


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos de los electrodos modificados a una velocidad de barrido de 100 mV s⁻¹ en KOH 1 M saturado con O₂.

4. CONCLUSIONES

El electrodo impreso modificado con Cu y el electrodo modificado con NiCo₂O₄ mostraron mejores resultados para la RRO.

5. REFERENCIAS

- [1] W. Simka, J. Piotrowski, A. Robak, G. Nawrat, *J. Appl. Electrochem.*, **39**, 1137-1143, (2009).
- [2] M. Unlu, J. Zhou, P. A. Kohl, *Electrochem. Solid-State Lett.*, **12**, 25-28, (2009).
- [3] J. Wu, H. Yang, *Acc. Chem. Res.*, **46**, 1848-1857, (2013).

CAE-O24 Efecto del electrolito soporte en la electrooxidación de ácido fórmico empleando nanopartículas de PdFe electrodepositadas a partir de relíne

Presentación Oral

L. Juárez Marmolejo^{1*}, A. Ezeta-Mejía¹, E. M. Arce-Estrada¹, M. Palomar-Pardavé², M. Romero-Romo².

¹ Instituto Politécnico Nacional, ESQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, CDMX, México.

² Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Materiales, CDMX, México.

E-mail: juamarlet12@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los Disolventes Eutécticos Profundos (DES) presentan una serie de ventajas para la electrodeposición de metales [1]. Aleaciones de Pd muestran una actividad electrocatalítica alta en comparación con Pd. La estabilidad del electrocatalizador se logra con la incorporación con metales de transición. [2-3]. En el presente trabajo, se evaluó la ROAF en medio ácido usando NPs de PdFe sintetizadas por el método de electrodeposición. Además, se estudió el efecto del electrolito en la ROAF empleando HClO₄ y H₂SO₄ como electrolitos soporte.

2. METODOLOGÍA

NPs de PdFe fueron sintetizadas a partir del método de electrodeposición usando relíne, 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 2 diferentes potenciales.

3. RESULTADOS

Los voltamperogramas obtenidos de los electrodepósitos evaluados muestran que el electrodo modificado con las PdFeNPs al potencial de depósito de -400 mV en el electrolito de HClO₄ fue el que mayor actividad másica exhibió lo que sugiere que hay una mayor cantidad de moléculas electroquímicamente consumidas por el electrocatalizador durante la ROAF.

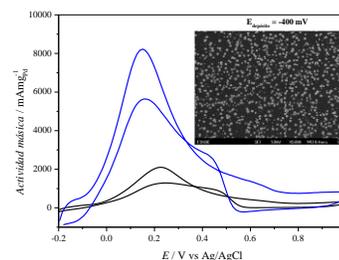


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos experimentales de las NPs de PdFe electrodepositadas a -400 mV evaluadas en 0.5 M H₂SO₄ (línea negra) y 0.5 M HClO₄ (línea azul) + 2.0 M HCOOH, $\nu = 100$ mVs⁻¹.

4. CONCLUSIONES

La morfología de las NPs de PdFe electrodepositadas a partir del relíne fue de tipo clúster obteniendo un tamaño de partícula de entre 80-90 nm. En términos de la evaluación de la ROAF en medio ácido, los resultados indicaron que los electrocatalizadores sintetizados exhiben un mejor desempeño en términos de su actividad másica cuando se emplea HClO₄ como electrolito soporte que cuando se usa H₂SO₄.

5. REFERENCIAS

- [1] Q. Zhang, KDO. Vigier, S. Royer, F. Jérôme. *Chemical Society Reviews*, **41**, 7108, (2012).
- [2] Bianchini, C., Kang, S. P. *Chemical Reviews*, **10** 4183-4206, (2009).
- [3] Li, H., Sun, G., Jiang, Q., Zhu, M., Sun, S., Xin, C. *Electrochemistry Communications*, **9**, 1410-1411 (2007).

CAE-O25 Reducción electroquímica de CO₂ sobre nanoestructuras bimetálicas de Ag@Sn y Ag@Bi hacia la generación de HCOO⁻

Presentación Oral

C. X. Tirado López¹, M. A. Soto Mendoza¹, E. M. Arce Estrada¹, A. Manzo Robledo², R. G. Sánchez Alvarado¹, J.

O. Pineda Martínez³, A. Ezeta Mejía^{1*}

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, UPALM, 07830, CDMX, México.

²Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Laboratorio de Electroquímica, Edif. Z5, 3er piso. 07830, CDMX, México.

³Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Laboratorio de Operaciones unitarias, 07830, CDMX, México.

E-mail: araceliezeta@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La conversión electroquímica de CO₂ en productos químicos de valor agregado es una estrategia prometedora para la mitigación del cambio climático y la producción sostenible de combustibles para almacenamiento y generación de energía [1].

En el presente trabajo se sintetizaron electrocatalizadores de Ag@Sn y Ag@Bi. La morfología, composición, y el tamaño de las partículas se analizaron mediante las técnicas de MEB-EDS y DRX. La actividad electrocatalítica y estabilidad de los electrocatalizadores se evaluó en la Reacción de Reducción de CO₂ (RRCO₂) mediante voltamperometría cíclica y cronoamperometría. Los productos obtenidos fueron identificados in situ por DEMS.

2. METODOLOGÍA

La síntesis se realizó a partir del método químico de nucleación y crecimiento de semilla reportado por el grupo de investigación [2]. Las nanopartículas obtenidas fueron sintetizadas como tintas electrocatalíticas.

3. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación electroquímica para los electrocatalizadores de Ag@Sn y Ag@Bi en la REH y RRCO₂.

En la Tabla 1 se muestran los valores de densidad de corriente para cada material con respecto al área geométrica, evidenciando una mayor actividad electrocatalítica para Ag@Bi en la REH y RRCO₂, las cuales se llevan a cabo simultáneamente.

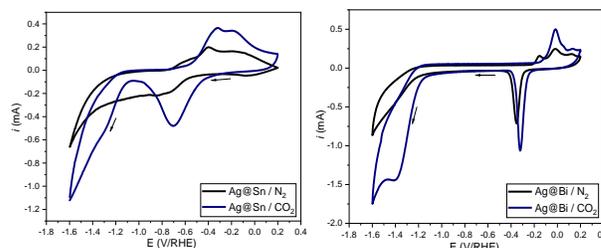


Figura 1. Voltamperogramas para electrocatalizadores de Ag@Sn y Ag@Bi en electrolito 0.1 M KHCO₃ a 20 mVs⁻¹.

Tabla 1. Densidad de corriente por área geométrica.

Material	j_{N_2} (mAcm ⁻²)	j_{CO_2} (mAcm ⁻²)
Ag@Sn	8	15
Ag@Bi	12	24

4. CONCLUSIONES

La síntesis química mediante el método de nucleación y crecimiento de semilla permitió la formación de nanoestructuras de Ag@Sn y Ag@Bi con un buen rendimiento electrocatalítico en la RRCO₂, mostrando un efecto sinérgico entre Ag y Sn/Bi, además, DEMS permitió la identificación de hidrógeno, ácido fórmico y formiatos.

5. REFERENCIAS

- Lu, Q., & Jiao, F. (2016). Electrochemical CO₂ reduction: Electrocatalyst, reaction mechanism, and process engineering. *Nano Energy*, 29, 439-456.
- Tirado López, C. X., Romero Hernandez, A., Arce Estrada, E. M., Sánchez Alvarado, R. G., & Ezeta Mejía, A. (2023). Ag, AgSn, and AgBi nanoparticles synthesized by the seed-mediated growth method. *MRS Advances*, 8(23), 1369-1376.

CAE-O26 Matriz catalítica de $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ para la conversión selectiva de CO_2 en CH_4

Presentación Oral

M. A. Soto Mendoza¹, C. X. Tirado López¹, E. M. Arce Estrada¹, A. Manzo Robledo², R. G. Sánchez Alvarado¹, J. O. Pineda Martínez³, A. Ezeta Mejía^{1*}

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, UPALM, 07830, CDMX, México.

²Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Laboratorio de Electroquímica, Edif. Z5, 3er piso. 07830, CDMX, México.

³Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Laboratorio de Operaciones unitarias, 07830, CDMX, México.

E-mail: aracieliezeta@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO_2) se considera uno de los principales gases de efecto invernadero, con más del 79% de las emisiones globales; su elevada concentración en la atmósfera representa una de las principales causas del calentamiento global. En la actualidad se investigan estrategias potenciales para mitigar sus impactos negativos, siendo la reducción electroquímica del CO_2 (RRCO_2), una alternativa prometedora, económicamente significativa y científicamente desafiante, sin embargo, se requiere optimizar las condiciones de operación y desarrollar catalizadores eficientes y selectivos, con requerimientos energéticos bajos para llevar a cabo exitosamente la RRCO_2 .

2. METODOLOGÍA

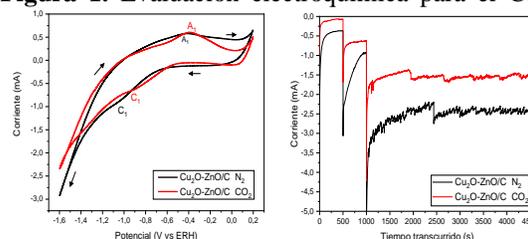
Se agregaron cantidades estequiométricas (1:1) de cloruro de zinc (ZnCl_2) y cloruro de cobre (CuCl_2) para la obtención de $\text{Cu}_2\text{O-ZnO}$, adicionalmente se añadió citrato de sodio ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$) como agente estabilizante en una solución 0.02 M de hidróxido de sodio (NaOH) bajo agitación magnética. La solución resultante fue transferida a un reactor hidrotermal de acero inoxidable, el cual se llevó a una mufla a 140°C por cuatro horas. Transcurrido el tiempo de reacción, se retiró el reactor hidrotermal de la mufla y se enfrió bajo una corriente de agua por 15 minutos. El material resultante fue secado para producir una tinta electrocatalítica.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa la respuesta electroquímica por voltamperometría cíclica y cronoamperometría del $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$ donde se aprecian los procesos redox característicos del electrocatalizador ($\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \leftrightarrow 2\text{Cu}^0 +$

H_2O) en presencia y ausencia de CO_2 , ambas respuestas exhiben un incremento en la región catódica asociada con la REH y RRCO_2 , las cuales se llevan a cabo simultáneamente, alcanzando corrientes de -2.95 a -2.35 mA.

Figura 1. Evaluación electroquímica para el $\text{Cu}_2\text{O-ZnO/C}$



ZnO/C

4. CONCLUSIONES

La síntesis por vía hidrotermal fue exitosa para la obtención de la matriz catalítica de $\text{Cu}_2\text{O-ZnO}$. El desempeño electroquímico del electrocatalizador mostró corrientes óptimas y los resultados de cronoamperometría exhibieron un comportamiento estable para llevar a cabo la REH y la RRCO_2 . DEMS permitió la identificación in situ de las especies producidas durante la polarización catódica y demostró la selectividad del hacia hidrógeno y metano.

5. REFERENCIAS

Albo, J., Sáez, A., Solla-Gullón, J., Montiel, V., & Irabien, A. (2015). Production of methanol from CO_2 electroreduction at Cu_2O and $\text{Cu}_2\text{O/ZnO}$ -based electrodes in aqueous solution. *Applied Catalysis B: Environmental*, 176–177, 709–717.

Azenha, C., Mateos-Pedrero, C., Lagarteira, T., & Mendes, A. M. (2023a). Tuning the selectivity of $\text{Cu}_2\text{O/ZnO}$ catalyst for CO_2 electrochemical reduction. *Journal of CO_2 Utilization*, 68, 102368.

CAE-O27 Electrocatalizadores NiMo para la reacción de evolución de hidrógeno

Presentación Oral

R.M. Félix Navarro^{1*}, L.F. Cabanillas Esparza¹, E.A. Reynoso Soto¹, B. Trujillo Navarrete¹,
C. Silva Carrillo², B.C. Alcántar Vázquez³

¹Tecnologico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Centro de Graduados e Investigación en Química.

²Universidad Autónoma de Baja California/Facultad de Ciencias Química e Ingeniería.

³Universidad Nacional Autónoma de México/Instituto de Ingeniería.

E-mail: rmfelix@tectijuana.mx

1. INTRODUCCIÓN

El hidrógeno es considerado como el vector energético que sustituirá a los combustibles fósiles en el futuro. Hoy en día, el hidrógeno verde, es decir el hidrógeno generado con energías renovables es un tema prioritario para los principales países industrializados. El hidrógeno se puede producir vía electroquímica mediante la electrolisis del agua a partir de la reacción de reducción que ocurre en un electrolizador. La reacción de hidrógeno en medio ácido se lleva a cabo eficientemente sobre electrocatalizadores basados en metales nobles como platino, rutenio e iridio, y es de aproximadamente dos a tres órdenes de magnitud más lento en electrolito alcalino comparado con el electrolito ácido [1]. Sin embargo, en el medio alcalino es posible usar electrocatalizadores de metales no nobles [2].

En este trabajo se desarrollaron nanomateriales basados en Ni y Mo y se les depositó metales del grupo de platino (MGP) en una proporción baja para usarlos como electrocatalizadores para la reacción de evolución de hidrógeno (REH) en medio alcalino.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de NiMo se realizó sobre partículas de carbón (C) por impregnación de incipiente seguido de una reducción en atmósfera de H₂/Ar.

Los estudios de actividad electrocatalítica para la reacción de evolución de hidrógeno se realizaron por voltamperometría de barrido lineal en medio de KOH 1.0 M.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran las curvas de polarización para la REH en medio alcalino. El material bimetalico NiMo es más eficiente que los

materiales monometálicos de Ni y Mo. En este congreso se presentarán los resultados de como la incorporación de una proporción muy baja de MGP supera la actividad electrocatalítica para la REH de los catalizadores comerciales.

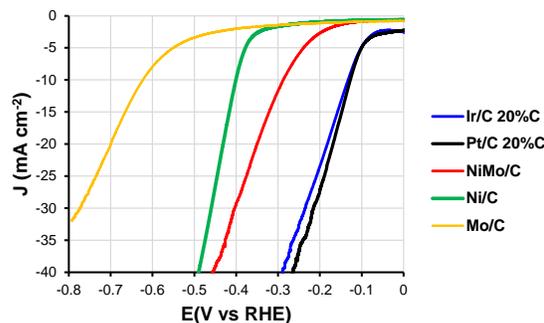


Figura 1. Curva de polarización para la REH en KOH 1.0 M de los materiales sintetizados y los catalizadores comerciales.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se encontró la proporción óptima para un catalizador NiMo libre de MGP. También se decoró el material NiMo con nanopartículas de Pt, Pd e Ir en proporción muy baja de MGP con actividad electrocatalítica superior a los electrocatalizadores comerciales Pt/C, Pd/C e Ir/C.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Durst, A. Siebel, C. Simon, F. Hasche, J. Herranz, H. A. Gasteiger, *Energy Environ. Sci.* **7**, 2255, (2014).
- [2] M. Wang, H. Yang, J. Shi, Y. Chen, Y. Zhou, L. Wang, S. Di1, X. Zhao, J. Zhong, T. Cheng, W. Zhou, Y. Li, *Angew. Chem. Inter. Ed.* **60**, 5771, (2021).

CAE-O28 Incremento de la eficiencia de celdas solares sensibilizadas con colorante por adsorción asistida por pulsos de potencial

Presentación Oral

J.C. Franco-Gómez¹, S. Covarrubias-Ortiz², J. Vásquez², R.J. Ortiz-Pérez¹, E.X.M. García², V.H. Romero¹, A. Estrada-Vargas^{2*}

¹Depto. de Ciencias Básicas y Aplicadas, ²Depto. de Estudios del Agua y de la Energía. Universidad de Guadalajara. Av. Nuevo Periférico 555, C.P. 45425 Tonalá, Jalisco, México

E-mail: arturo.estrada@cutonala.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas solares sensibilizadas con colorante (DSSCs) representan una opción asequible y naturalmente disponible para la generación de energía fotovoltaica. El paso más lento de la preparación de las DSSCs es la adsorción del colorante sobre la capa de nanopartículas de TiO₂, que típicamente se realiza por inmersión directa del fotoelectrodo en una solución que contiene el colorante durante 24 h. Venkatesan et al. resumieron una gran variedad de métodos para acelerar la adsorción, entre los que destaca la aplicación de potencial por su sencillez experimental [2]. Sin embargo, se encontró que la aplicación del potencial afecta la eficiencia de la DSSC, disminuyéndola en la mayoría de los casos.

Venkatesan et al. lograron incrementar en 0.3 % la eficiencia de una celda sensibilizada adsorbiendo colorante N719 durante 1 h, comparada con la adsorción típica. También aplicaron potencial linealmente barrido pero la eficiencia disminuyó. Sivanadanam et al. incrementaron también en 14 % la eficiencia de una celda sensibilizada con colorantes basados en imidazolas acíclicas, aplicando un potencial constante.

En este trabajo, se muestra el efecto en la eficiencia de la DSSC de asistir la adsorción de ácido carmínico aplicando pulsos de potencial, y comparándola con adsorción típica y potencial constante.

2. METODOLOGÍA

Electrodos típicos de óxido de estaño dopado con flúor (FTO) con un área de 0.5 cm × 0.5 cm recubierta con capas de nanopartículas de TiO₂ transparente y opaca, se colocaron como electrodos de trabajo en una celda electroquímica con colorante ácido carmínico (CA) 10 mM, para realizar la adsorción del mismo en la capa de nanopartículas de TiO₂ aplicando tres tipos de potencial: circuito abierto (OCP), constante y de

pulsos. Se midieron las eficiencias de las DSSCs formadas con los fotoelectrodos sensibilizados con curvas de corriente-potencial obtenidas utilizando una fuente de 100 mW cm⁻² (ULTRA-VITALUX), un resistor variable y multímetros.

3. RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las eficiencias de DSSCs fabricadas con el paso de adsorción de colorante asistido por diferentes métodos de potencial.

Tabla 1. Parámetros de DSSCs con adsorción de 30 min a diferentes condiciones de potencial

Método	FF / u.a.	η / %
OCP 24 h	0.32	0.030
constante 3.0 V	0.24	0.012
pulso 0.3/-0.2 V	0.21	0.028
pulso 0.4/-0.3 V	0.34	0.029
pulso 0.5/-0.4 V	0.35	0.039

4. CONCLUSIONES

La adsorción de ácido carmínico sobre nanopartículas de TiO₂ para la preparación de DSSCs se asistió aplicando potencial constante y pulsado. La eficiencia resultante de aplicar potencial pulsado de 0.5/-0.4 V durante 30 min incrementó la eficiencia de la DSSC en 33 %, comparada con el método tradicional de sumergir a circuito abierto durante 24 h.

5. REFERENCIAS

- [1] S. Venkatesan, Y.Y. Chen, H. Teng, Y.L. Lee, *Journal of Alloys and Compounds*, **903**, 163959, (2022).
- [2] J. Sivanadanam, I.S. Aidhen, K. Ramanujam, *New Journal of Chemistry*, **44**, 10207, (2020).

CAE-O29 Electrocatalizadores Catódicos para Celdas Solares Sensibilizadas con Colorantes a Base de Platino sobre Nanotubos de Carbono

C. Silva Carrillo^{1*}, L. D. Gómez Puc², B. Alcántar Vázquez³, R.M. Félix Navarro^{2*}, E. A. Reynoso Soto^{2*}

¹Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería/ Universidad Autónoma de Baja California, CP22390, Tijuana, México

²Centro de Graduados e Investigación en Química/ Instituto Tecnológico de Tijuana / Tecnológico Nacional de México, CP 22430, Tijuana, México

³Laboratorio de Ingenierías / Universidad Autónoma Nacional de México, CP 0451, Delegación Coyoacan, Ciudad de México, México

E-mail: carolina.silva.carrillo@uabc.edu.mx, edgar.reynoso@tectijuana.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Una célula solar es un dispositivo capaz de transformar la energía luminosa directamente en corriente eléctrica aprovechando el efecto fotoeléctrico. Las células solares sensibilizadas por colorante (DSSC) se caracterizan por ser ligeras, flexibles y pueden usarse con luz artificial o difusa [1] El Pt es el catalizador más eficaz para el sistema redox I_3^-/I^- , pero es un material escaso y caro, lo que limita su uso a gran escala [2]. Los materiales de carbono nanoestructurados son uno de los candidatos más atractivos para disminuir el contenido de Pt. Los polímeros pueden controlar tamaño y forma de las partículas de platino y con ello su actividad electrocatalítica en reacciones de interés

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanoestructuras de platino sobre nanotubos de carbono mediante la polimerización in situ de polipirrol. El nanocompuesto fue tratado para eliminar la polianilina a 350 °C por 2 horas. Una vez obtenido el sistema Pd/NTC se caracterizó por SEM, DRX y TGA. Para la parte electroquímica se utilizó una celda de tres electrodos como electrodo de trabajo un electrodo de carbón vítreo modificado con los materiales sintetizados, como electrodo de referencia

3. RESULTADOS

Se obtuvieron pequeñas nanopartículas de platino cristalinas sobre el NTC con diversas morfologías, con cargas metálicas del 10% y 20%P. La voltamperometría cíclica (Figura1) se observan dos picos de oxidación y dos de reducción, en el caso del NTC se aprecia que tiene tres picos de oxidación. Además, es posible ver que los materiales que contienen PPy muestran una baja densidad de corriente, atribuida a la resistencia a la conducción de

electrones por parte del polímero. Mientras que los materiales tratados térmicamente muestran una mayor densidad de corriente, debido a la ausencia del polímero.

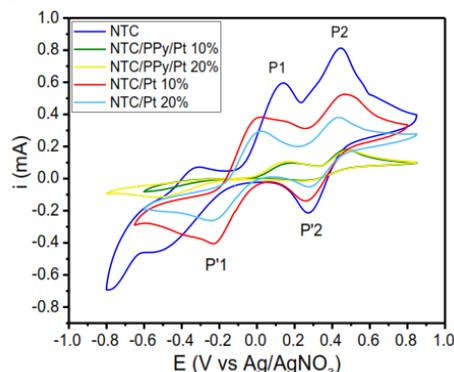


Figura 1. VC en una solución del sistema redox del I_2/I_3^- de los materiales sintetizados. Velocidad de barrido 50 mV/s.

4. CONCLUSIONES

Se obtuvieron nanopartículas de platino con diversas morfologías sobre nanotubos de carbono y diversas cargas metálicas. EL material Pt/NTC 10%

5. REFERENCIAS

- [1] G. Dwivedi, G. Munjal, A.N. Bhaskarwar, A. Chaudhary, *Inorganic Chemistry Communications*, **135**, 109087 (2022).
- [2] X. Fang, T. Ma, G. Guan, M. Akiyama, T. Kida,] Abe, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **570**, 24 (2004).

CAE-O30 Desempeño de polímeros aniónicos y catiónicos como aglomerantes en electrodos para baterías de litio de alta capacidad y voltaje

Presentación Oral

L. García-Valle,¹ I. González,¹ G. Guzmán-González^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de reforma 1ra Secc, Iztapalapa 09340 Ciudad de México, CDMX.

E-mail: historifeso@gmail.com, gguzmang@izt.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los electrodos para baterías de ion litio (LIBs) típicamente se componen de: partículas de materiales activos (MA) donde ocurren los procesos redox, carbón conductor (que facilita el transporte electrones desde el colector de corriente hasta las partículas de MA) y un aglomerante responsable de las propiedades mecánicas y transporte iónico en el electrodo.[1]

El rendimiento electroquímico de las LIBs de alto voltaje y capacidad, desarrolladas con materiales activos (MA) $LiNi_{0.8}Co_{0.1}Mn_{0.1}O_2$ (NMC) (4.3 V vs Li^0/Li^+) y azufre (S) (1675 mAhg^{-1}), respectivamente, se han propuesto como alternativas factibles para sustituir las LIBs clásicas desarrolladas con $LiFePO_4$ (3.4 V vs Li^0/Li^+ y 170 mAhg^{-1}); para alcanzar estos rendimientos es necesario resolver los problemas que presentan estas nuevas químicas. Principalmente, la disolución de los materiales activos de los electrodos y el transporte iónico desde el electrolito hasta las partículas de MA.

Hasta ahora el polímero PVDF has sido utilizado exitosamente como aglomerante; las nuevas químicas de electrodos requieren un transporte iónico selectivo.[2] Por lo tanto, este trabajo presenta el análisis del rendimiento electroquímico de electrodos de alto voltaje y capacidad, utilizando polímeros aniónicos y catiónicos como aglomerantes.

2. METODOLOGÍA

Fueron seleccionados polímeros con similitud estructural, poly(litio 1-[3-(metacrililoiloxi) propil sulfonil]-1- (trifluorometano sulfonil)mida (PL) y el poly(dialildimetilamonio (bistrifluorometano sulfonil) imida) (PD) como aglomerantes aniónico y catiónico respectivamente, que fueron utilizados para la preparación de cátodos con materiales activos de alta capacidad (S) y voltaje (NMC) de acuerdo con la metodología reportada previamente. [2]

3. RESULTADOS

La capacidad de descarga de las celdas $Li^0|1M\text{ LiTFSI (DOL:DME, 1:1 v/v)}|S/\text{aglomerante}$, con los aglomerantes PD y PL, muestran que la celda PL tiene mejor capacidad de retención de capacidad de carga; mientras que la celda PD tiene mejor eficiencia coulombica durante el proceso de ciclado a C-rate de 1C (figura 1).

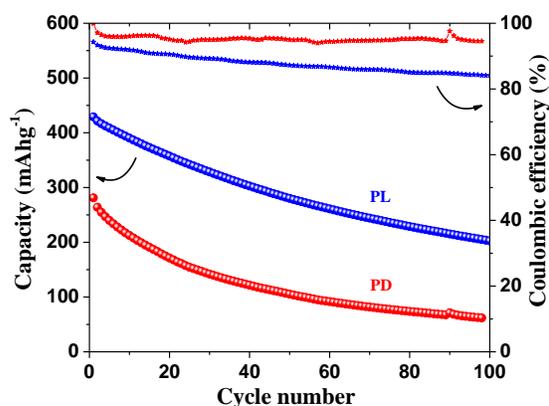


Figura 1. Influencia de los aglomerantes PD y PL en la capacidad de retención de carga durante el proceso de ciclado de las celdas $Li^0|1M\text{ LiTFSI (DOL:DME, 1:1 v/v)}|S\text{-CSP/CSP/aglomerante (PL o PD) (80:10:10)}$.

4. CONCLUSIONES

La naturaleza iónica de los aglomerantes desarrolla un papel fundamental para el rendimiento electroquímicos de los electrodos de alta capacidad y voltaje.

5. REFERENCIAS

- [1] G. Guzmán-González, J. Vázquez-Arenas, I. González, *Electrochimica Acta* (2017) 247 451-459
 [2] R. Del Olmo, G. Guzmán-González, N. Casado, *Batteries & Supercaps* (2023) 6(3) e202200519.

CAE-O32 Construcción de supercapacitores a partir de biocarbón de origen lignocelulósico puro y activado químicamente

Presentación Oral

J. G. Esquivel Bravo¹, J. A. Piña Acosta², R. A. Gracia Soto³, B. Trujillo Navarrete², M. T. Oropeza Guzmán⁴ y J. C. Calva Yáñez⁵

¹TecNM/I. T. Tijuana, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Tijuana, B. C., Méx.

²TecNM/I. T. Tijuana, Centro de Graduados e Investigación, Tijuana, B. C., Méx.

³TecNM/I. T. Tijuana, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tijuana, B. C., Méx.

⁴TecNM/I. T. Tijuana, Posgrado en Ciencias de la Ingeniería, Tijuana, B. C., Méx.

⁵CONAHCYT-TecNM/I. T. Tijuana, Centro de Graduados e Investigación, Tijuana, B. C., Méx.

E-mail: mercedes.oropeza@tectijuana.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Existen dos tipos de supercapacitores, los capacitores electroquímicos de doble capa (EDLC) y pseudocapacitores. En años recientes, el biocarbón procedente de biomasa lignocelulósica (LBC) ha sido utilizado en diversas investigaciones para el desarrollo de supercapacitores debido a sus características estructurales que permiten almacenar y liberar energía rápidamente. Los supercapacitores de LBC almacenan energía a través de la acumulación de iones en la interfaz del material mesoporoso, tal como un EDLC [1]. Materiales carbonáceos como grafito y carbón activado han sido ampliamente usados para la construcción de electrodos para supercapacitores, no obstante, es una tecnología no sustentable, costosa y con una huella de carbono alta. El biocarbón es un material carbonáceo micro-mesoporoso producido con un enfoque circular a partir de la pirólisis de biomasa, otorgando un valor agregado a la biomasa residual. A pesar de que el biocarbón puro puede llegar a presentar un área superficial baja, sus propiedades estructurales pueden ser modificadas fácilmente mediante la activación química con óxidos metálicos para formar nanocompuestos con mejores propiedades electroquímicas [2].

2. METODOLOGÍA

Los LBC's procedentes de cáscara de papa (LBCP), cáscara de zanahoria (LBCZ) y residuos de café (LBCC) fueron utilizados de manera pura y activada para la construcción de EDLC's. Los electrodos de trabajo se prepararon empleando con una película elástica de LDPE dos láminas superpuestas de acero inoxidable recubiertas con una mezcla de LBC, negro de carbón y PVDF entre una membrana impregnada con una solución de electrolito

de KOH 1M.

3. RESULTADOS

Los LBC's activados con MgO y Fe₃O₄ presentaron un aumento importante en el área superficial y volumen de poro de alrededor de 400 y 150 veces, respectivamente. El LBCC-MgO presentó un área superficial y volumen de poro de 193 m²/g y 0.329 cc/g. En la Figura 1 se muestran las curvas CV de los LBCC-MgO a 25, 50 y 100 mV/s.

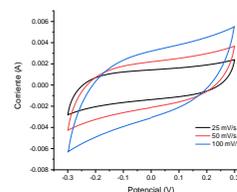


Figura 1. Curvas CV de SCMgO-biocarbón.

4. CONCLUSIONES

Los LBC's son materiales de alto valor agregado con propiedades electroquímicas prometedoras para desempeñar como electrodos en EDLC's.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Sun et al., *Biomass and Bioenergy*, **184**, 107180, (2024).
- [2] H. Shin, D. Tiwari, D-J. Kim, *Journal of Water Process Engineering*, **37**, 101484, (2020).

CAE-P01 Electro-oxidación de metanol en presencia de paladio y paladio-plata soportados en carbón Vulcan XC72R

Presentación Póster

V. A. Medina Rojano¹, M. G. Montes de Oca Yemha¹, M. A. Romero Romo¹, M. E. Palomar Pardave¹.

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Área Ingeniería de Materiales, Ciudad de México, C. P. 02200, México.

E-mail: mgmy@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible (CsC) son aparatos electroquímicos que convierten directa y continuamente la energía química de un combustible en energía eléctrica en presencia de un electrocatalizador, aprovechando la entalpía libre interna del combustible a la temperatura de operación. Las CsC presentan eficiencias que oscilan entre 60-70%, intervalo que es superior a los motores de combustión interna. El proceso de transformación energética basado en la conversión electroquímica asegura un elevado rendimiento [1, 2]. Las investigaciones actuales se enfocan a la obtención y desarrollo de nuevos materiales, con tiempos de vida largos a costos redituables de instalación y operación [3]. Dentro de las CsC, la reacción de electrooxidación de metanol (REM) es clave en las CsC de metanol directo, siendo una opción en la obtención de energía limpia, renovable y eficiente.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica de vidrio, con un arreglo convencional de tres electrodos: trabajo (ET) electrocatalizador colocado a través de una tinta, un electrodo de referencia (ER) de Ag/AgCl en una disolución 3 M de KCl y un contraelectrodo (CE) una barra de grafito.

3. RESULTADOS

En las Figura 1, se observa la VC del electrocatalizador de paladio soportado en carbón Vulcan XC72R (Pd/CV) sintetizadas por el método de impregnación y colocado sobre el electrodo de carbono vítreo a través de una tinta constituida por Nafion, Pd/CV y agua desionizada.

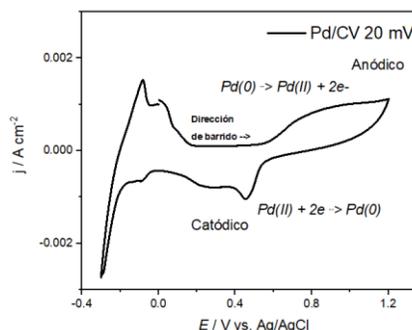


Figura 1. Voltamperometría cíclica de Pd/CV, 0.1 M de HClO₄ a 20 mV s⁻¹.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se sintetizó y caracterizó los electrocatalizadores PdAg/CV y Pd/CV. Donde, PdAg/CV presentó la densidad de corriente en estado estacionario más alta, superando al Pd comercial y Pd/CV sintetizado por el mismo método para la REM.

5. REFERENCIAS

- [1] Wee J. H., Lee K. Y., Kim S. H. (2007) *Fabrication Methods for Low-Pt-Loading Electrocatalysts in Proton Exchange Membrane Fuel Cell Systems*. J. Power Sources, 165, 667-677.
- [2] Strasser P., Koh S., Anniyev T., Greeley J., More K., Yu C., Liu Z., Kaya S., Nordlund D., Ogasawara H., Toney M. F., Nilsson A. (2010) *Lattice-strain control of the activity in dealloyed core-shell fuel cell catalysts*. Nat. Chem., 2, 454-460.
- [3] F. Zhu, M. Wang, Y. He, G. Ma, Z. Zhang, X. Wang., (2016) *A comparative study of elemental additives (Ni, Co, and Ag) on electrocatalytic activity improvement of PdSn-based catalysts for ethanol and formic acid electro-oxidation*, Electrochem. Acta, 148 291-301.

CAE-P02 Desarrollo de una batería primaria alcalina Zn-Ag₂O mediante nanoalambres de plata

Presentación Póster

J.A. Rizo Churape¹, I.R. Sánchez González¹, N. Casillas Santana², A.G González Gutiérrez²

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, CUCEI, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P, 44430, México.

²Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P 4443, México.

E-mail: iris.sanchez6200@alumnos.udg.mx, julio.rizo6455@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las pilas tipo botón como las de Zn/Ag₂O son elementos esenciales para el funcionamiento de numerosos dispositivos electrónicos. En torno a esto, se han explorado materiales y diseños alternativos que contribuyan a mejorar la eficiencia energética, reducir el impacto ambiental y costos. En este sentido, este trabajo está enfocado al desarrollo de nanoalambres de plata (AgNWs), para su incorporación en baterías alcalinas tipo botón. Los AgNWs permitirían incrementar el área superficial, que se puede traducir en mayor capacidad, eficiencia, durabilidad y rendimiento de la batería. Así también, se presenta el diseño de una batería que permite la integración de los materiales sintetizados y su comparación con baterías comerciales.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de nanoalambres de plata se llevó a cabo por el método poliol. La caracterización de los AgNWs se realizó por medio de XRD, UV-Vis y FTIR[1]. El estudio electroquímico se llevó a cabo en una celda de tres electrodos en un medio alcalino de NaOH 3M[2]. Se empleó Pt como contraelectrodo, un electrodo de referencia de calomel saturado (SCE) y un electrodo de plata con y sin AgNWs con un área geométrica expuesta de 3.8 cm² como electrodos de trabajo. Se evaluó el desempeño de una batería alcalina con los AgNWs y se compararon los resultados con una batería comercial Zn/Ag₂O.

3. RESULTADOS

En la figura 1, se presenta el voltamperograma de la plata con y sin AgNWs. La incorporación de los nanoalambres incrementó el valor de la corriente cerca de 3 veces debido al aumento en el área electroactiva.

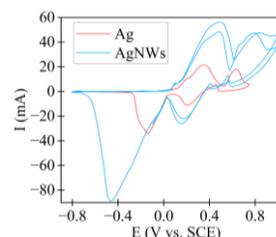


Figura 1. Voltamperograma cíclico del electrodo de plata con y sin AgNWs en medio alcalino (NaOH 3 M) a 10 mV/s.

4. CONCLUSIONES

Se sintetizaron y caracterizaron los AgNWs los cuales se emplearon para obtener las curvas de carga/descarga de la batería. Además, se diseñó y evaluó con éxito un circuito capaz de proporcionar resultados confiables de las curvas de descarga/descarga, corriente y potencia instantánea liberada por la pila.

5. REFERENCIAS

- [1] Hu, Z. A., Wang, Y. X., Xie, Y. L., Yang, Y. Y., Zhang, Z. Y., & Wu, "Ag nanowires and its application as electrode materials in electrochemical capacitor", **vol.4**, 341, (2010).
- [2] H.S. Rodríguez., A.G.G. Gutiérrez., N.C. Santana *Síntesis y caracterización de nanoalambres de plata para el desarrollo de baterías de zinc-óxido de plat* 805, CDMX (2021).

CAE-P03 Síntesis de estructura de ZnOCuNiCo y su estudio para la reacción de oxidación de etanol

Presentación Póster

I. Pérez-Santiago¹, W.J. Pech-Rodríguez^{1*}, P.C. Meléndez-González², Leslie Abigail Ávalos-Elizondo², J.M. Hernández-López²

¹Universidad Politécnica de Victoria, Av. Nuevas Tecnologías 5902, Parque Científico y Tecnológico de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, C.P. 87138. México1.

²Universidad Autónoma de Nuevo León, (UANL) Facultad de Ciencias Químicas, Ave. Universidad S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza N.L. México, C.P. 664552.

E-mail: wpechr@upv.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El diseño y fabricación de electrocatalizadores libres de materiales preciosos son un tema de interés ya que éstos pueden potencializar la aplicación de las tecnologías emergentes como son las celdas de combustibles y las baterías. Diversos trabajos están dedicados al desarrollo de métodos de síntesis para la obtención de nanopartículas con un adecuado control de tamaño, forma y dispersión [1]. En los últimos años, se han reportado comparativas sobre el efecto del método de síntesis en las propiedades catalíticas de nanopartículas metálicas. [2]. Lo anterior ha dejado al descubierto que es posible mejorar las propiedades de los materiales al modificar las condiciones de síntesis. En este trabajo se propone el uso del método del poliol asistido por calentamiento por microondas.

2. METODOLOGÍA

Primero se sintetizó el ZnO y luego a la mezcla obtenida se le agregó la sal precursora de cobre y se sometió de nuevo a calentamiento. Por último, se agregaron las sales de Ni y Co y se aplicó de nuevo un proceso de calentamiento. La solución resultante fue filtrada y lavada con abundante agua desionizada. El material fue caracterizado por difracción de rayos-x (DRX) y medición de espectroscopía de infrarrojo (FTIR). Además, se realizaron pruebas electroquímicas para determinar su actividad.

3. RESULTADOS

La medición por DRX reveló la coexistencia de varias fases debido al crecimiento del ZnO, el Cu y las especies de Ni. El tamaño de cristalita para el ZnO fue de 11.6 nm, mientras que para el Cu fue de 23 nm. La prueba de voltamperometría cíclica mostró el pico anódico y catódico relacionados con la transformación

del Ni a NiOOH. Lo anterior es de gran relevancia considerando que estas especies han sido reportadas como las responsables para llevar a cabo la oxidación de moléculas orgánicas en medio alcalino. Se pudo confirmar al agregar etanol al electrolito de NaOH, observando un incremento en la densidad de corriente la cual incrementa al agregar una mayor concentración de éste alcohol.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se demostró que el método de poliol asistida por calentamiento por microondas es una técnica versátil para poder fabricar nanoestructuras de ZnOCuNiCo. Por otra parte, las pruebas electroquímicas revelaron que el material obtenido presenta actividad electrocatalítica para la reacción de oxidación de etanol. Por lo tanto, se puede concluir que el material sintetizado puede abrir puerta a nuevas investigaciones sobre el uso de materiales que no contienen elementos nobles en la reacción de oxidación de etanol a temperatura ambiente.

5. REFERENCIAS

- [1] K. Mubeen et al., "Band structure tuning of ZnO/Cu composites for enhanced photocatalytic activity *Journal of Saudi Chemical Society*, vol. 27, no. 3, 101639, (2023).
- [2] D. Reartes, A. S. Fuentes, and H. J. J. A. e. C. e. Fasoli, "Preparación de electrocatalizadores de oro sobre tela de carbono para su uso en celdas de combustible *Avances en Ciencias e Ingeniería*, vol. 11, no. 2, pp. 1 (2020).

CAE-P08 Efecto del contenido de azufre y de fluoruro de polivinilideno sobre el comportamiento fisicoquímico y electroquímico de cátodos para baterías de litio-azufre

Presentación Póster

S.M. López Campos¹, A. Hernández Sánchez¹, H. Uribe Sierra¹, J.J. Alcaraz-Espinoza¹, I. González¹, G. Ramos-Sánchez^{2*}.

¹ Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, CDMX 09340, México.

² Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, CDMX 09340, México.

E-mail: stephaniemarisolcampos@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Las problemáticas que conlleva el funcionamiento óptimo de las baterías Li-S como lo son el cambio volumétrico en los procesos redox y la disolución de especies electroactivas (polisulfuros, PS) en el electrolito, han sido abordadas a través de propuestas como aglutinantes afines a PS, la utilización de electrolitos sólidos, la utilización de carbón con alta área superficial y/o funcionalizados para mejorar el contacto azufre-carbón. Estas estrategias implican una mayor complejidad en la preparación de los electrodos y número de pasos en su implementación. En este trabajo se busca disminuir las cantidades de electrolito que promueven la pérdida de PS mientras se optimiza la cantidad de material activo realizando variaciones en las proporciones masa de S/C y de electrolito para determinar con pruebas electroquímicas cuál proporción genera una mejor utilización de azufre. [1,2]

2. METODOLOGÍA

Se realizaron composites con diferentes proporciones de carbón Ketjen Black y azufre S/C (1:1, 2:1, 3:1) las cuales se procesaron en molino de bolas durante 1 h, posteriormente la mezcla de S/C se fundió a 155°C durante 15 horas con flujo de N₂.

Las cantidades de electrolito son propuestas bajo el método de optimización Simplex.

3. RESULTADOS

Durante la prueba de C-rate (Fig.1), la proporción que recupera más capacidad es la 2:1. La búsqueda de la proporción de electrolito optimizada para las celdas está detallada en la Tabla 1.

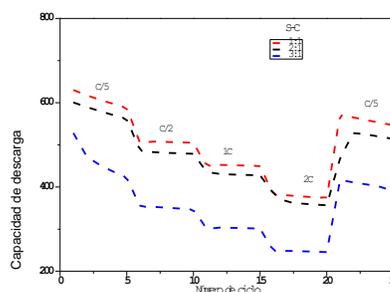


Ilustración 1. Prueba de C-Rate para las proporciones S/C. para ensambles en celdas tipo moneda 2032 ensambladas bajo la configuración Li | 1M LiTFSI in DOL: DME (1:1 v/v) con 1 m% LiNO₃ | CS:Csp:PVDF (80:10:10 m%)

Tabla 1. Proporción de electrolito respecto a la masa del composite de S/C.

	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3
Composición(mg)	70-15-15	80-10-10	90-5-5
Electrolito (µL)	5	10	20

4. CONCLUSIONES

La proporción 2:1 fue seleccionada como la proporción a optimizar junto con la proporción de electrolito debido a la menor pérdida de capacidad.

5. REFERENCIAS

- [1] Chung, S. H., & Manthiram, A (2018). *ACS Applied Materials & Interfaces* 10, 43749-43759
[2] Kuroda, Shintaro, et al (2003). *Journal of Power Sources* 119, 924-928

CAE-P09 Electrodeposited NiB films as a potential alkaline photoelectrocatalyst for solar-driven hydrogen evolution reaction

POSTER Presentation

J.R. López Montelongo,¹ V. Becerril-Estrada¹, Jorge Vazquez-Arenas², Rene H. Lara³, Noé Arjona¹, José de Jesús Pérez-Bueno¹, J.A. Díaz-Real¹, R. Ortega¹, A. Méndez-Albores⁴, G. Trejo^{1*}

¹ CIDETEQ S. C., Pedro Escobedo, Querétaro, C. P. 76703

² Centro Mexicano para la Producción más Limpia, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n, Col. La Laguna Ticomán, C.P. 07340, Ciudad de México, México

³ Departamento de Ciencia de Materiales, Facultad de Ciencias Química, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Av. Veterinaria S/N, Circuito Universitario, C.P. 34120, Durango, México

⁴ Departamento de Investigación en Zeolitas, Posgrado en Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria C.P. 72530, Puebla, México

E-mail: jlopez@cideteq.mx

1. INTRODUCTION

Hydrogen, with high energy density and eco-friendliness, is ideal for energy but needs greener production like water electrolysis, involving HER and OER [1]. Despite material advancements, using solar energy is challenging. This study explores NiB thin films with varying boron content on fluorine-doped tin oxide substrates as photoelectrocatalysts for HER in an alkaline medium, aiming to improve efficiency under sunlight.

2. METHODOLOGY

NiB films were electrodeposited on FTO substrates using a three-electrode cell with a Biologic SP-150 potentiostat. Deposition occurred at -0.73 V vs. RHE from electrolytes containing NiCl_2 , KCl, H_3BO_3 , and varying DMAB concentrations. SEM, AFM, XRD, GD-OES, and XPS were used to analyze the films. Photoelectrochemical measurements in 1M KOH used an LED solar simulator. Photoelectrocatalytic efficiency for HER was assessed via linear sweep voltammetry at 2 mV/s under illuminated and dark conditions.

3. RESULTS

The results show that boron content in NiB films induces p-type semiconductor properties. The Ni-(1.17 wt% B) electrode had the highest photopotential (10 mV), and Ni-(1.06 wt% B) showed the highest photocurrent for HER ($51.8 \mu\text{A}/\text{cm}^2$). Ni-(1.06 wt% B) also achieved the highest current density ($0.033 \text{ mA}/\text{cm}^2$) for HER under illumination.

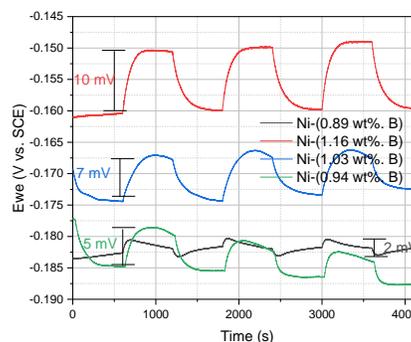


Figure 1: Comparison of Photopotential Response of Various NiB Films with Different Boron Contents

4. CONCLUSIONS

In this study, electrodeposited NiB films with varying boron contents onto FTO substrates were investigated. The Ni-(1.06 wt% B) film showed the highest activity for HER, with the best current density at -0.123 V vs. RHE and a photocurrent response of $51.8 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, indicating promising, low-cost photoelectrocatalyst potential.

5. REFERENCES

[1] Y. Kuang, M.J. Kenney, Y. Meng, W.-H. Hung, Y. Liu, J.E. Huang, R. Prasanna, P. Li, Y. Li, L. Wang, M.-C. Lin, M.D. McGehee, X. Sun, H. Dai, Solar-driven, highly sustained splitting of seawater into hydrogen and oxygen fuels, *Proc. Nat. Acad. Sci. Unit. State. Am.* 116 (14) (2019) 6624–6629, <https://doi.org/10.1073/pnas.1900556116>.

CAE-P10 Síntesis de materiales catódicos $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}\text{O}_2$ (NMC) con aplicaciones para baterías Ion-Li: Una introducción al escalamiento de procesos

Presentación Póster

A.F. Martínez Hernández^{1,2}, A.K. Villalba Valverde^{1,2}, J.Y. Zuñiga Loera^{1,2}, O. Ugalde Reyes^{1,2}, G. Ramos Sánchez^{1,2}.

¹Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc, Iztapalapa, 09340 Ciudad de México.

²Laboratorio nacional CONAHACYT de baterías ion litio y postlitio (BIL-DEMO).

E-mail: jqorlandougalde@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

A medida que nuestra sociedad avanza, nuestras necesidades energéticas crecen y evolucionan. En este contexto, los vehículos eléctricos emergen como una solución prometedora para reducir emisiones de carbono y mitigar el impacto ambiental. Los materiales catódicos son cruciales en la fabricación de baterías de alto rendimiento para vehículos eléctricos, ya que afectan directamente su capacidad, eficiencia y durabilidad. El método de coprecipitación por hidróxidos metálicos es el más eficiente y rentable para producir materiales de alta densidad energética [1]. Por lo tanto, este trabajo se enfoca en investigar la síntesis de materiales catódicos $\text{LiNi}_{0.8}\text{Mn}_{0.1}\text{Co}_{0.1}\text{O}_2$ (NMC 811), con el objetivo de obtener parámetros fundamentales que contribuyan al diseño y escalamiento del proceso.

2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución acuosa con sales metálicas en cantidades estequiométricas para producir hidróxidos metálicos $\text{Ni}_x\text{Mn}_y\text{Co}_{1-x-y}(\text{OH})_2$ mediante co-precipitación. Se utilizaron $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ y $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ como precursores. Se agregaron soluciones de NH_4OH y NaOH al reactor para alcanzar un pH alcalino (11). La reacción se mantuvo con agitación y calentamiento durante 18 horas. El producto se lavó, filtró y secó en una mufla a 80°C durante 24 horas. Luego, se mezcló con hidróxido de litio monohidratado y se pelletizó. Finalmente, se sintetizó a 900°C durante 18 horas para obtener el material catódico NMC.

3. RESULTADOS

Se sintetizaron hidróxidos metálicos mediante co-precipitación y se sometieron a tratamientos térmicos

para obtener materiales activos NMC, los cuales fueron caracterizados física y electroquímicamente. La caracterización permitió identificar parámetros clave para optimizar la síntesis de materiales catódicos NMC. A continuación, se presentan resultados de la caracterización por difracción de rayos X (DRX) de NMC 811, donde el espectro del material "S2 TT18h" muestra una gran similitud con el espectro de referencia comercial NMC 811 [2], en comparación con los demás materiales analizados.

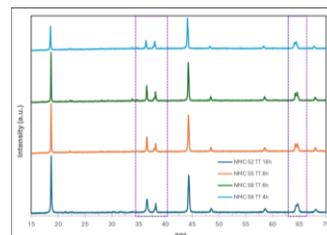


Figura 1. DRX de NMC811 con diversos tratamientos térmicos.

4. CONCLUSIONES

Experimentalmente, se determinó que mantener el pH cerca de 11 durante la co-precipitación optimiza la producción de hidróxidos metálicos $\text{Ni}_{0.8}\text{Mn}_{0.1}\text{Co}_{0.1}(\text{OH})_2$. La caracterización mostró que la temperatura y el tiempo del tratamiento térmico afectan significativamente la morfología y las propiedades electroquímicas del material catódico NMC, siendo 18 horas el tiempo óptimo.

5. REFERENCIAS

- [1] I. S. Farish, et al. Ni-rich lithium nickel manganese cobalt oxide cathode materials: A review on the synthesis methods and their electrochemical performances. *Helvion*, vol. 10, e23968, (2024).
- [2] A.S. Wijareni, et al. Morphology and Particle Size of a Synthesized NMC 811 Cathode Precursor with Mixed Hydroxide Precipitate and Nickel Sulfate as Nickel Sources and Comparison of Their Electrochemical Performances in an NMC 811 Lithium-Ion Battery. *Energies* 15, no. 16:5794, (2022).

CAE-P11 Baterías sustentables con materiales carbonosos derivados de sargazo, estudio de los procesos de intercalación en baterías de ion sodio.

Presentación Póster

G.J. Rojas Castillo¹, J.S. Mendoza Figueroa¹, G. Ramos Sánchez^{1*}, M.G. Vizcarra Mendoza.¹

¹ departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa

E-mail: jakelinrojas@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El uso de materiales carbonosos obtenidos de biomasa, específicamente "sargazo" del Caribe, en el desarrollo de baterías sostenibles es un tema de investigación emergente.

Las baterías de iones de sodio se consideran una alternativa prometedora debido a la abundancia y el bajo costo del sodio. En este contexto, el uso de biomasa como fuente de carbono, como el sargazo, presenta una oportunidad única para desarrollar materiales carbonosos sostenibles para su aplicación en estas baterías.

Se realizaron pruebas de batería soportados por estudios espectroscópicos in situ de los procesos de intercalación en materiales carbonosos derivados del sargazo y otras fuentes. Esto proporciona una comprensión detallada de las reacciones electroquímicas y los cambios estructurales que ocurren durante la carga y descarga de baterías de iones de sodio.

2. METODOLOGÍA

A partir de sargazo seco se procedió a realizar la pirólisis del material a distintas temperaturas y posteriormente se obtuvieron los espectros Raman de los diferentes materiales carbonosos. Dichos materiales fueron utilizados para fabricación de ánodos y se caracterizó su respuesta electroquímica, posteriormente se realizó un análisis Raman in situ de la celda electroquímica para observar la modificación del material carbonoso por efecto de intercalación de iones.

3. RESULTADOS

Se obtuvieron materiales carbonosos a partir de pirólisis a diferentes temperaturas, posteriormente se evaluaron por espectroscopia Raman para seleccionar la muestra con mayor relación de intensidad I_D/I_G . Se observó un buen rendimiento electroquímico de los

procesos de intercalación del material carbonoso de referencia, mientras que los materiales obtenidos de sargazo se encuentran actualmente bajo estudio electroquímico.

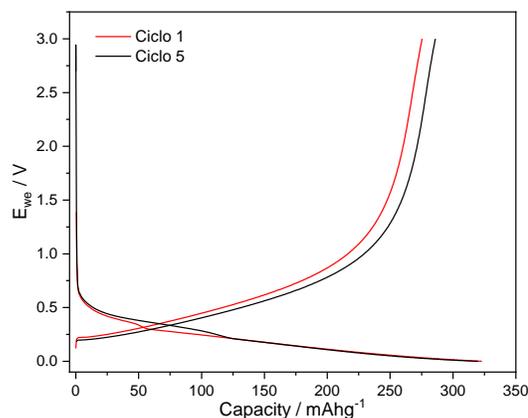


Figura 1. Perfil de carga y descarga obtenido para la celda HC: CSP: PVDF (90:5:5 m%) | 1M NaPF₆ (EC: EMC: DMC, 1:1:1 v/v) | Na⁰ a un C-Rate de C/5.

4. CONCLUSIONES

La caracterización del material carbonoso obtenido nos indica que tienen potencial para ánodos en baterías ion sodio. Los resultados de las pruebas electroquímicas alcanzan la capacidad esperada siendo cercana a la referencia.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Thompson, Q. Xia, Z. Hu and X.S. Zhao, Biomass-derived hard carbon materials for sodium-ion batteries, 5881-5905, (2021).
- [2] V.B. Mohan, et al., *Advance Materials Letters*, **7**, 421, (2016).

CAE-P12 Efecto del tipo de síntesis en el desempeño electroquímico de materiales base Ni, Co, Mn para aplicaciones de almacenamiento de energía en autos eléctricos.

Presentación Póster

E.L. Jiménez Cabañas¹, B. A. García-Carrillo², I. González-Martínez², O. Ugalde-Reyes², G. Ramos Sánchez¹.

¹Departamento de Procesos e Hidráulica (IPH), Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, C.P. 09340 Ciudad de México, México.

²Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, C.P. 09340 Ciudad de México, México.

* E-mail: eduardoiq45@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El aumento en el consumo energético también ha ocasionado un aumento considerable en el uso de combustibles fósiles. Debido a esto las fuentes de energía renovable han surgido como alternativa; sin embargo, estas presentan el desafío de la intermitencia, lo que ha impulsado el desarrollo de sistemas de almacenamiento, como las baterías de ion-litio (LIB's), que actualmente tienen un impacto en la electrificación de la industria automotriz. [1] [2]

Entre los distintos tipos de baterías que existen, las de NMC (Níquel, Manganeso, Cobalto) [2], poseen ventajas que permiten considerarlas como material catódico para la LIB's. No obstante se realizan investigaciones enfocadas en incrementar el rendimiento electroquímico (ciclabilidad, estabilidad y capacidad de descarga). Estas características se pueden modificar mediante el método de síntesis del material y el tipo de precursores que se utilizan. Esto permite controlar diversas propiedades, como el tamaño de partícula, la cristalinidad, la morfología, área superficial, etc. [3]

2. METODOLOGÍA

Se sintetizó el NMC en proporción (111) utilizando tres métodos de síntesis: en estado sólido, coprecipitación e hidrotérmal.

3. RESULTADOS

Los productos sintetizados se caracterizaron mediante difracción de rayos X para confirmar la obtención de la fase correspondiente al NMC comercial. Esta caracterización es esencial para determinar la obtención de la fase cristalina y encontrar fases o impurezas no deseadas (Figura.1)

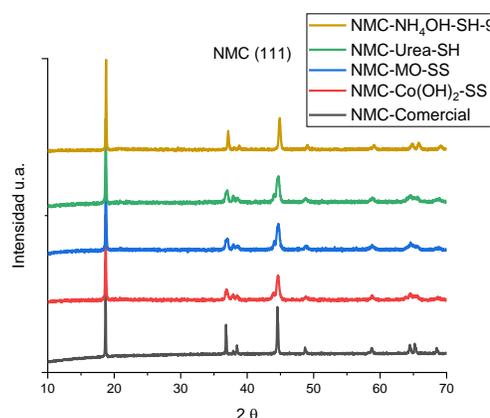


Fig.1 Patrones de difracción de rayos X de NMC en diferentes métodos de síntesis. *SS(Estado sólido), *SH(Síntesis Hidrotérmal).

4. CONCLUSIONES

La síntesis de materiales NMC (111) utilizando diferentes rutas de síntesis y precursores tiene un impacto significativo en las propiedades estructurales y en el rendimiento electroquímico (Retención de carga y capacidad específica).

5. REFERENCIAS

- [1] D. Castelveccchi, *Springer Nature Limited*, volumen 596, pag. 336, (2021).
- [2] M. Schulz-Mönnhoff, M. Neidhardt, M. Niero, *Journal of Cleaner Production*, volumen 382, (2023).
- [3] Monu Malik, Ka Ho Chan, Gisele Azimi, *Materials Today Energy*, volumen 28, (2022).

CAE-P13 Effect of Zr Doping on the Structural and Electrical Properties of $\text{BaCe}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_{3-\delta}$ Solid Electrolyte System

Presentación Póster

S.R. Arreazola-López¹, J.A. Díaz-Guillén¹, J.C. Díaz-Guillén², Y.A. Yeverino-Martínez¹, K.P. Padmasree^{3*}

¹Instituto Tecnológico de Saltillo, Saltillo 25280, Coahuila, México

²CONACYT-COMIMSA, Calle Ciencia y Tecnología 790, 25290 Saltillo, Coahuila, México

³CINVESTAV Saltillo, Av. Industria Metalúrgica 1062, 25900-Ramos Arizpe, Coahuila, México

E-mail: padmasree@cinvestav.edu.mx

1. INTRODUCTION

Solid oxide fuel cells (SOFCs) are high temperature energy conversion devices for the direct conversion of fuel into electricity with high efficiency [1]. SOFCs based on proton conducting solid electrolyte may be a possible alternative to overcome the stability issues with the high temperature SOFCs. Iwahara et.al. reported perovskite oxides based on BaCeO_3 exhibit high proton conductivity in the intermediate temperature range [2]. Though BaCeO_3 exhibits high proton conductivity it suffers from poor chemical stability under CO_2 and H_2O atmospheres which limits their practical applications. However, BaZrO_3 shows less ionic conductivity, but better chemical stability compared to BaCeO_3 . Therefore, one approach to attain both good conductivity with chemical stability is to substitute Ce with Zr in BaCeO_3 . In this work, mechanically activated solid state method was used for the synthesis of the solid solutions $\text{BaCe}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_{3-\delta}$ with $x = 0, 0.4, 0.6$ and 1 .

2. METHODOLOGY

The solid electrolyte materials $\text{BaCe}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_{3-\delta}$ with $x = 0, 0.4, 0.6$ and 1 have been prepared by mechanically activated solid state reaction. The stoichiometric amount of the oxides BaO , CeO_2 , ZrO_2 was weighed and milled together to promote mechanical activation. After that the milled powders were calcined at different temperatures to analyze structural evolution. X-ray diffraction is used to analyze the phase evolution on milling and heat treatment. The pellets were made and sintered at 1200 and 1500 °C and analyze morphology of the sintered pellets by scanning electron microscopy. The electrical properties of the sintered pellets were analyzed by using Solartron 1260 Frequency Response Analyzer in the frequency range of 100 - 1 MHz.

3. RESULTS

XRD patterns of the samples milled at different times up to 20 h suggest that mechanical milling process is not enough to synthesize this material. However, the 20 h milled sample after heat treated at 800 °C demonstrates the formation of the perovskite structure without any impurity phases. XRD patterns of the samples sintered at 1200 °C show the diffraction peaks shift towards higher angles with the substitution of Zr^{4+} , due to the small ionic size of Zr compared to Ce. SEM images of the samples sintered at 1200 °C show that the sample with $x = 0$ has the largest grain size. The average grain size decreases with increase in Zr concentration as $0.85, 0.43, 0.4$ and 0.45 μm for $x = 0, 0.4, 0.6$ and 1 , respectively. The impedance analysis shows both bulk and grain boundary resistance decrease, and conductivity increases with increase in temperature. Impedance spectra show that the total resistance is less for the sample with $x = 0$, compared to Zr substituted samples. Similarly, we can see grain boundary contribution to total resistance increases with Zr^{4+} substitution.

4. CONCLUSIONS

The $\text{BaCe}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_{3-\delta}$ samples were prepared by mechanically activated solid state reaction. Structural evolution on milling and thermal treatment were analyzed by XRD. SEM analysis shows well defined grains with remnant porosity. Impedance analysis shows the sample with $x = 0$ exhibits the highest total ionic conductivity compared to other samples.

5. REFERENCES

- [1] BCH. Steele, *Ceram Int*, **19**, 269, (1993).
- [2] H. Iwahara, *J. Electrochem. Soc.* **135**, 529, (1998).

CAE-P15 Depósito de $\text{Li}_x\text{M}_y\text{O}_z$ sobre aluminio y grafito sobre policarbonato por APPJ recuperados de baterías de Litio-Ion para su reuso como ánodo y cátodo

Presentación **Póster**

S. E. Salud Ordon¹, Z. Martínez López², J. J. Pérez Bueno^{1*}, A. X. Maldonado Pérez¹

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

² Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Ex Hacienda San Javier, Tolcayuca 1009, C. P. 43860 Tolcayuca, Hgo.

E-mail: jperez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El grafito se emplea como ánodo de las baterías de Litio-ion gracias a sus características clave, por ejemplo, tiene una estructura en capas que permite la intercalación de iones de Litio entre sus láminas. Esto significa que los iones de Litio pueden moverse dentro y fuera del grafito con facilidad durante los ciclos de carga y descarga de la batería [1].

Para mejorar la densidad de energía de las LIBs se ha investigado en el desarrollo de colectores de corriente compuestos de polímeros con algún recubrimiento metálico, Wu *et al.*, reportaron resultados de una lámina de un polímero recubierto con cobre, utilizando poliamida como sustrato gracias a sus excelentes propiedades mecánicas [2].

Por otro lado, metales como el Li, Ni, Co y Mn se utilizan para desarrollar materiales activos de cátodo para baterías de iones de Litio. Los problemas ambientales y de costos son los principales inconvenientes para desarrollar las LIBs a partir de LCO, NMC, LMO y LNO. Por tanto, el reciclaje es una de las soluciones para minimizar los problemas ambientales y también reducir el costo de las LIBs [3].

2. METODOLOGÍA

Se recibieron baterías de ion litio donadas por una empresa recicladora de material electrónico. Se descargaron en solución de cloruro de sodio 2M por 24 h. Las soluciones de los materiales activos del cátodo y del ánodo para depósitos se prepararon al 0.8% p/p en agua desionizada. El depósito se realizó con un equipo de plasma PlasmaJet®, en un sistema automatizado con brazo robótico Yasakawa®, que utiliza nitrógeno y oxígeno como gas para generar plasma. Se generó una niebla que arrastra las partículas con ayuda de un nebulizador. Este flujo se proyectó sobre el jet de plasma lo que causa una mejora en la cohesión y adherencia de las partículas sobre los sustratos poliméricos y metálicos.

3. RESULTADOS



4. CONCLUSIONES

- Se logró el depósito por APPJ de grafito recuperado de baterías Li-ion.
- Los depósitos son homogéneos y pueden colocarse en grandes áreas con el sistema automatizado.
- La pérdida del material de negro de humo con alta conductividad de los ánodos y cátodos de las baterías de Litio-ion tiene como consecuencia una alta resistencia del recubrimiento sobre policarbonato.
- Las pruebas electroquímicas confirman este efecto al observar un comportamiento capacitivo.
- Se logró el depósito por APPJ de $\text{Li}_x\text{M}_y\text{O}_z$ recuperado de baterías Li-ion.

5. REFERENCIAS

- [1] K. Chen, Y. Ding, L. Yang, Z. Wang, H. Yu, D. Fang, Y. Feng, *Resour Conserv Recycl*, vol. 201, (2024).
- [2] Z. Zhang, Y. Song, B. Zhang, L. Wang, and X. He, *Advanced Energy Materials*, vol. 13, no. 36. John Wiley and Sons Inc, (2023)
- [3] K. Jena, A. AlFantazi, D. S. Choi, K. Liao, and A. Mayyas, *Ind Eng Chem Res*, vol. 63, p. 3483, (2024).

CAE-P16 Electrooxidación de ácido fórmico empleando electrocatalizadores base Pd soportados en nanofibras de carbono con y sin funcionalización

Presentación Póster

K.I. Flores-Romero¹, A. Ezeta-Mejía^{1*}, L. Juárez-Marmolejo¹.

¹ Instituto Politécnico Nacional, ESQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, CDMX, México.

E-mail: aracieliezeta@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Las DAFCs representan una tecnología prometedora para la transición hacia un sistema energético más limpio [1]. Para conseguir un buen desempeño es necesario diseñar electrocatalizadores de Pd eficientes, selectivos y duraderos [2], de este modo, las NFC ofrecen propiedades importantes para su uso como electrocatalizadores en la electrooxidación de ácido fórmico [3]. En el presente trabajo fueron sintetizados electrocatalizadores Pd y PdFe soportados en NFC con y sin funcionalización para la evaluación de la Reacción de Electrooxidación de Ácido Fórmico.

2. METODOLOGÍA

Los electrocatalizadores de Pd y PdFe fueron sintetizados a partir del método químico de impregnación seguido de la reducción química con borohidruro de sodio, las nanopartículas fueron soportadas en nanofibras de carbono con y sin funcionalización. Se emplearon técnicas fisicoquímicas y electroquímicas para conocer propiedades como morfología, composición y tamaño de partícula, así como evaluar la actividad electrocatalítica.

3. RESULTADOS

Los voltamperogramas cíclicos experimentales obtenidos de los electrocatalizadores sintetizados (Figura 1) muestran que los electrocatalizadores Pd y PdFe soportados en NFCox presentan mejor actividad catalítica frente a la ROAF en comparación con los soportados en NFC, de este modo la funcionalización del soporte permite mejorar la actividad catalítica. Adicional, los resultados indicaron que el mejor electrocatalizador fue Pd soportado en NFCox.

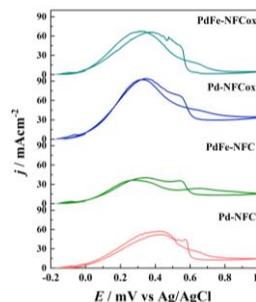


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos experimentales de los electrocatalizadores Pd y PdFe soportados en NFC y NFCox evaluadas en 0.5 M HClO_4 + 2.0 M HCOOH , $v = 100 \text{ mVs}^{-1}$.

4. CONCLUSIONES

La morfología de las NPs Pd y PdFe soportadas en NFC y NFCox fue de tipo aglomerado con tamaño de partícula de entre 3 – 4 nm. En términos de la evaluación de la ROAF en medio ácido, los resultados indicaron que Pd soportado en NFCox presenta la mejor actividad catalítica frente a la ROAF, así como la mejor densidad de corriente en estado estacionario a los 3 potenciales evaluados.

5. REFERENCIAS

- [1] Ruiz-Morales, J. C., Martínez, J. P., López, D. M. Coll, D. P., Coello, P. F. N., Pérez, B. B., Vázquez, J. C. y Gómez, R.P. Anales de Química de la RSEQ, (3), 22 30, (2006).
- [2] Hu, S., Munoz, F., Noborikawa, J., Haan, : Scudiero, L., y Ha, S. Applied Catalysis I Environmental, 180, 758–765, (2016).
- [3] Winter, F., Bezemer, G. L., van der Spek, C Meeldijk, J. D., van Dillen, A. J., Geus, J. W., y de Jon K. P. Carbon, 43(2), 327–332, (2005).

CAE-P17 Materiales a base de quitosano y ácidos orgánicos para su aplicación como aglomerantes en baterías de litio-azufre

Presentación Póster

A. Mayrén¹, J.J. Alcaraz-Espinoza¹, I. González¹ y G. Ramos-Sánchez²

¹Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Departamento de Química. Av. San Rafael Atlixco 186, 09340, Ciudad de México, México.

²Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica. Av. San Rafael Atlixco 186, 09340, Ciudad de México, México.

E-mail: alfonzomayren123@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Con respecto a la nueva generación de sistemas de almacenamiento de energía, destacan las baterías de litio-azufre debido a la importante abundancia natural de este último y a la alta capacidad teórica del sistema (1675 mAh/g). Sin embargo, antes de que esta tecnología alcance la madurez, es necesario resolver problemas como la disolución de especies de polisulfuros en el electrolito y la desintegración del cátodo a causa del fenómeno de contracción-expansión volumétrica en cada ciclo de carga-descarga [1].

En el presente trabajo, se diseñaron, sintetizaron y evaluaron distintos materiales a base de Quitosano y ácidos orgánicos para su evaluación como aglomerantes en celdas de Li-S.

2. METODOLOGÍA

Se realizó la determinación de adsorción de polisulfuros *ex-situ*, demostrando que existe una interacción importante entre los materiales propuestos y los polisulfuros de cadena larga como el S₆²⁻. Se realizaron pruebas mecánicas, así como distintas caracterizaciones electroquímicas para evaluar el desempeño de los aglomerantes en una celda de Li-S.

3. RESULTADOS

Los materiales sintetizados fueron caracterizados mediante difracción de rayos x (XRD) con la finalidad de monitorear la disminución de la cristalinidad en las distintas películas a base de Quitosano y ácidos orgánicos. También se realizó la prueba de polisulfuros (Fig. 1) para evaluar la afinidad de los materiales propuestos con estas especies químicas. Finalmente, se realizaron caracterizaciones electroquímicas como voltamperometría cíclica (CV), ciclado a distintas velocidades (C-Rate) y ciclado profundo para evaluar

el efecto de los aglomerantes propuestos en el desempeño global de la celda.

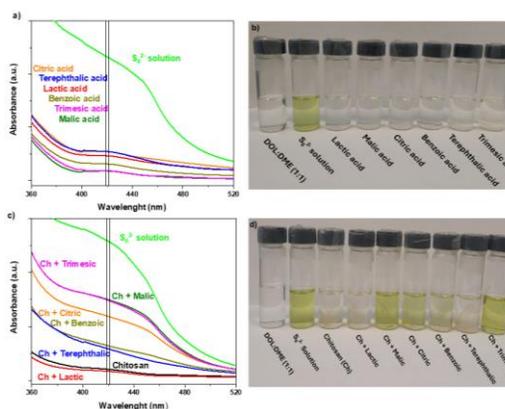


Figura 1. Prueba de capacidad de adsorción de polisulfuros.

4. CONCLUSIONES

Los materiales sintetizados a base de Quitosano y ácidos orgánicos presentan una importante capacidad de adsorción de polisulfuros, así como propiedades mecánicas que permiten soportar los cambios de volumen del sistema, por lo que resultan excelentes candidatos para su aplicación de baterías de litio-azufre.

5. REFERENCIAS

[1] J. Feng, *Journal of Energy Chemistry*, **56**, 171, (2021).

CAE-V01 Red neuronal artificial para la evaluación y optimización de la operación de un generador electroquímico de gas HHO (Hidrógeno-Oxígeno).

Presentación Virtual

D. Hernández-Ramírez^{1,2,*}, Víctor Estaban Reyes Cruz^{1*}, L.E. Rebolledo-Perales³, J.A. Cobos Murcia¹, G. A. Álvarez Romero¹, G. Urbano-Reyes¹, J.E. Terrazas-Rodríguez³

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo – Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Pachuca, Hidalgo, Mex.

²Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz, Área académica de Química, Nanchital, Veracruz, Mex.

³Universidad Veracruzana Campus Coatzacoalcos, Área Química, Coatzacoalcos, Veracruz, Mex.

E-mail: reyescruz16@yahoo.com; daniel.hernandez@utsv.edu.mx;

1. INTRODUCCIÓN

Reducir la dependencia de los combustibles fósiles, la generación de gas HHO (Hidrógeno-Oxígeno) se presenta como una alternativa energética de gran potencial [1]. Este gas es producido a través de celdas electroquímicas bipolares con electrodos metálicos. La alta estabilidad electroquímica de ánodos dimensionalmente estable (DSA) han impulsado este proceso para facilitar la producción de HHO. Las técnicas quimiométricas, mediante redes neuronales artificiales (RNA) pueden evaluar el incremento del rendimiento del gas HHO [2]. Sin embargo, antes de aplicar las redes neuronales con DSA se requiere implementarlo en la celda bipolar comercial. Es por ello que en este trabajo se aborda esta investigación.

2. METODOLOGÍA

El gas HHO se produce en una celda comercial con electrodos de acero inoxidable A304 y una solución de NaOH al 10% p/v.

El HHO producido se utiliza en las etapas de entrenamiento (70%) y prueba (30%) de la RNA; empujando la función de entrenamiento Levenberg-Marquardt con el software Matlab con el módulo específico de RNA. La optimización de la RNA se realizará mediante ensayo prueba-error hasta optimizar el número de neuronas artificiales en la capa oculta que permita maximizar el valor del coeficiente de correlación múltiple (R) y disminuir el error medio cuadrático (EMC).

3. RESULTADOS

Se determinó que el modelo perceptrón multicapa, empleó 4 neuronas artificiales en la capa oculta.

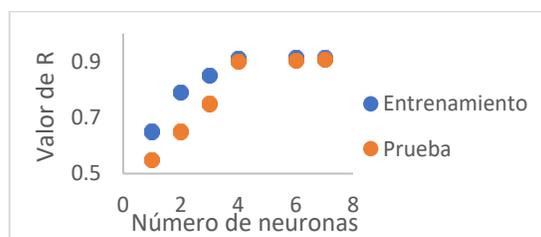


Figura 1. Valores de correlación múltiple en la etapa de entrenamiento y prueba.

El valor de R obtenido para la etapa de entrenamiento (R=0.91) y prueba (R=0.90). Además, se obtuvieron valores bajos de EMC, 0.01 (etapa de entrenamiento) y 0.023 (etapa de prueba). Estos valores indican que la RNA presentó un buen rendimiento para la evaluación de los datos experimentales.

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares obtenidos por la implementación de RNAs en el análisis de datos de producción de gas HHO mediante la celda comercial bipolar resultó ser eficiente para el procesamiento de las respuestas electroquímicas obtenidas con el uso de electrodos de acero inoxidable A304.

5. REFERENCIAS

- [1] A.R. Dória, I.M. Gonzaga, G.O. Santos, M. Pupo, D.C. Silva, R.S. Silva, & G.R. Salazar-Banda, *Chemical Engineering Journal*, 416, 129011, (2021).
- [2] M. Sabeghi, M. Moghiman, & D. Gandomzadeh, *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(24), 9117-9126 (2023).

CAE-V02 Nanopartículas de Fe₃O₄ depositadas en rGO y su aplicación como soporte de Pt para la electro-reducción de oxígeno en celdas de combustible

Presentación Virtual

A. Hernández-Ramírez¹, N. M. Sánchez-Padilla¹, R. Benavides¹, D. Morales-Acosta^{1*}

¹Centro de Investigación en Química Aplicada, Blvd. Enrique Reyna H. 140. San José de los Cerritos, Saltillo, Coahuila, México.

E-mail: diana.morales@ciqa.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las celdas de combustible PEM (polymer electrolyte membrane) son consideradas como una fuente potencial para obtener energía de manera sustentable [1]. Las investigaciones actuales continúan centrandose en el desarrollo de catalizadores de Pt más eficientes y con mayor durabilidad.

Los materiales a base de carbono (grafeno, nanotubos de carbono o carbón mesoporoso) están siendo estudiados como soportes del Pt, ya que cuentan con propiedades interesantes como elevada alta superficial y conductividad eléctrica [2]. El rGO-Fe₃O₄ es un material compuesto inorgánico que combina las características del óxido de grafeno reducido (rGO) y las propiedades de la magnetita (Fe₃O₄). La sinergia entre estos materiales y las NPs de Pt puede contribuir a disminuir las interacciones interlaminares del rGO, y mantener las propiedades electroquímicas del Pt.

2. METODOLOGÍA

El óxido de grafeno (GO) se sintetizó por el método de Hummers [3] y las nanopartículas de Fe₃O₄ por el método de coprecipitación. El catalizador Pt/rGO-Fe₃O₄ (20% Pt) fue obtenido mediante la reducción del precursor de platino (H₂PtCl₆•H₂O) y el GO con NaBH₄ en presencia de Fe₃O₄. Con fines de comparación se obtuvo Pt/rGO bajo las mismas condiciones experimentales. Los materiales se caracterizaron mediante DRX, TGA, TEM y FTIR. Se estudió la actividad electrocatalítica de Pt/rGO y Pt/rGO-Fe₃O₄ para la RRO en medio ácido empleando la técnica de voltamperometría cíclica con disco rotatorio en una celda convencional de tres electrodos.

3. RESULTADOS

Nanopartículas de Pt con un tamaño promedio de 4-5 nm fueron soportadas en un compuesto de rGO-Fe₃O₄. Los resultados de DRX confirmaron la

reducción parcial del GO y las distancias interplanares calculadas para el catalizador Pt/rGO-Fe₃O₄ confirmaron que la magnetita evitó en cierto grado el apilamiento de las láminas del rGO.

La evaluación electrocatalítica demostró que la RRO sobre la superficie de Pt/rGO-Fe₃O₄ se lleva a cabo mediante un mecanismo de transferencia de 4 electrones. El soporte rGO-Fe₃O₄ aumenta la actividad catalítica específica del Pt a potenciales mayores a 0.84 V (vs. RHE), lo que puede atribuirse a la modificación electrónica del Pt por la magnetita además de su alta superficie electroquímica específica (27 m² g⁻¹Pt). Las pruebas de selectividad del catalizador muestran alta tolerancia al metanol.

Tabla 1. Parámetros cinéticos y electroquímicos.

Catalizador	E _{onset} (V vs. RHE)	j _d (mA cm ⁻¹)	i _s (A cm ⁻² Pt)
Pt/rGO	0.85	3.5	3.48 x 10 ⁻⁶
Pt/rGO-Fe ₃ O ₄	0.91	4.4	4.74 x 10 ⁻⁶

4. CONCLUSIONES

El catalizador Pt/rGO-Fe₃O₄ demuestra una mejora en la actividad catalítica para la ORR en comparación con Pt/rGO; esto debido las interacciones sinérgicas entre el rGO y Fe₃O₄ y como resultado del efecto de no apilamiento de las capas de rGO.

5. REFERENCIAS

- [1] A. B. Stamboulli, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **15**, 4507, (2011).
- [2] W. Niu, D. Wang, G. Yang, J. Sun, M. Wu, Y. Yoneyman, N. Tsubaki. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*. **87**, 1124, (2014).
- [3] D. Morales-Acosta, J. D. Flores-Oyervides, J. A. Rodríguez-González, N. M. Sánchez-Padilla, R. Benavides, S. Fernández-Tavizón, J. A. Mercado-Silva. *International Journal of Hydrogen Energy*. **44**, 12356, (2019).

CAE-V03 Electrolitos biopoliméricos dopados con nanodiamantes para mejorar el rendimiento en baterías de zinc-aire.

Presentación Virtual

J. Vallejo-Jurado¹, M. Bósquez-Cáceres^{1,2}, V. Morera¹, L. Álvarez-Contreras³, J. P. Tafur^{1,4*}

¹School of Chemical Sciences and Engineering, Yachay Tech University, Urcuquí 100119, Ecuador

²School of Physical Sciences and Nanotechnology, Yachay Tech University, Urcuquí 100119, Ecuador

³Centro de Investigación en Materiales Avanzados S. C., Complejo Industrial Chihuahua, 31136, México

⁴Departamento de Ingeniería Mecánica, Química y Diseño Industrial, Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial, Universidad Politécnica de Madrid, Ronda de Valencia 3, 28012 Madrid, España

E-mail: jp.tafur@upm.es

1. INTRODUCCIÓN

Varios biopolímeros como el almidón, el quitosano, el colágeno y la celulosa se han descrito como biomateriales adecuados para el desarrollo de hidrogeles con potencial aplicación para el almacenamiento de energía [1]. Los nanocompuestos pueden establecer regiones de carga espacial, inducir campos eléctricos locales y mejorar la amorfosidad, consiguiendo así una mayor conductividad iónica al minimizar los impedimentos al paso de los iones [2]. Los nanodiamantes (NDs) surgen como una opción prometedora, aprovechando sus propiedades mecánicas y térmicas superiores, su rica química superficial y su biocompatibilidad, lo que los convierte en un excelente material de relleno para composites [3]. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el impacto electroquímico y estructural de los NDs en el rendimiento de los hidrogeles cuando se aplican como electrolitos para dispositivos de almacenamiento de energía.

2. METODOLOGÍA

Se realizaron 5 ciclos de congelación-descongelación junto con un paso de liofilización tal como lo reportan M. Bósquez-Cáceres, et al. [2]. Lo novedoso de este trabajo se encuentra en la incorporación de nanodiamantes en el paso inicial para formar la solución CMC-CS. Los hidrogeles formados se denominaron como 2%NDs, 1,5%NDs, 1%NDs y 0,5%NDs. Un conjunto de membranas se sumergió en una solución de KOH 12 M durante 48 h para realizar pruebas de caracterización.

3. RESULTADOS

Las pruebas electroquímicas revelaron que añadir nanopartículas de diamante mejoraba la conductividad iónica. Se obtuvieron resultados óptimos entre el 0,5% y el 1,5% en peso, observándose la mayor conductividad iónica con un 1% en peso de NDs.

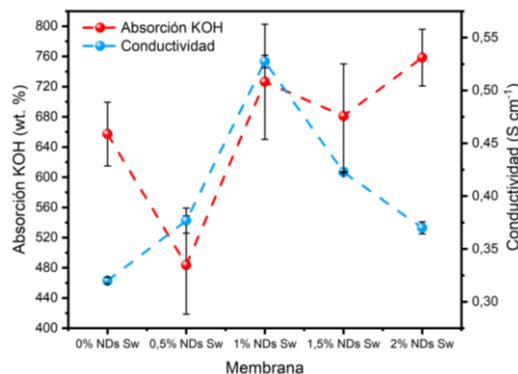


Figura 1. Comparación de los valores de conductividad iónica y el grado de hinchamiento de las membranas de CMC-CS Sw a diferentes porcentajes de NDs.

4. CONCLUSIONES

La conductividad iónica aumentó con la adición de nanopartículas de diamante, obteniéndose los mejores valores para las membranas con 0,5% en peso, 1% en peso y 1,5% en peso de NDs. A partir del 2wt% de NDs se observa un efecto negativo sobre la conductividad y la integridad de la membrana. Tanto la conductividad iónica como la estabilidad electroquímica, se atribuyen a una baja dispersión y acumulación de NDs dificultando el paso de iones y la generación de zonas débiles comprometiendo la estabilidad. El mejor resultado se observó en la membrana sintetizada con un 1wt% de nanopartículas e hidratada con KOH, alcanzando una conductividad iónica de 0,53 S cm⁻¹.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Cruz-Balaz, et al. *Journal of Polymer Research*, **30**, 189, (2023).
- [2] M. Bósquez-Cáceres, et al. *Journal of The Electrochemical Society*, **170**, 060502, (2023).
- [3] T. Petit, & L. Puskar. *Diamond and Related Materials*, **89**, 52, (2018).

CAE-V04 Electrolito polimérico sólido a base de un sistema PEO/PVDF/Mg(ClO₄)₂-[EMIM][ESO₄] para baterías recargables de iones de magnesio

Presentación Virtual

J. Guzmán-Torres¹, E. González-Juárez¹, E. Sánchez-Cervantes¹

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Av. Universidad S/N Ciudad
Universitaria, San Nicolas de los Garza, C.P. 66451, Nuevo León, México.

[E-mail: jesusgt_089@hotmail.com](mailto:jesusgt_089@hotmail.com)

1. INTRODUCCIÓN

Se han estudiado las membranas de electrolitos de polímero sólido (SPE) a base de magnesio para determinar su posible aplicación en baterías de estado sólido de magnesio [1]. Sin embargo, SPE tienen baja conductividad, por lo tanto, es necesario llevar a cabo diversas estrategias para incrementar la movilidad de iones. El uso de sistemas combinados a base de polímeros, líquidos iónicos y disolventes tales como ésteres de carbono (etileno, propileno o dietileno) [2] muestran excelentes propiedades para su aplicación en baterías. Por lo tanto, el propósito de este trabajo fue preparar membranas SPE en las que se seleccionó la sal Mg(ClO₄)₂ como proveedor de iones Mg²⁺, para comprender el efecto de agregar líquido iónico [EMIM][ESO₄] dentro del electrolito basado en SPE, evaluando su rendimiento electroquímico en la aplicación de baterías de magnesio.

2. METODOLOGÍA

Se prepararon membranas de electrolito de polímero sólido (SPE) utilizando la técnica de fundición en solución mezclando óxido de polietileno/sistema ternario de fluoruro de polivinilideno/perclorato de magnesio (PEO/PVDF/Mg(ClO₄)₂) con concentraciones de 10, 20, 30, y 40 % peso del líquido iónico (IL) etilsulfato de 1-etil-3-metilimidazolio [EMIM][ESO₄]

3. RESULTADOS

La membrana SPE de SPE:IL (60:40 % en peso) mostró propiedades electroquímicas para su aplicación potencial en baterías recargables. Baterías de iones de magnesio (MIB), mostraron una buena conductividad a temperatura ambiente ($\sim 5,4 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$) y alto contenido de iones de Mg²⁺ ($t_{\text{Mg}^{2+}} \sim 0,34$). Los resultados por difracción de rayos X (DRX) revelaron una estructura amorfa, lo que favoreció la difusión de iones Mg²⁺ dentro de la estructura SPE. La figura 1

muestra las pruebas CV a una velocidad de exploración de 5 mV s⁻¹. No se observaron picos redox en la celda SS||SPE:IL (60:40 % en peso)||SS, en contraste con la celda Mg||SPE:IL (60:40 % en peso)||Mg, que exhibió picos redox reversibles. Esto confirma la transferencia de iones Mg²⁺ en la interfaz electrolito/electrodo

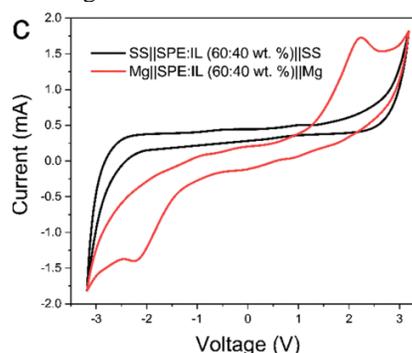


Figura 1. Voltamperometría cíclica de SPE

4. CONCLUSIONES

Fue posible preparar y caracterizar membranas basadas en PEO/PVDF/Mg(ClO₄)₂-[EMIM][ESO₄]. DRX revelaron una estructura amorfa, lo que favoreció la difusión de iones Mg²⁺ dentro de la estructura SPE. Las pruebas electroquímicas mostraron los eventos de óxido-reducción que muestran su posible aplicación en baterías de magnesio.

5. REFERENCIAS

- [1] P. Bumjun, J. L.Schaefer. *J Electrochem Soc* 167:07054 (2020).
- [2] R. Singh, S. Janakiraman, A. Agrawal, S. Ghosh, A. Venimadhav, K. Biswas *J Electroanal Chem* 858:113788 (2019).

CAE-V05 Evaluación del efecto de la temperatura de sinterizado en la actividad catalítica en electrodos porosos de níquel y cromo

Presentación Virtual

M. Velasco Plascencia^{1*}, M. Andrade Ávila¹, J.C. Villalobos Brito¹, L.R. Olmos Navarrete², H.J. Vergara Hernández¹, O. Vázquez Gómez¹,

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, 58120, Morelia, Mich., México.

²Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, 58060, Morelia, Mich., México.

E-mail: melina.vp@morelia.tecnm.mx

1. INTRODUCCIÓN

El hidrógeno es una molécula de interés para la transición a energías renovables [1], siendo la electrolisis alcalina del agua uno de los métodos más atractivos para su obtención. Los elementos que han mostrado una mayor actividad catalítica en la reacción de evolución de hidrógeno son los elementos del grupo de platino, sin embargo, el alto costo y su poca disponibilidad han derivado en el estudio de otros elementos con potencial de aplicación como el níquel y sus aleaciones [2]. El presente trabajo evalúa la actividad catalítica de electrodos de níquel y cromo (NiCr) obtenidos por metalurgia de polvos.

2. METODOLOGÍA

Los electrodos fueron obtenidos vía metalurgia de polvos sinterizados a las temperaturas de 800, 1000 y 1200 °C para obtener distintos grados de porosidad. Se realizó espectroscopia de impedancia electroquímica para determinar el factor de rugosidad y fue comparado con las microscopías ópticas. La actividad catalítica se evaluó mediante las curvas de polarización catódica para determinar la energía de activación asociada a la reacción de evolución de hidrógeno.

3. RESULTADOS

Tres electrodos fueron obtenidos, NiCr-a, NiCr-b, NiCr-c sinterizados a una temperatura de 800, 1000 y 1200 °C, respectivamente. Las micrografías muestran que la superficie de los electrodos se conforma por partículas de cromo embebidas en una matriz porosa de níquel. Además, se observa que con el aumento de la temperatura la cantidad de poros disminuye y el tamaño de estos aumenta, siendo el electrodo NiCr-a el que presenta una mayor cantidad de poros pequeños. Los resultados de las pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica fueron ajustados con un

circuito electrónico equivalente de dos constantes de tiempo en paralelo, determinando que el mayor factor de rugosidad lo presenta el electrodo de NiCr-a.

Las energías de activación para la reacción de evolución de hidrógeno se presentan en la tabla 1, donde el electrodo que había mostrado una mayor porosidad también está mostrando una mayor energía de activación.

Tabla 1. Energía de activación de los electrodos

Electrodo	NiCr-a	NiCr-b	NiCr-c
Energía de activación (kJ/mol)	46.36	29.21	35.56

4. CONCLUSIONES

Las micrografías ópticas muestran que a mayor temperatura hay una pérdida significativa de la porosidad, lo que coincide con las pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica, sin embargo, la energía de activación también se ve afectada, mostrando que el electrodo sinterizado a 1000 °C es el que presenta el menor valor de energía de activación.

5. REFERENCIAS

- [1] B. Zhang, S.-X. Zhang, R. Yao, Y.-H. Wu, J.-S. Qiu, *J. Electron. Sci. Technol.*, **19**, p. 100080, (2021).
- [2] I. Herraiz-Cardona, C. González-Buch, C. Valero-Vidal, E. Ortega, V. Pérez-Herranz, *J. Power Sources*, **240**, p. 698, (2013).

CAE-V06 Análisis de la reacción de oxidación de metanol sobre nanopartículas de platino mediante potenciales de inversión

Presentación Virtual

N. Roque De la O, S. I. Rivera Hernández, C. O. Hernández Chávez, S. Corona Avendaño, M. E. Palomar-Pardavé, G. Vázquez Huerta *.

Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana

E-mail: gvh@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Dado que la electrooxidación de metanol es un proceso lento es necesario el uso de catalizadores siendo el Pt el material más idóneo. Uno de los problemas que limita su uso es el envenenamiento por CO que limita su actividad catalítica. Un voltamperograma típico de la oxidación de metanol sobre nanopartículas de Pt soportadas en carbón Vulcan Pt/C muestra dos picos de oxidación característicos, uno durante el barrido de potencial de ida (pico I) y otro en el de regreso (pico II). De acuerdo con la literatura diversos autores han reportado que la tolerancia al envenenamiento por CO_{ads} de un catalizador puede ser evaluada por la razón entre la j_{max} del j_{II} y la j_{max} de j_{I} ($j_{\text{II}}/j_{\text{I}}$) [1], estableciendo que valores bajos de esta relación indicarían que las especies intermediarias CO_{ads} no se están oxidando lo que produce la desactivación del catalizador. En el presente estudio se investiga este criterio.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanopartículas de Pt a través del método coloidal, el cual consiste en calentar 200 ml de una solución 0.125 mM $\text{Na}_2\text{PtCl}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ manteniendo agitación constante, una vez alcanzada la temperatura de 90°C, se agregaron 1.54 mL de una solución 0.1 M citrato trisódico ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$) como agente reductor, posteriormente estas fueron soportadas en carbón Vulcan y utilizadas como electrodo de trabajo (NPs Pt/C). La caracterización por voltamperometría cíclica se llevó a cabo en una solución 0.5 M de H_2SO_4 + 0.5 M de metanol, en una ventana de potencial de -0.2 a 0.75 V y se amplió 0.05 V para cada ciclo hasta un valor de 1.4 V vs SCE, a una velocidad de barrido de 0.05 Vs^{-1} .

3. RESULTADOS

La figura 1 muestra la familia de voltamperogramas correspondiente a las NPs de Pt/C, en una solución 0.5 M de H_2SO_4 + 0.5 M de metanol.

Durante el barrido de ida, la densidad de corriente máxima se alcanza aproximadamente en 0.65 V (j_{I}) y permanece casi constante conforme se abre la ventana de potencial, al invertir el barrido de potencial se observa la formación del pico j_{II} el cual es función del límite de potencial anódico.

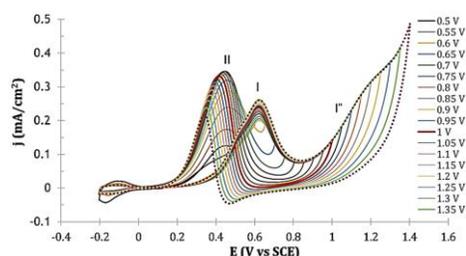


Figura 1. Familia de voltamperogramas de la oxidación de metanol sobre nanopartículas Pt/C en una ventana de potencial inicial de -0.2 a 0.5 V hasta una ventana de -0.2 a 1.4 V vs SCE, a una velocidad de 0.05 Vs^{-1} , en 0.5 M de H_2SO_4 + 0.5 M de metanol.

4. CONCLUSIONES

El estudio de oxidación de metanol sobre Pt/C muestra que conforme se amplía la ventana de potencial la j_{I} permanece casi constante, sin embargo, la j_{II} depende del límite anódico. Por lo cual el criterio $j_{\text{I}}/j_{\text{II}}$, no debe utilizarse sin indicar el valor del límite de potencial anódico, ya que puede dar resultados contradictorios resultando que puede ser tolerante o intolerante al envenenamiento, dependiendo de si el límite anódico es mayor o menor de 1.1 V.

5. REFERENCIAS

[1] T. Huang, R. Jiang, D. Zhang, J. Zhuang, W. Cai and A. Yu, AC impedance investigation of plating potentials on the catalytic activities of Pt nanocatalysts for methanol electrooxidation, *Journal of Solid State Electrochemistry*, **14**, 101. (2009) .

CAE-V07 Electrodo Mg-Ni reducido con grafeno para almacenamiento de energía mediante aleado mecánico

Presentación Oral

C.G.Nava-Dino^{1*}, M.C. Maldonado-Orozco¹, R. Narro-García¹, J.P. Flores de los Ríos², R. Bernal-Gomez³, G.Vazquez-Olvera³, J.M.S Aceves⁴,

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ingeniería, Circuito No. 1., Campus Universitario 2. Chihuahua, Chih., C.P. 31125, México.

²Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Chihuahua, Av. Tecnológico 2909, Chihuahua 31130, México.

³Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C (CIMAV), Miguel de Cervantes No. 120, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua 31136, México.

⁴Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Manuel Díaz H. No. 518-B Zona Pronaf Condominio, 32315 Juárez, Chih. México.

*E-mail: ndino@uach.mx

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad del desarrollo de nuevas y mejores aleaciones para el almacenamiento de energía es un tema de gran importancia en nuestros días. El uso de telefonía móvil, aplicaciones estacionarias es crucial para sistemas de almacenamiento de energía [1]. Para buscar un mejor rendimiento en carga y descarga. Los Supercapacitores (SCs), generan larga duración y gran capacitancia [2]. El electrolito a utilizar es una parte trascendental en el debate de conformar las piezas para que un diseño de batería o almacenamiento de la misma sea óptimo. En algunos casos, el electrolito determina la capacidad de ejecución del dispositivo en cuestión [3]. En la parte activa del material, se ha encontrado que el Grafeno en sus diversas variantes, como GO (Oxido de Grafeno) ha favorecido al desarrollo óptimo de los resultados en las pruebas electroquímicas efectuadas [4].

2. METODOLOGÍA

Mediante Aleado Mecánico se desarrollo la mezcla de Acetato de Magnesio y Nitrato de Niquel con GO en distintos tiempos de molienda 15 min, 30 min, 1hr y 2 hr. En un molino SPEX 8000M. Posteriormente, se efectuó un tratamiento térmico a los polvos y se realizaron las pruebas electroquímicas de curvas de polarización y voltametría en un equipo Metrohm Drop Sens.

3. RESULTADOS

En el comportamiento electroquímico de las muestras se observa, que es favorecido con la adición del Grafeno, ya que muestra estabilidad en los ciclos. Agradecemos a Metrohm México y Graphenemex por el apoyo a este proyecto

4. REFERENCIAS

- [1] C. Glaize, S. Genies, *Lithium Batteries and other Electrochemical Storage Systems*, 3, Wiley, UK, (2013).
- [2] Yushuai Yao, Yi Yu, Liu Wan, Cheng Du, Yan Zhang, Jian Chen, Mingjiang Xie, Structurally-stable Mg-Co-Ni LDH grown on reduced graphene by ball-milling and ion-exchange for highly-stable asymmetric supercapacitor, *Journal of Colloid and Interface Science* **649**, 519, (2023).
- [3] T.S. Bhat, P.S. Patil, R.B. Rakhi, Recent trends in electrolytes for supercapacitors, *Journal of Energy Storage*, **Volume 50**, 104222, (2022).
- [4] Fei Liu, a Yuyun Chen, b Ying Liu, a Jianchun Bao, a Min Han, a and Zhihui Dai, Integrating ultrathin and modified NiCoAl-layered double hydroxide nanosheets with N-doped reduced graphene oxide for high-performance all-solid-state supercapacitors, *Nanoscale* **Volume 20**, 9896, (2019).

CAE-V08 Caracterización del electrolizador de membrana de intercambio protónico en la producción de hidrógeno.

Presentación Virtual

F. E. Quintero Vich¹, A. R. Calzada Hernández¹, J. R. Espinosa Lumbreras², J. N. Pérez Viramontes^{1*}
¹Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato,
C. P. 36275. México.

² Unidad Académica de Ingeniería I, Maestría en Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Universidad
Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zacatecas, C. P. 98000, México.

E-mail: njperez@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El hidrógeno verde se propone como una alternativa limpia para la descarbonización de industrias, especialmente en el sector del transporte. Éste puede ser obtenido a partir de la electrólisis del agua, proceso en el cual se consume un exceso de energía, motivo por el cual es necesario optimizar las condiciones de operación de estos dispositivos. El presente proyecto se centró en la evaluación de desempeño de una celda electrolítica tipo PEM, empleando (IrO_2 y RuO_2) como ánodo y Pt/C en el cátodo y Nafion 117 como electrolito.

2. METODOLOGÍA

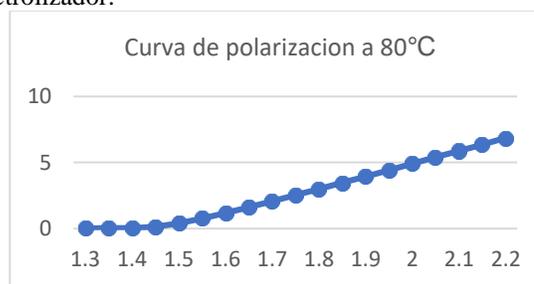
Se empleó un electrolizador de un área de 9 cm^2 , utilizando Nafion 117 como electrolito, IrO_2 o RuO_2 (sintetizados por descomposición térmica simple) con una carga catalítica de 2 mg cm^{-2} y como ánodo y Pt/C con una carga catalítica de 0.2 mg cm^{-2} en el cátodo. Las condiciones de operación varían en términos de temperatura ($20 \text{ }^\circ\text{C}$, $40 \text{ }^\circ\text{C}$, $60 \text{ }^\circ\text{C}$ y $80 \text{ }^\circ\text{C}$) y con un caudal de agua desionizada de 30 mLmin^{-1} .

Las curvas de polarización se construyeron, utilizando una fuente de poder Hanmatek programada para aplicar voltajes entre 1.4 V y 2 V y se midió la respuesta de corriente.

3. RESULTADOS

Los resultados muestran que la eficiencia farádica del electrolizador a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ oscila entre 60% y 70% , debido a la menor actividad catalítica y a la mayor resistencia interna del sistema a esta temperatura. A medida que la temperatura aumenta, la conductividad iónica del Nafion 117 mejora, al igual que la actividad catalítica de IrO_2 y Pt/C, resultando en mayores eficiencias farádicas[1,]. A $80 \text{ }^\circ\text{C}$, se observa la máxima eficiencia del electrolizador, con una densidad

de corriente más alta. Estos resultados sugieren que la optimización de las condiciones de operación puede mejorar significativamente el rendimiento del electrolizador.



Grafica 1. La curva de polarización muestra el voltaje dado a la celda contra la corriente que demanda esta misma.

4. CONCLUSIONES

La caracterización del electrolizador PEM bajo diversas condiciones de temperatura y flujo de agua permite identificar las condiciones óptimas de operación. A $30 \text{ }^\circ\text{C}$, la eficiencia es menor debido a la alta resistencia interna y menor actividad catalítica, mientras que a $80 \text{ }^\circ\text{C}$ se alcanza la máxima eficiencia. La conductividad iónica del Nafion 117 y la actividad catalítica del RuO_2 , IrO_2 y Pt/C son factores clave que mejoran con el incremento de la temperatura.

5. REFERENCIAS

[1].Hernández-Gómez, Á., Ramirez, V., & Guilbert, D. (2020). Investigation of PEM electrolyzer modeling: Electrical domain, efficiency, and specific energy consumption. International Journal Of Hydrogen Energy, 45(29), 14625-14639.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.03.195>

CAE-V09 Simulación 3D de un electrolizador tipo PEM

Presentación Virtual

L. E. Zamarrón Hernández¹, A. R. Calzada-Hernández¹, J. Pineda Delgado², N. Pérez Viramontes^{1*}

¹Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato, México. C. P. 36275

²UTEC - Universidad Tecnológica, Durazno, Durazno, Uruguay, C.P. 97000

E-mail: njperez@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de viajes aéreos y las preocupaciones sobre el cambio climático han impulsado la búsqueda de soluciones sostenibles. El hidrógeno surge como una alternativa prometedora a los combustibles fósiles, con el potencial de descarbonizar la industria de la aviación y promover vuelos sin emisiones.

2. METODOLOGÍA

El proyecto se centra en comparar el rendimiento de un electrolizador de membrana de intercambio de protones (PEM) en condiciones reales y simuladas. Se utilizan los siguientes métodos:

- **Operación Real del Electrolizador PEM:** Se conecta un electrolizador PEM existente a una fuente de poder. Una bomba peristáltica suministra agua destilada a 30 ml/min, mantenida a temperaturas de 20 a 80 °C.
- **Diseño Digital del Electrolizador:** Se utiliza SolidWorks 2021 para modelar la celda de electrólisis.
- **Simulación en COMSOL Multiphysics:** Consideraciones para la simulación incluyen la densidad del gas, la interacción entre arrastre viscoso y fuerzas de presión, y un campo de presión uniforme.

3. RESULTADOS

Las pruebas experimentales utilizando Nafion 117 como electrolito, IrO₂ como ánodo y Pt/C como cátodo, revelaron una disminución de la sobretensión en el proceso de electrólisis con el aumento de la temperatura. Los datos obtenidos permitieron identificar parámetros optimizables para reducir las pérdidas óhmicas.

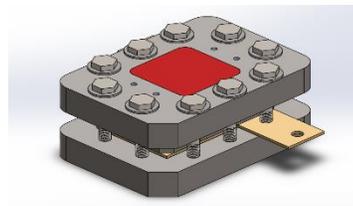


Ilustración 1. Electrolizador PEM en SolidWorks

4. CONCLUSIONES

Este estudio valida la efectividad de utilizar simulaciones para optimizar el diseño de electrolizadores PEM antes de su construcción, mejorando así la eficiencia del proceso y reduciendo la inversión de recursos. La investigación subraya la importancia de la innovación tecnológica en la industria aeronáutica para abordar los desafíos ambientales sin comprometer el progreso.

5. REFERENCIAS

- Hernández-Gómez, Á., Ramirez, V., & Guilbert, D. (2020). Investigation of PEM electrolyzer modeling: Electrical domain, efficiency, and specific energy consumption. *International Journal Of Hydrogen Energy*, 45(29), 14625-14639. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.03.195>
- Dickinson, E. J., Ekström, H., & Fontes, E. (2014). COMSOL Multiphysics®: Finite element software for electrochemical analysis. A mini-review. *Electrochemistry Communications*, 40, 71-74. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2013.12.020>



Corrosión y Tratamiento de Superficies (CTS)



CTS-O01 Efecto de las propiedades fisicoquímicas en suelos arenosos sobre el proceso de corrosión en aceros

Presentación Oral

J.A. Delgado Quej¹, V. de la Cruz Muñoz¹, F.A. Balan Novelo, J.L. Alamilla², L.M. Quej Ake^{2*}

¹Instituto Tecnológico de Campeche, Carretera Campeche-Escárcega km. 9, Lerma, Campeche, México.

²Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, Col. San Bartolo Atepehuacan, C.P. 07730, CDMX, México.

E-mail: juan.dq@campeche.tecnm.mx, lquej@imp.mx

1. INTRODUCCIÓN

Una manera de atender un problema adicional de la corrosión en varillas usadas en la construcción de hogares y edificios de tipo turístico, industrial, o de negocios [1], en este trabajo, se presentan estudios fisicoquímicos obtenidos en arenas de la ciudad de Campeche y en la CDMX, las que son usadas como agregados en la elaboración del concreto. Se llevaron a cabo pruebas de corrosión en el acero 1018 y en la varilla comúnmente utilizada en la industria de la construcción de la CDMX, usando como electrolito de prueba, las arenas. Los resultados fisicoquímicos y electroquímicos, sugieren que, la arena de playa fue más corrosiva que la arena de mina en ambos aceros, siendo 1018 el acero más susceptible a la corrosión en presencia de la arena de playa cuya velocidad de corrosión fue de alrededor de 0.062 mm/año.

2. METODOLOGÍA

Las pruebas fisicoquímicas obtenidas en 200 g de cada arena seca y tamizada con malla número 10, se obtuvieron en función del volumen de agua desionizada agregada (60 mL para arena de playa y 70 mL para la arena de mina), con la finalidad de obtener una condición de saturación, dejando reposar 3 horas a una temperatura promedio de la ciudad de Campeche en el mes de diciembre (35 °C). Las pruebas de corrosión se llevaron a cabo en una celda electroquímica de vidrio equipado con un sistema de recirculación para la obtención de una temperatura constante y un arreglo de tres electrodos: referencia (Cu/CuSO₄), auxiliar (alambre de platino), y electrodos de trabajo (varilla y acero 1018).

3. RESULTADOS

La tabla 1 presenta los valores de resistencia a la transferencia de carga (R_{ct}) y velocidades de corrosión (VC) obtenidos en la varilla y acero 1018 expuestos en

arena (humedad de la arena de playa y arena de mina de alrededor de 25 y 30 %, respectivamente).

Tabla 1. Datos obtenidos en pruebas de corrosión después de 3 horas y 35 °C.

Interface	R_{ct} (ohms.cm ²)	VC (mm/año)
Varilla / arena de playa	1594	0.042
Varilla / arena de mina	4583	0.028
1018 / arena de playa	2798	0.062
1018 / arena de mina	3015	0.046

4. CONCLUSIONES

Es importante conocer las propiedades fisicoquímicas de cada tipo de agregado utilizado en la elaboración del concreto, debido a que contienen diferentes elementos químicos que pueden ser inertes en condiciones secas, pero pueden activarse y ofrecer mayor efecto de corrosividad en presencia de agua. Este proceso se acelera si el concreto reforzado se encuentra cerca de las costas o playas incrementando los problemas de corrosión.

5. REFERENCIAS

[1] D.H. Xia, C.M. Deng, D. Macdonald, S. Jamali, D. Mills, H.L. Luo, M.G. Streb, M. Amiri, W. Jin, S. Song, W. Hu, *J. Maters. Sci. Techn.*, **112**, 151, (2022).

CTS-O02 Influencia de la combinación de nanopartículas de α -Fe₂O₃ y SiO₂ en un recubrimiento epóxico para la protección de un acero A36.

Presentación Oral

J.A. Ramírez-Fernández¹, R. Orozco-Cruz², A. Espinoza-Vázquez, A. Carmona-Hernández², R. Galván-Martínez*²

¹Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, MX.

²Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, MX.

E-mail: a.ramfer05@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de recubrimientos para la protección de metales estructurales es uno de los métodos para el retraso del proceso de corrosión más utilizados. Para mejorar el desempeño anticorrosivo de los recubrimientos, se han estudiado métodos como la adición de nanopartículas (NPs) a la película que se aplica, aunque se ha comprobado que utilizar diferentes compuestos puede influir en diferentes características del recubrimiento. En este trabajo, se analizó, a partir de técnicas electroquímicas, la combinación de NPs de α -Fe₂O₃ y SiO₂ como refuerzo en un recubrimiento epóxico de dos capas [1-2].

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron NPs de α -Fe₂O₃ y SiO₂ por medio del método de coprecipitación y Stöber, respectivamente. Se evaluaron los sistemas de recubrimiento, recubrimiento con un 2% p/p de ca da NP adicionada y con 1% p/p de NPs sobre un sustrato de acero A36. Se aplicaron las técnicas de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE) y Ruido Electroquímico (RE), cada 7 días hasta el día 84.

3. RESULTADOS

En la figura 1, se muestran los diagramas de Nyquist obtenidos después de 84 días de exposición, en donde se observa que la impedancia de la película aumenta cuando se añaden las nanopartículas, al igual que la resistencia a la transferencia de carga. además, se tiene un aumento mayor para el sistema con 2% de adición con respecto al recubrimiento con 1%, mientras que, la variación de impedancia total para el sistema en c), es menor que en los otros dos sistemas, por lo que la duración del recubrimiento se puede ver extendida.

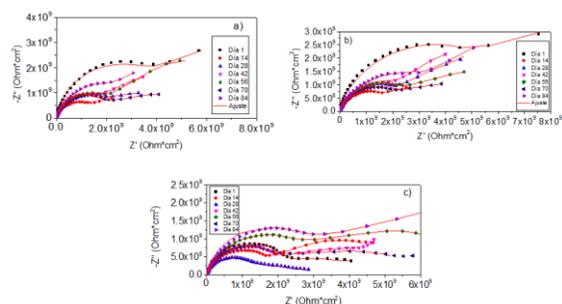


Figura 1. Diagrama de Nyquist para a) recubrimiento sin adición, b) recubrimiento con 2% de NPs de α -Fe₂O₃ y SiO₂ y c) recubrimiento con 1% de NPs de α -Fe₂O₃ y SiO₂

4. CONCLUSIONES

A través de la aplicación de las técnicas de EIE y RE se determinó que al adicionar un recubrimiento epóxico con una combinación de NPs de α -Fe₂O₃ y SiO₂, se incrementa la impedancia de la película, por lo que la resistencia a la transferencia de carga se ve influenciada, incrementando la durabilidad del recubrimiento.

5. REFERENCIAS

- [1] P. A. Sørensen, S. Kiil, K. Dam-Johansen, & C. E. Weinell (2009). *Journal of coatings technology and research*, **6**, 135-176
- [2] K. Jeyasubramanian, V. S. Benitha, & V. Parkavi (2019). *Progress in Organic Coatings*, **132**, 76-85.

CTS-O04 Estudio de los procesos de pasividad en aceros al carbono inmersos en arena en condiciones de saturación

Presentación Oral

L.M. Quej Ake*, J.L. Alamilla, R. Vai, E. Sosa, E. Díaz, H.B. Liu, A. Contreras

Afiliación Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, Col. San Bartolo Atepehuacan, C.P. 07730, CDMX, México.

E-mail*: lquej@imp.mx

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan pruebas fisicoquímicas y electroquímicas, para el estudio de los procesos de oxidación a alto campo, en diferentes aceros al carbono expuestos en arenas inundadas con agua desionizada. Los aceros y las arenas estudiadas incluyen los materiales que forman parte de la base externa de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos donde existen procesos de pasividad y protección catódica [1]. Después del proceso de oxidación, las superficies corroídas (oxidadas) de los aceros fueron evaluados mediante las curvas Tafel e impedancia. Los resultados experimentales sugieren que existe un mayor daño por corrosión (velocidad de corrosión, VC de alrededor de 0.053 mm/año) a una humedad intermedia (22.8 %) y un tiempo de exposición de 10 días. El proceso de oxidación generado en las superficies de los aceros permitió identificar que al menos un tipo de acero presentó el fenómeno de pasividad el cual fue corroborado con los productos de corrosión (óxidos) observados en la zona anódica de las curvas Tafel.

2. METODOLOGÍA

Las curvas de oxidación generados a alto campo (1.5 V vs. potencial al circuito abierto) se obtuvieron utilizando velocidades de barrido de potencial de 0.45, 1.0 y 2.0 mV/s. Las curvas Tafel fueron obtenidas usando ± 250 mV de potencial de perturbación vs. potencial al circuito abierto y una velocidad de barrido de potencial de 0.1667 mV/s.

3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra, a manera de ejemplo, la evidencia de los óxidos formados en la superficie del acero A283 expuesto en arena saturada. La Tabla 1 presenta los valores de los parámetros electroquímicos obtenidos en el acero A283 expuesto en la arena saturado, donde se observa que el valor promedio de la

VC del acero A283 expuesto en la arena saturada es de alrededor de 0.0059 mm/año.

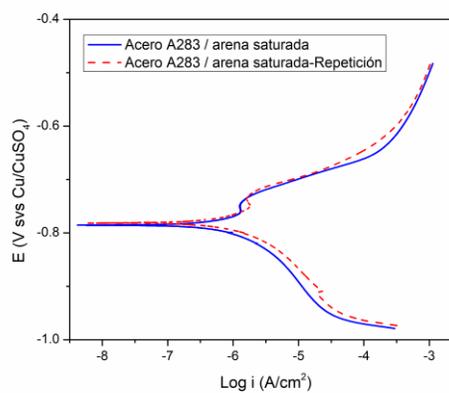


Figura 1. Curvas de polarización del acero 283 expuesto en arena saturada.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos obtenidos a partir de las curvas de polarización de la Figura 1.

Experimento	E_{corr} (mV vs Cu/CuSO ₄)	i_{corr} (A/cm ²) $\times 10^{-7}$	VC (mm/año)
1	-785	5.39	0.0062
2 (repetición)	-781	4.84	0.0056

4. CONCLUSIONES

Es posible estudiar los fenómenos de pasividad en aceros al carbono llevando a cabo el proceso de oxidación a alto campo (acelerado) y caracterizarlos mediante curvas Tafel.

5. REFERENCIAS

[1] L. Casanova, M. Menegazzo, E. Gibertini, F. Ceriani, A. Brenna, M. Ormellese, G. Bussetti, *Corros. Sci.*, **232**, 112035, (2024).

CTS-O05 Alofuranosa-triazol-teofilina en la inhibición de la corrosión del acero API 5L X70 inmerso en NaCl al 3% saturado con CO₂

Presentación Oral

A. C. Rodríguez Hernández¹, G. E. Negrón Silva², E. Ramírez Domínguez², A. Sánchez Eleuterio², R. Orozco Cruz¹, R. Galván Martínez¹, A. Espinoza Vázquez¹

¹ Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, 94292, Veracruz, México.

² Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02200. México

E-mail: aurea98.cr@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es el deterioro del material que ocurre en la superficie después de entrar en contacto con cualquier medio como aire, agua y ácido, lo que resulta en pérdida de material y accidentes inesperados. Entre estos métodos, se encuentran el uso de compuestos orgánicos como inhibidores de la corrosión y este es uno de los procedimientos más efectivos y económicos para la protección y prevención del acero de los ataques ácidos [1]. Los inhibidores de corrosión son uno de los métodos más prometedores para superar la corrosión [2]. Dentro de los compuestos interesantes que han resultado tener propiedades de inhibición son las xantinas y los carbohidratos; además de que tienen propiedades interesantes como reducir el cansancio y son diuréticos. Por lo que el objetivo del trabajo es la evaluación de la alofuranosa-triazol-teofilina en condiciones estáticas y de flujo turbulento en un medio dulce. Figura 1.

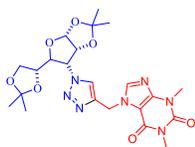


Figura 1: Potencial inhibidor de la corrosión.

2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución de HCl 1 M como medio corrosivo y se utilizó 0.01M del inhibidor de la alofuranosa-triazol-teofilina a evaluar para posteriormente hacer disoluciones de 10, 20, 30 y 50 ppm del inhibidor de corrosión.

Se realizaron las siguientes pruebas electroquímicas de corrosión:

- ✓ Potencial a circuito abierto (OCP) durante 1800 segundos.
- ✓ Espectroscopia de impedancia electroquímica

(EIE), 10-2-104 Hz con una amplitud de ± 10 mV.

- ✓ Curvas de polarización potenciodinámica (CP) con un rango de ± 300 mV a 1 mV/s.

3. RESULTADOS

A 10 ppm (figura 2) se observa el mejor comportamiento del inhibidor, en el cual aumenta el diámetro del semicírculo respecto a la concentración de 0 ppm; con un valor de $Z' \sim 1400 \Omega \text{ cm}^2$, el sistema está controlado por la transferencia de carga.

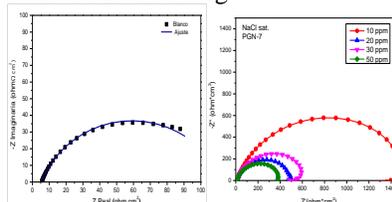


Figura 2. Diagrama de Nyquist a diferentes concentraciones de inhibidor bajo condiciones estáticas.

4. CONCLUSIONES

En condiciones estáticas, el inhibidor mostró un aumento general en su eficiencia sobre el acero API 5L X70, mostrando el mejor comportamiento a 10 ppm con una eficiencia del 90.7%.

5. REFERENCIAS

- [1] E. I. T. Nesakumar Jebakumar; R. Atchudan; A. Pugazhendhi; Y. Rok Lee; M. Gopalakrishnan Sethuraman. *Journal of Molecular Liquids*, **264**, 483, (2018).
- [2] D. Singh Chauhan; M. A. Quraishi; V. Srivastava; J. Hague; B. Ibrahimi. *Journal of Molecular Structure*, **1226**, (2021).

CTS-O06 Estudio del comportamiento a la corrosión de aceros inoxidables 316L recubiertos con SiN usando magnetrón sputtering RF

Presentación Oral

R. Gonzalez Parra¹, A. Barba², AE. Salas³, G. Bañuelos⁴, A. Rodriguez^{1*}

¹Departamento de Materia Condensada, Instituto de Física, UNAM.

²CENISA, Facultad de Ingeniería, UNAM.

³Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, UNAM.

⁴LUCE, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM.

.E-mail: rparra@fisica.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros inoxidables austeníticos del tipo 316 son ampliamente utilizados en la industria biomédica debido a sus propiedades mecánicas, biocompatibilidad, y elevada resistencia a la corrosión, lo cual los convierte en materiales idóneos para ser utilizados como prótesis o soportes estructurales dentro del cuerpo humano. Sin embargo, este tipo de materiales pueden presentar fenómenos de corrosión localizada, además de la liberación de iones metálicos a través de la capa de productos de corrosión formada. Debido a esto, se han buscado diferentes alternativas para aumentar la biocompatibilidad y el tiempo de vida de esta aleación ferrosa. Por otra parte, el nitruro de Silicio, es un material con alta biocompatibilidad, elevada resistencia a la corrosión y al desgaste [1]. También, es un material que permite la proliferación celular. Por lo que, la formación y aplicación de capas delgadas de nitruro de Silicio (SiN) sobre aceros inoxidables 316 es una opción viable, para ello es posible el empleo de magnetrón sputtering asistido por radio frecuencia que permite la aplicación de capas delgadas sobre superficie de forma más eficiente y a una baja temperatura, lo cual evita posibles daños o transformaciones de fase en el sustrato. En este estudio se realizó la formación de capas delgadas de SiN sobre aceros 316 modificando los parámetros de deposición para determinar su efecto en la respuesta a la corrosión del sistema.

2. METODOLOGÍA

Diversas probetas cilíndricas de acero inoxidable 316 fueron recubiertas con SiN usando magnetrón sputtering RF. Las temperatura y la potencia de depósito fueron modificados para determinar su influencia en la nanoestructura de la capa formada y en la resistencia a la corrosión. Las muestras fueron

caracterizadas por medio de SEM, EIS, y AFM en solución salina.

3. RESULTADOS

Las muestras presentan una superficie de apariencia lisa y color tornasol la cual modifica su color y apariencia en relación con el espesor obtenido de la capa de SiN formada. El espesor de las capas aumenta a partir de 80 nm para una temperatura de 100 °C conforme se incrementa la temperatura. Por otra parte, la topografía, muestra una superficie con mayor rugosidad en función de la temperatura. Dicho comportamiento se mantiene a pesar de la potencia de radio frecuencia aplicada. Los resultados de EIS, muestran la respuesta de una capa porosa la cual aumenta la resistencia a la corrosión del sistema conforme aumenta la potencia aplicada. Este comportamiento se asocia con el efecto barrera de la capa de SiN formada.

4. CONCLUSIONES

La deposición de capas de SiN sobre aceros inoxidables 316 permite el aumento de la resistencia a la corrosión del sustrato ralentizando la disolución de iones hacia el electrolito.

5. REFERENCIAS

[1] A. Rao, S. Tiwari, M. Goyat, *Journal of Materials Science*, **58**, 9755, (2023).

CTS-O07 Estudio comparativo electroquímico de la inhibición de la permeación hidrógeno durante el decapado mediante el extracto de *pistia stratiotes* y hexametilentetramina

Presentación Oral

M.C. Barreda Serrano¹, R. López-Meneses², H.A. Saldarriaga², G.K. Pedraza³, A. Espinoza Vázquez¹, R. Orozco Cruz¹, R. Galván Martínez¹, A. Carmona Hernández^{1*}

¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

²Centro de Investigaciones Químicas UAEM, Cuernavaca, Morelos, México.

³Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.

E-mail: zs22024500@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros estructurales pueden sufrir fallas en sus entornos de servicio debido a procesos de corrosión y/o penetración de hidrógeno (H) causando graves pérdidas humanas, ambientales y financieras. La absorción de átomos de H ocurre cuando el acero está expuesto a una fuente de este, ya sea por decapado o por protección catódica. Para el proceso de decapado se utilizan inhibidores orgánicos que mejoran el acabado de la superficie, evitan el sobreataque por corrosión y también minimizan la difusión del H en el acero [1]. La mayoría de los estudios sobre la inhibición de la corrosión en soluciones ácidas de decapado no han prestado atención a la necesidad de evitar la permeación de hidrógeno en el acero, teniendo en cuenta que la mejor inhibición de la corrosión no siempre indica el mejor comportamiento frente a la permeación del hidrógeno [2]. En el presente trabajo se evaluó el extracto de las hojas de *Pistia Stratiotes* (PS), como una posible fuente de inhibidor verde; y la hexametilentetramina (HMTM), un inhibidor usado en la industria, en la corrosión en un acero A36 en una solución ácida.

2. METODOLOGÍA

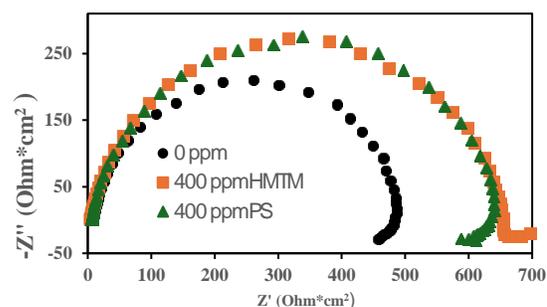
El metal bajo estudio fue un acero A36, el extracto de la planta PS (*lechuga de agua*) se obtuvo mediante maceración convencional. La caracterización química del PS se realizó mediante CG-MS. Se utilizó el método de Devanathan-Stachurski para las pruebas de permeación del H y mediciones electroquímicas con espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS).

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra el diagrama de Nyquist del acero dulce durante el proceso de permeación de H. Se puede observar que, en ausencia de inhibidor, el

semicírculo a bajas frecuencias tiende a formar un bucle inductivo característico al proceso de adsorción de especies como el H. En presencia del extracto de PS y HMTM, el semicírculo aumentó con respecto al blanco sugiriendo un incremento en la resistencia a la transferencia de carga.

Figura 1. Diagrama de Nyquist en del acero A36 en HCl 1M en presencia y ausencia de PS, y HMTM durante el proceso de permeación de H.



4. CONCLUSIONES

Los resultados de las mediciones electroquímicas indicaron que el PS mostro un mejor desempeño como inhibidor de corrosión que la HMTM, mientras que ambos inhibidores presentaron un comportamiento similar ante la inhibición del proceso de permeación de hidrógeno a la concentración de 400 ppm.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Aromaa., A. Pehkonen., S. Schmachtel., I. Galfi., O. Forsén., *Advances in Materials Science and Engineering*, **2018**, (2018).
- [2] M. Finsgar., J. Jackson., *Corrosion Science*, **86**, 17, (2014).

CTS-O12 Efecto del acabado superficial del acero de refuerzo embebido en concreto sobre la corrosión inducida por cloruros: inicio y propagación

Presentación Oral

J.O. Rivera-Corral¹, R. Orozco-Cruz², P. Valdez-Tamez¹, G. Fajardo-San-Miguel^{1,*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Av. Universidad S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C.P. 66455, México.

²Universidad Veracruzana, Instituto de Ingeniería, Unidad Anticorrosión, Av. S.S. Juan Pablo II S/N, Fracc. Costa Verde, CP 94294 Boca del Río, Veracruz, México.

*E-mail: gerardo.fajardosan@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión del acero de refuerzo del concreto depende en gran medida de la estabilidad física y química de las fases que se forman en la matriz del concreto y del comportamiento de capa de óxido que se forma en la superficie del acero (capa pasiva) [1]. Esta protección se compromete debido a la corrosión inducida por cloruros, principal causa de ataque a esta película pasiva [2]. Con respecto al acero de refuerzo, se han propuesto diferentes opciones de protección que implican la modificación de las propiedades superficiales como la galvanización (GS) o los tratamientos térmicos (TTS) asociados a la producción. En ambos casos existe incertidumbre sobre el comportamiento a corto o mediano plazo de ambas opciones [3]. En este trabajo se analiza la evolución electroquímica exhibida por barras de refuerzo de acero (TTS) de doble fase y acero galvanizado (GS) sometidos a un proceso de corrosión inducida por cloruros.

2. METODOLOGÍA

El comportamiento a la corrosión del acero de refuerzo con diferentes acabados superficiales (ordinario (CS), bifásico (TTS) y galvanizado (GS)) se estudió en laboratorio utilizando probetas prismáticas de concreto con dos relaciones agua/cemento (a/c): 0,45 y 0,65. Las muestras fueron expuestas a la penetración de cloruros mediante ciclos de humectación y secado durante 2.6 años. Se estudió la evolución en el tiempo del potencial de corrosión (E_{corr}) y de la resistencia a la polarización (R_p). También se analizó la microestructura, el contenido de cloruros y se realizaron inspecciones visuales del acero.

3. RESULTADOS

Se encontró que las diferentes varillas de acero expuestas siguieron una misma secuencia en la despasivación para ambas relaciones a/c; es decir, en este orden: CS, TTS y GS. Durante la etapa de iniciación, la i_{corr} para TTS fue menor que para CS, se observó un comportamiento similar en la etapa de propagación para barras de acero en probetas con relación a/c de 0.45.

4. CONCLUSIONES

El recubrimiento a base de zinc aumenta el tiempo de inicio de la corrosión de las varillas convencionales y la cantidad de cloruros necesarios para que esto ocurra. En las varillas galvanizadas y con tratamiento térmico se observaron daños localizados, que fueron más graves las primeras.

5. REFERENCIAS

- [1] M.G. Fontana, N.D. Greene, *Corrosion Engineering*, third ed., (1987).
- [2] D.M. Bastidas, M. Criado, S. Fajardo, A. La Iglesia, J.M. Bastidas, Corrosion inhibition mechanism of phosphates for early-age reinforced mortar in the presence of chlorides, *Cem. Concr. Compos.* **61**, 1–6. (2015)
- [3] J.O. Rivera-Corral, G. Fajardo, G. Arliguie, J. Orozco-Cruz, F. Deby, P. Valdez. Corrosion behavior of steel reinforcement bars embedded in concrete exposed to chlorides: Effect of surface finish. *Construction and Building Materials.* **147**, 815–82, (2017).

CTS-O13 Estudio del comportamiento de un recubrimiento modificado bajo el efecto de protección catódica a distintos potenciales

Presentación Oral

P. N. Tarazona-Zambrano, H. G. Méndez-Figueroa, R. Galván-Martínez, A. Espinoza-Vázquez, R. Orozco-Cruz*.

Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México.
E-mail: ptarazonazambrano@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se realizó la evaluación electroquímica de un recubrimiento con la adición de 0.5% de nanocontenedores de ZnO/Mt@Fe-Ta cada uno sobre acero A36 expuesto en una solución de NaCl 3% sin protección y bajo efectos de sobreprotección catódica. Los nanocontenedores presentan un núcleo de ZnO con una estructura jerárquica, con extracto de *Mimosa tenuiflora* (Mt) como sustancia encapsulada, con una capa externa del complejo hierro-ácido tánico (Fe-TA) [1]. Los sistemas de recubrimiento, por lo general son utilizados en conjunto con la protección catódica (PC), para proteger activos enterrados o sumergidos y en donde los principales daños ocurren por desprendimiento catódico [2], por lo que se realizó la evaluación del recubrimiento con y sin PC a diferentes valores de sobre protección, con el fin de identificar si es favorable el desempeño de la formulación del recubrimiento en los casos anteriores.

2. METODOLOGÍA

Se realizó un seguimiento del potencial a circuito abierto (OCP) y se utilizó la técnica de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIS). Como electrodo de trabajo: Acero A36 con recubrimiento y recubrimiento reforzado con 0.5% p/p de ZnO/Mt@Fe-TA, para ambos casos las celdas electroquímicas se mantuvieron conectadas a un sistema de PC a potenciales por debajo de protección y con sobreprotección. Los nanocontenedores fueron preparados a base de ZnO, y caracterizados mediante Microscopía Electrónica de Barrido (SEM). La evaluación electroquímica se realizó durante 1, 7, 14 y 28 días.

3. RESULTADOS

La figura 1 presenta la resistencia a la transferencia de (R_{tc}) a diferentes tiempos de exposición de las celdas evaluadas con PC. Se evidencia que en ambos casos la R_{tc} disminuye, sin

embargo, esto sucede en menor medida para la celda con el recubrimiento modificado.

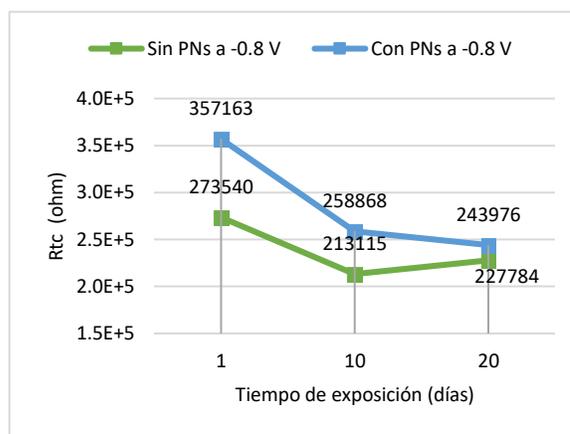


Figura 1. R_{tc} de una celda con PC a diferentes tiempos de exposición

4. CONCLUSIONES

Se observó mayor R_{tc} para los recubrimientos modificados con la adición de ZnO/[Mt]@Fe-TA, esto puede indicar que los elementos añadidos están reforzando la matriz del recubrimiento, mejorando sus propiedades de barrera y evitando una mayor área activa.

5. REFERENCIAS

- [1] H. G. Méndez-Figueroa, M. Soria-Castro, G. I. Hernández-Bolio, et al. *Journal of Solid State Electrochemistry* (2023).
- [2] Peng, B Yu, Z Chen, H Liao, K Guo, Y Tang, J Wen, H Diamond and Related Materials, 139 2023

CTS-O14 Evaluación electroquímica de lactonas a partir de carbohidratos para la inhibición de la corrosión de un acero API 5L X52 en medio salino

Presentación Oral

Acosta Gordillo Yordhi¹, Romero-Anzueto Gustavo Vázquez², Marín Cruz Esmeralda², Cortezano Arellano Omar², Orozco Cruz Ricardo¹, Galván Martínez Ricardo¹, Espinoza Vázquez Araceli^{1*}

¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Universidad No. 3000, Boca del Río Veracruz 94292, México. ²Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Veracruzana, Calle Luis Castelazo, Ayala s/n Col. Industrial Ánimas CP. 91190.

E-mail: araespinoza@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acero al carbono es ampliamente utilizado en la industria del petróleo. El acero API 5L X52 es uno de los materiales empleado, está expuesta a diferentes entornos agresivos, tales como medios ácidos, incluyendo la concentración de cloruros, por lo tanto, es obligatorio proteger el ataque corrosivo [1].

Los inhibidores de corrosión son sustancias o mezclas en bajas concentraciones que al contacto con un ambiente agresivo inhibe, previene o minimiza la corrosión incluida la protección temporal [2].

2. METODOLOGÍA

Las pruebas se hicieron por duplicado, el sistema electroquímico consta de una celda de tres electrodos, electrodo de trabajo API 5L X52, electrodo de referencia Ag/AgCl saturado y un contra electrodo de grafito, la preparación del medio; NaCl al 3% (p/v) y del inhibidor a concentración de 5, 10, 20, 30 y 50 ppm, utilizando Potencial a circuito abierto (OCP) durante 30 min, la técnica de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE), una amplitud de $\pm 10\text{mV}$ con un intervalo de frecuencias (100kHz a 0.1Hz) .

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra el diagrama de Nyquist de los resultados de tres diferentes lactonas en donde se observa un incremento de tres veces el valor de Z_{Real} con respecto al sistema que no tiene inhibidor, lo que indica una mayor resistencia a la polarización entre el metal como el medio. La tabla 1 muestra los parámetros electroquímicos que en presencia del inhibidor se obtienen excelentes eficiencias de inhibición a esa concentración, confirmando la protección que la lactona ofrece respectivamente.

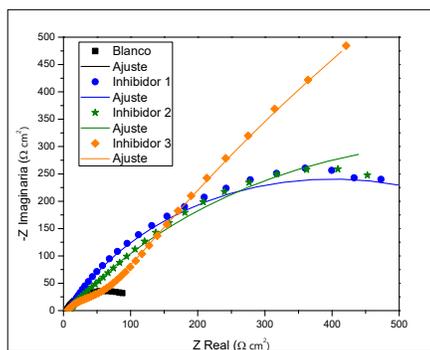


Figura 1. Diagrama de Nyquist de las lactonas empleadas como inhibidores de corrosión en acero API 5L X52 y está expuesto en una solución salina.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos de las lactonas en la protección del acero API 5L X52 inmerso en una solución salina.

Muestra	$R_s(\Omega\text{cm}^2)$	$R_{ct}(\Omega\text{cm}^2)$	$R_{\text{moy}}(\Omega\text{cm}^2)$	$R_{\text{total}}(\Omega\text{cm}^2)$	Ef(%)
Blanco	6.5	107	5.1	119.2	-
Inhibidor 1	6.6	849	10.2	866.2	87.33
Inhibidor 2	8.4	1204	22.9	1234.3	91.06
Inhibidor 3	7.2	4880	72.2	48909.7	99.78

4. CONCLUSIONES

Con los resultados de las tres lactonas presentan una eficiencia de más del 85% esto es un comportamiento favorable en la inhibición de la corrosión a bajas concentraciones.

5. REFERENCIAS

- [1] B. Li, L. Guo. *International Journal of Electrochemical Science*, **19**(6) 100580, (2024).
- [2] T. Aniszewski, *Chapter 1. Definition, topology and occurrence of alkaloids. En Chemistry and Applications*, 1-97, (2015).

CTS-O15 Estudio de una nueva tipología de estribos de acero embebidos en concreto frente a la corrosión inducida por cloruros

Presentación Oral

A. Capistrano-García¹, J. Álvarez-Pérez¹, R. Orozco-Cruz², G. Fajardo-San-Miguel^{1,*}

1. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Civil, Av. Universidad S/N, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, C. P. 66455, México.
2. Universidad Veracruzana, Instituto de Ingeniería Civil, S. S. Juan Pablo II s/n Zona Universitaria, C.P. 94294 Boca del Río, Veracruz, México
3. Correo: gerardo.fajardosn@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Acorde a estadísticas del INEGI 2020, las edificaciones de mampostería confinada representan el 60% de la infraestructura urbana en México. Conforme a las NTCM, para su construcción se requiere de un adecuado diseño estructural, siendo fundamentales el concreto y el acero de refuerzo, tanto longitudinal como transversal (estribos).

En esta investigación se evaluó el comportamiento frente a la corrosión inducida por cloruros de una nueva tipología de estribos flejeados en espiral (EFE) [1] y estribos tradicionales con su uso potencial en castillos, característicos de este sistema constructivo.

2. METODOLOGÍA

Se elaboraron cuatro series de especímenes de concreto con EFE y estribo tradicional, con y sin cloruros en la mezcla, y luego fueron sometidos a ciclos repetidos de inmersión de 3 días en una solución de NaCl con una concentración de 35 g/L, seguido de un secado en horno a 40° C. El EFE y estribo tradicional fueron caracterizados mediante ensayos metalográficos, mecánicos y electroquímicos [2].

El seguimiento del Ecorr, icorr y resistividad fue realizado periódicamente en los especímenes de concreto[3].

3. RESULTADOS

Los EFE mostraron una velocidad de corrosión más lenta y favorable en comparación con los estribos tradicionales al inicio de la corrosión, durante 30 días en la etapa de despasivación, con valores cercanos a 1µA/cm².

Los resultados permitieron comprender el comportamiento del EFE y del estribo tradicional frente al deterioro por corrosión desde la etapa de iniciación hasta la propagación.

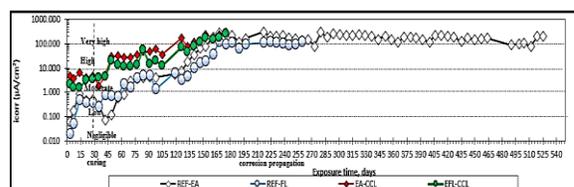


Figura 1. Comportamiento del *icorr* en estribos EFE y tradicionales en dos condiciones diferentes de concreto.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron evaluar la pertinencia el empleo de la nueva tipología de estribos, sin comprometer la durabilidad de la vivienda de mampostería confinada, sobre todo en la etapa de vida útil.

5. REFERENCIAS

- [1] • Álvarez J, MM, CJ, TB, & HR.) *Estudio en estribos flejeados en castillos cortos para mampostería confinada*. X C Estructural, Ed Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural al 2020.
- [2] Zhang W, François R, Wang R, Cai Y, Yu L. *Corrosion behavior of stirrups in corroded concrete beams exposed to chloride environment under sustained loading*. Constr Build Mater 2021;274:121987. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121987>. 2021.
- [3] Rivera-Corral JO, Fajardo G, Arlignie G, Orozco-Cruz R, Deby F, Valdez P. *Corrosion behavior of steel reinforcement bars embedded in concrete exposed to chlorides: Effect of surface finish*. Constr Build Mater 2017;147:815–26. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.186>. 2017.

CTS-O16 Uso de extracto de semilla de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) como inhibidor de corrosión.

Presentación Oral

F. Rodríguez García^{1,2}, C.A. Arganis Ramírez³, C. R. Arganis Juárez^{1*}

¹Departamento de Sistemas Nucleares, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

²Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México.

³Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

E-mail: carlos.arganis@inin.gob.mx

1. INTRODUCCIÓN

El material de los equipos industriales es comúnmente el acero al carbono y el problema de las incrustaciones y la corrosión ocurren fácilmente en la industria. [1]. La adición de inhibidores al medio ambiente es considerada como el método más sencillo y eficaz [1] para controlar los estos problemas. Los inhibidores sin fósforo, eficientes y “verdes” han atraído a mucha atención de la academia.

En este trabajo se propone el uso de extracto de semilla de limón mexicano, como inhibidor de corrosión en solución 3.5% peso de Cloruros, como Cloruro de Sodio.

2. METODOLOGÍA

El extracto de semilla de limón se obtuvo por maceración de las semillas sin cáscara y secas, y la extracción con acetato de etilo como solvente. El rendimiento fue del 51% en peso de extracto/semilla.

Se realizó la Transformada Rápida de Infrarrojo (FTIR) en un equipo Thermo Scientific Nicolet 6700 para caracterizar el extracto de semilla de limón.

Se utilizaron soluciones 0, 10, 20, 50 100 y 200 partes por millón de extracto, con 11 ml/l de DMSO, en soluciones 3.5% en peso de Cl como NaCl y se ensayaron usando Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS), con un equipo Biologic SP-105, con una celda electroquímica de cristal, electrodo de Plata/Cloruro de plata y grafito y en un baño con control termostático a 25°C, en aceros API 5L X65 y A106 Grado B.

3. RESULTADOS

La figura 1 muestra los resultados de la Resistencia a la transferencia de carga R_{tc} en función

de la concentración de extracto de limón, para el acero API 5L X65 y el acero ASTM A106 grado B.

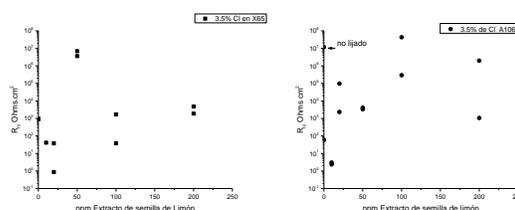


Figura 1 a) R_{tc} vs concentración para acero API 5L X65. b) R_{tc} vs concentración para acero A106 grado B

4. CONCLUSIONES

Las pruebas FTIR detectaron los enlaces del extracto de semilla de limón.

La concentración óptima para el acero API 5L X65 es de 50 ppm de extracto de semilla de limón.

Para el acero A106 Grado B es de 100 ppm de extracto de limón.

5. REFERENCIAS

[1] X. Chen, Y. Chen, J. Cui, Y. Li, Y. Liang and G. Ca *Computational Materials Science* 188, 1 (2021)

CTS-O17 Aciclovir caducado como potencial inhibidor de corrosión para acero API X65 en medio ácido (1M HCl)

Presentación Oral

J.A. Ramírez-Cano¹, L.E. Tapia-Galván¹, A. Espinoza-Vázquez¹, R. Galván-Martínez¹, A. Carmona-Hernández¹, R. Orozco-Cruz*¹

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México.

E-mail: jorgeramirez02@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

En tiempos recientes se han identificado los medicamentos caducados como contaminantes emergentes [1]. Lo anterior obedece a la complejidad inherente a la disposición final de sustancias químicamente activas, muchos países en desarrollo carecen de la infraestructura adecuada para el procesamiento de estos desechos complejos. Es en este contexto, donde se propone dar un segundo uso a sustancias que poseen las características químicas adecuadas para su potencial aplicación como inhibidores de corrosión [2]. El Aciclovir es un antiviral derivado de la guanosina, utilizado ampliamente en el tratamiento de la varicela zóster y el herpes simple. La industria del petróleo es uno de los pilares más importantes de la economía mexicana. Su infraestructura, fabricada principalmente con acero API X65, sufre deterioro significativo debido al ataque corrosivo y los costos asociados a la protección y reemplazo son considerables, debido a lo anterior es importante evaluar alternativas económicas que provean un adecuado nivel de protección, entre ellas el uso de medicamentos caducos como inhibidores de corrosión.

2. METODOLOGÍA

Se realizó la extracción de Aciclovir a partir de tabletas comerciales de marca genérica, se preparó una solución madre de concentración 0.01 M. Las concentraciones de prueba (10, 20, 30, 50 y 100 ppm) se obtuvieron mediante dilución en 40 mL de HCl 1M. Se utilizó una configuración de tres electrodos donde el electrodo de trabajo es una muestra de acero API X65 de 1 cm² de área embebida en resina epóxica, el electrodo de referencia es de calomel y el contra electrodo una barra de grafito. La preparación de superficie se lleva a cabo utilizando lijas de SiC con granulometría 320, 400 y 600. La secuencia experimental inicia con el monitoreo del potencial de circuito abierto, seguido por la Espectroscopía de

Impedancia Electroquímica, finalizando con Curvas de Polarización.

3. RESULTADOS

Como puede apreciarse en la figura 1, la adición de Aciclovir incrementa la resistencia a la transferencia de carga. El efecto más significativo se observa a 10 ppm y el mínimo a 30 ppm, es importante señalar que incluso en el mínimo la magnitud de R_{tc} es significativamente mayor al blanco, lo que confirma el efecto inhibitorio de Aciclovir. Por otro lado, puede apreciarse una constante de tiempo, atribuible al proceso de adsorción de Aciclovir en la superficie de acero X65.

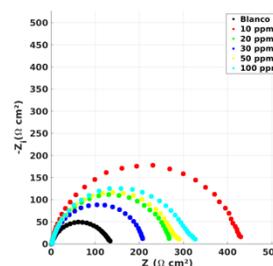


Figura 1. Diagrama de Nyquist para acero API X65 en 1M HCl a diversas concentraciones de Aciclovir.

4. CONCLUSIONES

La adición de Aciclovir generó un incremento en la magnitud de R_{tc} , en todas las concentraciones de prueba, obteniéndose el mayor efecto a una concentración de 10 ppm.

5. REFERENCIAS

- [1] M. B. Kannan, *Waste manage.*, **145**, 38, (2022).
[2] S. Tanwer, S. K. Shukla. *CRGSC*, **5**, 100227 (2022).

CTS-O18 Estudio del comportamiento a la corrosión de aceros inoxidables 316L recubiertos con SiN usando magnetrón sputtering RF

Presentación Oral

R. González-Parra¹, M. Hernandez², A. Barba², AE. Salas³, G. Bañuelos⁴, A. Rodriguez^{1*}

¹Departamento de Materia Condensada, Instituto de Física, UNAM.

²CENISA, Facultad de Ingeniería, UNAM.

³Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, UNAM.

⁴LUCE, Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM.

E-mail: rparra@fisica.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros inoxidables austeníticos del tipo 316 son ampliamente utilizados en la industria biomédica debido a sus propiedades mecánicas, biocompatibilidad, y elevada resistencia a la corrosión, lo cual los convierte en materiales idóneos para ser utilizados como prótesis o soportes estructurales dentro del cuerpo humano. Sin embargo, este tipo de materiales pueden presentar fenómenos de corrosión localizada, además de la liberación de iones metálicos a través de la capa de productos de corrosión formada. Debido a esto, se han buscado diferentes alternativas para aumentar la biocompatibilidad y el tiempo de vida de esta aleación ferrosa. Por otra parte, el nitruro de Silicio, es un material con alta biocompatibilidad, elevada resistencia a la corrosión y al desgaste [1]. También, es un material que permite la proliferación celular. Por lo que, la formación y aplicación de capas delgadas de nitruro de silicio (SiN) sobre aceros inoxidables 316 es una opción viable, para ello es posible el empleo de magnetrón sputtering asistido por radio frecuencia que permite la aplicación de capas delgadas sobre superficie de forma más eficiente y a una baja temperatura, lo cual evita posibles daños o transformaciones de fase en el sustrato. En este estudio se realizó la formación de capas delgadas de SiN sobre aceros 316 modificando los parámetros de deposición para determinar su efecto en la respuesta a la corrosión del sistema.

2. METODOLOGÍA

Diversas probetas cilíndricas de acero inoxidable 316 fueron recubiertas con SiN usando magnetrón sputtering RF. Las temperatura y la potencia de depósito fueron modificados para determinar su influencia en la nanoestructura de la capa formada y en la resistencia a la corrosión. Las muestras fueron

caracterizadas por medio de SEM, EIS, y AFM en solución salina.

3. RESULTADOS

Las muestras presentan una superficie de apariencia lisa y color tornasol la cual modifica su color y apariencia en relación con el espesor obtenido de la capa de SiN formada. El espesor de las capas aumenta a partir de 80 nm para una temperatura de 100 °C conforme se incrementa la temperatura. Por otra parte, la topografía, muestra una superficie con menor rugosidad en función de la temperatura. Dicho comportamiento se mantiene a pesar de la potencia de radio frecuencia aplicada. Los resultados de EIS, muestran la respuesta de una capa porosa la cual aumenta la resistencia a la corrosión ($>10^7 \Omega\text{cm}^2$) del sistema conforme aumenta la temperatura aplicada. Este comportamiento se asocia con el efecto barrera de la capa de SiN formada.

4. CONCLUSIONES

La deposición de capas de SiN sobre aceros inoxidables 316 permite el aumento de la resistencia a la corrosión del sustrato ralentizando la disolución de iones hacia el electrolito.

5. REFERENCIAS

[1] A. Rao, S. Tiwari, M. Goyat, *Journal of Materials Science*, **58**, 9755, (2023).

CTS-O19 Efecto de las fibras de plástico en las propiedades electroquímicas del concreto reforzado

Presentación Oral

A. Flores-Nicolás^{1*}, M. Flores-Nicolás², E. C. Menchaca-Campos¹, O. A. González Noriega¹, J. Uruchurtu-Chavarín¹

¹Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, CIICAp, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, 62209, Cuernavaca, Morelos.

²Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México UNAM, Circuito Escolar s/n, C.U., Coyoacán, 04510, Ciudad de Mexico. Mexico.

E-mail: alejandro.floresnic@uaem.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los elementos estructurales están sujetos a cargas externas, por lo cual pueden formarse grietas transversales (grietas perpendiculares a la barra de refuerzo) en la superficie de concreto, una baja resistencia a la tracción provocará agrietamiento transversal aumentando la velocidad de corrosión en la región de la grieta sometido a un entorno de iones de cloruro y iones sulfato en el concreto [1,2]. En este proceso, los productos de corrosión (óxidos e hidróxidos de hierro) suelen depositarse en zonas restringidas y espacio en el hormigón alrededor del acero, su formación dentro de este espacio restringido establece una expansión tensiones que agrietan y desconchan la cubierta de hormigón [3].

2. METODOLOGÍA

Se elaboró muestras de concreto de forma cubica con dimensiones de 12 cm de largo, 8 cm de ancho y 12 cm de altura. Se agregaron fibras de botellas de plástico de polietileno de alta densidad HDPE obtenidas de detergentes, las dimensiones de la fibra de 10 mm de largo y 3-4 mm de ancho. Los porcentajes fueron en cantidades pequeñas de 0.2% y 0.4%, con respecto al peso de la arena. Se incrustaron 3 barras de acero en el concreto como electrodos de trabajo para las mediciones electroquímicas.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observan los resultados de espectroscopia de impedancia electroquímica representados a través de los diagramas de Nyquist, de manera general la muestra HC-04 se aprecia altos valores de impedancia de 1×10^6 ohm·cm², indicando un estado pasivo en las barras de acero.

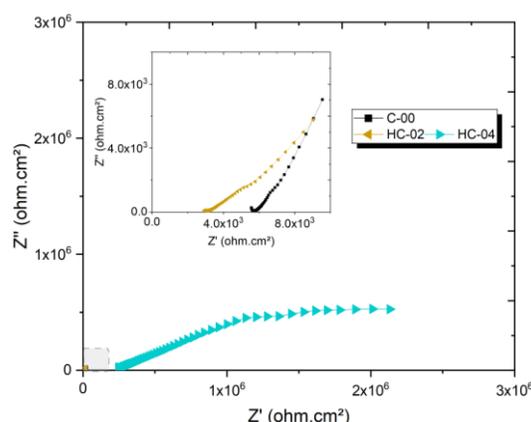


Figura 1. Espectros de impedancia, 168 días.

4. CONCLUSIONES

Las fibras cortas de plástico en porcentajes menores afectan positivamente la tasa de corrosión de la armadura de concreto.

5. REFERENCIAS

- [1] Yu, S., & Jin, H. (2020). Modeling of the corrosion-induced crack in concrete contained transverse crack subject to chloride ion penetration. *Construction and Building Materials*, 258, 119645
- [2] de Azevedo, A. R., Cruz, A. S., Marvila, M. T., de Oliveira, L. B., Monteiro, S. N., Vieira, C. M. F., ... & Daironas, M. (2021). Natural fibers as an alternative to synthetic fibers in reinforcement of geopolymer matrices: a comparative review. *Polymers*, 13(15), 2493
- [3] Song, H. W., & Saraswathy, V. (2007). Corrosion monitoring of reinforced concrete structures-A. *Int. Electrochem. Sci*, 2(1), 1-28.

CTS-O20 Estudio electroquímico del del acero AISI 1018 de refuerzo embebido en concreto con aplicación de NS de SiO_2 obtenidas ecológicamente

Presentación Oral

D. Aquiles- Avilés¹, A. E. Landa-Gómez², G. Fajardo-San Miguel³, R. Orozco-Cruz¹, A. Espinoza-Vázquez¹, R. Galván-Martínez^{1*}.

¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

²Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.

³Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

* Email: zs22024499@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las estructuras de concreto reforzado (ECR), pueden presentar deterioro a mediano o largo plazo por la interacción con el medio donde fueron construidas. A pesar de que existen múltiples factores que pueden afectar estas estructuras, el principal problema patológico de las ECR es la corrosión del acero de refuerzo. [1]. Los tratamientos superficiales con bloqueo de poro han implementado el uso de nano- SiO_2 (NS) demostrando que los poros capilares se bloquean en la superficie del concreto lo que produce efectos en sus propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad. [2]. Dentro de las técnicas electroquímicas la espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) permite correlacionar las propiedades dieléctricas del concreto en el mecanismo de corrosión. [3]

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanopartículas (NS) a partir de la ceniza del bagazo de caña de azúcar mediante el método sol-gel y se demostró su composición de SiO_2 . Se fabricaron sistemas acero-concreto, compuesto por acero AISI 1018 embebido en concreto con relación agua/cemento de 0.45, se analizó el comportamiento electroquímico en las primeras 24h de fraguado. Luego de la aplicación de NS por 72h, se analizó el comportamiento del acero hasta los 28 días. Se utilizó la técnica de Resistencia a la Polarización Lineal (RPL) e Impedancia (EIE).

3. RESULTADOS

En la figura 1, se presentan los resultados de impedancia de los sistemas acero-concreto a través de los diferentes tiempos de exposición. Las evaluaciones electroquímicas se realizaron en las primeras 24 horas de exposición del acero en el concreto, además a las 72 horas con la aplicación de NS.

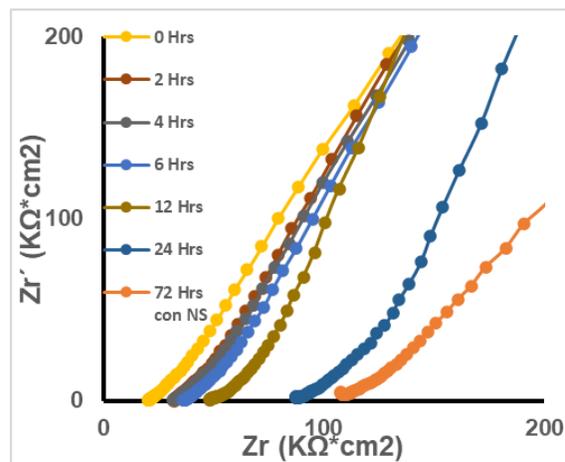


Figura 1. Espectros de EIE de los sistemas acero-concreto.

4. CONCLUSIONES

Se sintetizaron NS y mediante metodos de caracterización se logro demostrar la presencia de SiO_2 . Por otra parte se realizaron estudios electroquímicos de EIE y RPL obteniendo resultados acerca de la evolución en el comportamiento y el proceso de formación de la capa protectora, este proceso se caracteriza por la difusión, luego de aplicadas las NS hasta 28 días. Los resultados permitieron analizar la influencia de las NS en el proceso de corrosión.

5. REFERENCIAS

- [1] V. Maurice & P. Marcus, (2018). *Progress in Materias Science*, **03**, 132- 171. 2018.
- [2] X. Pan, et. al, *Construction and Building Materials*, 578-590, (2017a).
- [3] M. Ismail, M. Ohtsu / *Construction and Building Materials* **20** (2006) 458–469.

CTS-O21 Análisis de ruido electroquímico del efecto de nanopartículas SiO₂ aplicado en concreto reforzado para proteger el acero de embebido

Presentación Oral

I. R. Hernández-Cabrera¹, A. Landa-Gómez², Fajardo-San-Miguel³, G. K. Pedraza-Basulto⁴, A. Carmona-Hernandez⁵, R. Orozco-Cruz⁵, A. Espinosa-Vázquez⁵, R. Galván-Martínez⁵

¹ Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

² Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

³ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

⁴ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.

⁵ Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

E-mail: zS22024505@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El concreto reforzado (CR) es un material ampliamente utilizado como método de edificación de infraestructuras (en comparación con otros materiales como madera o acero) al poseer ventajas como larga vida útil de servicio y bajo costo de producción, sin embargo, el CR es susceptible a presentar degradación principalmente del acero de refuerzo por corrosión, afectando sus condiciones de durabilidad [1]. Se han propuesto métodos alternativos para evitar el deterioro del concreto. Fajardo, G., et al. [2], menciona que el uso de nanopartículas de SiO₂ (NP) por un método de humectación atenúa la degradación del concreto.

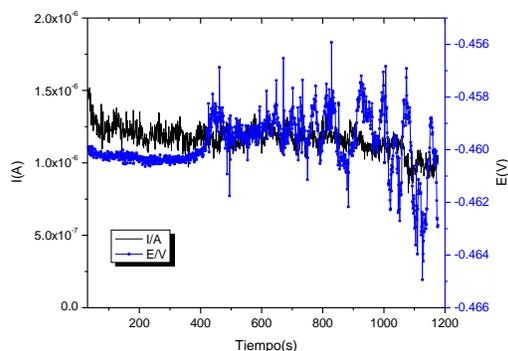
2. METODOLOGÍA

Se sintetizó NP usando ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) [3] y se aplicó como tratamiento superficial por humectación a CR de cemento Portland compuesto con acero 1018. Se elaboraron probetas con dimensiones de 15 cm de largo, 15 cm de alto y 7 cm de ancho y una relación agua/cemento de 0.45. La concentración de NP aplicada fue de 0.2% respecto al volumen del agua y el tiempo de exposición fue de 72 h, posteriormente curado en hidróxido de calcio hasta los 28 días. Se usó la técnica de ruido electroquímico (RE) para monitorear el proceso de corrosión del acero mediante fluctuaciones aleatorias y espontáneas de potencial y corriente generadas en la corrosión del acero de refuerzo embebido en el concreto.

3. RESULTADOS

Se sintetizaron NP a partir de CBCA de tipo amorfa con una pureza del 90 % y con un tamaño promedio de 80 nm, que fueron aplicadas mediante tratamiento superficial por humectación a los CR. Una comparación de los resultados obtenidos de los gráficos para las probetas evaluadas hasta los 28 días

muestra una disminución de menos de 0.001 mA/cm².



Gráfica 1. Transientes de potencial y corriente en función del tiempo (T0)

4. CONCLUSIONES

La aplicación de NP por tratamiento superficial en concretos reforzados evaluados a la edad de 28 días influyó en la corrosión del acero disminuyendo las fluctuaciones de potencial y corriente del RE

5. REFERENCIAS

- [1] M. G. Sohail, R. Kahraman, N. A. Alnuaimi, et-al, A. Belarbi, *Construction and Building Materials*, **232**, 117205, (2020).
- [2] G. Fajardo, A. Cruz-López, D. Cruz-Moreno, et-al, *Construction and Building Materials*, **76**, 158, (2015)
- [3] G. Falk, G.P. Shinhe, L.B. Teixeira, E.G. Moraes A.P. Novaes de Oliveira, *Ceramics International*, **4** 21618, (2019).

CTS-O22 Anodizado de TiO₂ dopado con cromo y cobalto para el estudio de la corrosión en un fluido corporal simulado

Presentación Oral

S. Hernández Montiel¹, A. Carmona Hernández², R. Orozco Cruz², R. Galván Martínez², J. Hernández Torres¹, L. García González^{1*}

¹Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz 94294, México.

²Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz 94292, México.

E-mail: zs20022554@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El titanio es un metal mayormente reconocido por su gran resistencia contra la corrosión. No obstante, es gracias al anodizado electroquímico que dicha característica se puede potenciar [1]. La película protectora reduce considerablemente la interacción de iones corrosivos, lo que minimiza el daño de este material [1]. Tomando como base lo anterior, así como la ya muy reconocida biocompatibilidad que presentan los materiales a base de titanio [2], en esta investigación se realizó el estudio de la corrosión de TiO₂ anodizado utilizando un fluido corporal simultaneo. Se realizo el dopado con cromo y cobalto debido a que también destacan en el área de la salud por su uso en implantes y prótesis biomédicas.

2. METODOLOGÍA

Para el anodizado se empleó una solución compuesta por HCl, etilenglicol y agua desionizada. Se añadió la sal K₂Cr₂O₇ como precursora de cromo y Co(NO₃)₂·6H₂O como la precursora de cobalto. Posteriormente, las láminas fueron recocidas aplicando un barrido de temperaturas que fue desde de los 400 a 800 °C. Considerando el fluido corporal simulado de Hank, se evaluó el comportamiento contra la corrosión mediante EIS y curvas de polarización.

3. RESULTADOS

Los valores del E_{corr} obtenidos por el OCP de las muestras se posicionaron por encima del que presentó el titanio, lo que indica una mayor facilidad de pasivación por parte del TiO₂ [3]. Los diagramas de Nyquist revelaron una mejora de la resistencia a la corrosión (aumento en el diámetro del semicírculo) por parte de las muestras sin y con dopado, principalmente en los tratamientos térmicos más altos (Figura 1). Esta conducta se puede adjudicar principalmente al

crecimiento del espesor de las películas, así como también a la formación de la fase rutilo [4].

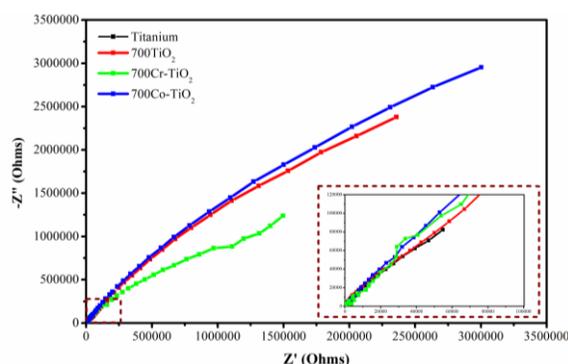


Figura 1. Diagrama Nyquist de las muestras a 700 °C.

4. CONCLUSIONES

En general, las películas anodizadas y tratadas térmicamente mejoraron la resistencia en contra de la corrosión del titanio. Al hacer uso de la solución fisiológica de Hank como medio, se puede establecer que existe la posibilidad para aplicaciones ortopédicas.

5. REFERENCIAS

- [1] B. Minhas, S. Dino, Y. Zuo, H. Qian, and X. Zhao, *Materials*, **14**, 1, (2021).
- [2] J. Stepanovska, R. Matejka, J. Rosina, L. Bacakova and H. Kolarovac, *Biomedical Papers*, **164**, 23, (2020).
- [3] L. Mohan, C. Anandan and N. Rajendran, *Materials Science and Engineering C*, **50**, 394, (2015).
- [4] M. Jarosz, J. Grudzien, J. Kapusta-Kolodziej, A. Chudecka, M. Soltys and G. D. Sulka, *Nanostructured Anodic Metal Oxides*, 211, Elsevier, Polonia, (2020).

CTS-O23 Fabricación y caracterización de anodizado duro con ácidos cítrico en aleación de aluminio 7075 empleados en la industria aeronáutica.

Presentación Oral

C. N. Cabral Miramontes¹, C. Gaona Tiburcio¹, F. Estupiñan López¹, F. J. Olguin Coca², L. D López León², F. Almeraya Calderón¹, J.A Cabral Miramontes^{1*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica.

²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

E-mail: jose.cabralmr@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente las aleaciones de aluminio se emplean en la industria aeronáutica y son materiales de suma importancia utilizados en estructuras internas y fuselaje. Las aleaciones de aluminio de la serie 7XXX en especial AA7075 ofrece excelente relación peso/propiedades mecánicas, costo moderado y presentan buena resistencia al daño por fatiga y corrosión. En los últimos años, se han buscado procesos más ecológicos y que sean más amigables con el medio ambiente, para sustituir el anodizado convencional con ácido crómico o sulfúrico en el proceso de fabricación de anodizado. El ácido cítrico es una gran alternativa como solución electrolítica, ya que la solución orgánica proporcionara una capa dura de alúmina sobre la superficie del aluminio. Al obtener una capa dura de óxido de aluminio con más espesor y un recubrimiento homogéneo, se garantiza mayor protección sobre las aleaciones de aluminio [1, 2].

2. METODOLOGÍA

Para la fabricación del anodizado duro se empleó aluminio AA7075, la solución electrolítica utilizada para el anodizado fue una mezcla de ácido cítrico y ácido sulfúrico aplicando densidades de corriente de anodizado de 3.0 y 4.5 A/dm², a temperatura de 0 °C durante 60 min. La evaluación de la aleación AA7075 anodizada se efectuó a través de la técnica electroquímica de curvas de polarización potenciodinámicas cíclicas (CPPC) en solución de NaCl al 3.5 % en peso. Se utilizó microscopia electrónica de barrido para determinar la morfología superficial y el espesor de los anodizados, además de microdureza Vickers como parte de una resistencia mecánica.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los datos de las CPPC de las muestras anodizadas con densidades de corriente de 3.0 y 4.5 A/dm². Se puede observar que las muestras anodizadas con 5ml y 10 ml de H₂SO₄ presentaron histerésis positivas y densidades de corriente de corrosión menores a una AA7075 sin anodizar.

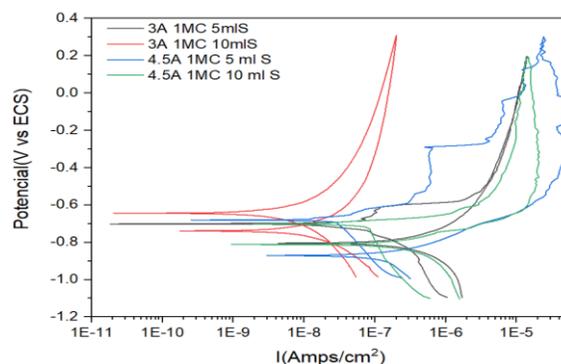


Figura 1. CPPC a 3.0 y 4.5 A/dm².

4. CONCLUSIONES

Las muestras anodizadas en soluciones combinadas de ácido cítrico-sulfúrico presentaron mejor resistencia a la corrosión que el material sin anodizar, lo cual convierte al ácido cítrico en una buena alternativa para la fabricación de anodizado duro en aleación de aluminio AA7075.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Cabral Miramontes, C. Gaona Tiburcio, F. Estupiñan López, F. Almeraya Calderón. *Materials*, **15**, 6401, (2022).
[2] J. M. Runge, *The Metallurgy of anodizing Aluminum*. USA. Springer. (2018).

CTS-O24 Evaluación de Carbon Dots codopados con N y S como inhibidor de corrosión

Presentación Oral

J. J. Martínez-González¹, A. Flores-Nicolás¹, Y. Kumar¹, L. A. López Pérez¹, K. F. Trujillo Luna¹, J.G. González-Rodríguez^{1*}

¹Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, CIICAP, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, 62209, Cuernavaca, Morelos.

E-mail: jose.martinezgon@uaem.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acero es crucial para la civilización por sus propiedades mecánicas, pero su susceptibilidad a la corrosión compromete su tiempo de vida. Los inhibidores de corrosión forman películas protectoras en el acero, evitando así la corrosión [1]. Sin embargo, los inhibidores sintéticos son costosos y tóxicos. Los Carbon Dots (CDs) ofrecen una alternativa sostenible por su alta solubilidad, bajo coste y baja toxicidad. El dopaje de CDs con heteroátomos de nitrógeno y azufre mejora sus propiedades intrínsecas, aumentando su reactividad, solubilidad y estabilidad [2]. Este estudio evalúa la eficacia de los CDs como inhibidores de corrosión del acero 1018 en ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0.5 M, la efectividad de los CDs dopados con diferentes heteroátomos en la formación de películas protectoras y su impacto en la reducción de la tasa de corrosión, con el objetivo de desarrollar una solución sostenible y eficiente para la protección de estructuras metálicas.

2. METODOLOGÍA

El electrodo de acero 1018 con un área expuesta de 1 cm^2 . El electrolito de 0.5 M. (H_2SO_4) Los CDs se prepararon mediante síntesis hidrotérmica con ácido cítrico y urea. La Espectroscopia de Impedancia Electroquímica, se utilizó un rango de frecuencias de 10 KHz a 0.1 Hz con una señal de amplitud de 10 mV. Las pruebas potenciodinámicas a una velocidad de barrido constante de 0.5 mV/s, desde un potencial catódico de -1 V hasta un potencial anódico de +1 V con respecto al potencial de corrosión.

3. RESULTADOS

La figura 1 muestra en curvas de polarización un comportamiento activo sin formación de una capa pasiva. El potencial de corrosión fluctúa entre -400 y -490 mV con la adición de CDs, dependiendo de su concentración, y la densidad de corriente de corrosión

disminuyó hasta 2 órdenes de magnitud. La forma de los diagramas de Nyquist permanece constante, indicando un mecanismo de corrosión inalterado. Sin embargo, el diámetro del semicírculo capacitivo aumentó con mayores concentraciones del inhibidor, alcanzando su máximo a 400 ppm, lo que demuestra la eficacia de los CDs en la inhibición de la corrosión.

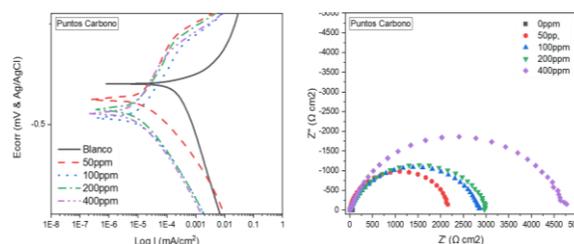


Figura 1. Efecto de la concentración de CDs en las curvas de polarización y los diagramas de Nyquist del acero 1018 en (H_2SO_4).

4. CONCLUSIONES

Los resultados muestran efecto sobre la pendiente catódica, actuando como un inhibidor de tipo catódico. Al bloquear los sitios activos de adsorción de protones, afecta la reacción de evolución del hidrógeno. El mecanismo de corrosión, controlado por la adsorción/desorción de especies intermedias, no se alteró con la adición del inhibidor. Actuando de manera efectiva como inhibidor de corrosión.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Pais, P.J.J. Rao, *An up-to-date review on industrially significant inhibitors for corrosion control of zinc*, 7, 117, (2021)
- [2] S. Wu, J. Wang, T. Liu, X. Guo, L. Ma, *Sulfosalicylic acid modified carbon dots as effective corrosion inhibitor and fluorescent corrosion indicator for carbon steel in HCl solution*, 661, 130951, (2023)

CTS-O27 Análisis de ruido electroquímico del efecto de nanopartículas SiO₂ aplicado en concreto reforzado para proteger el acero de embebido.

Presentación Oral

I. R. Hernández-Cabrera¹, A. Landa-Gómez², Fajardo-San-Miguel³, G. K. Pedraza-Basulto⁴, A. Carmona-Hernandez⁵, R. Orozco-Cruz⁵, A. Espinosa-Vázquez⁵, R. Galván-Martínez⁵

¹ Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

² Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

³ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

⁴ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.

⁵ Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

E-mail: zS22024505@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El concreto reforzado (CR) es un material ampliamente utilizado como método de edificación de infraestructuras (en comparación con otros materiales como madera o acero) al poseer ventajas como larga vida útil de servicio y bajo costo de producción, sin embargo, el CR es susceptible a presentar degradación principalmente del acero de refuerzo por corrosión, afectando sus condiciones de durabilidad [1]. Se han propuesto métodos alternativos para evitar el deterioro del concreto. Fajardo, G., et al. [2], menciona que el uso de nanopartículas de SiO₂ (NP) por un método de humectación atenúa la degradación del concreto.

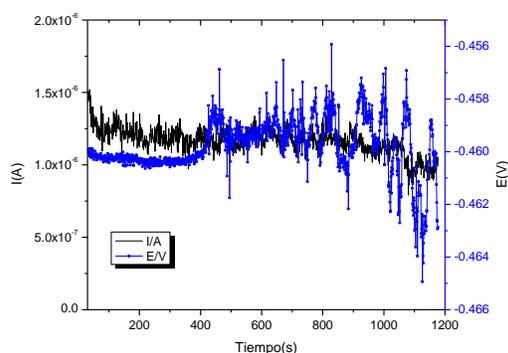
2. METODOLOGÍA

Se sintetizó NP usando ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) [3] y se aplicó como tratamiento superficial por humectación a CR de cemento Portland compuesto con acero 1018. Se elaboraron probetas con dimensiones de 15 cm de largo, 15 cm de alto y 7 cm de ancho y una relación agua/cemento de 0.45. La concentración de NP aplicada fue de 0.2% respecto al volumen del agua y el tiempo de exposición fue de 72 h, posteriormente curado en hidróxido de calcio hasta los 28 días. Se usó la técnica de ruido electroquímico (RE) para monitorear el proceso de corrosión del acero mediante fluctuaciones aleatorias y espontáneas de potencial y corriente generadas en la corrosión del acero de refuerzo embebido en el concreto.

3. RESULTADOS

Se sintetizaron NP a partir de CBCA de tipo amorfa con una pureza del 90 % y con un tamaño promedio de 80 nm, que fueron aplicadas mediante tratamiento superficial por humectación a los CR. Una comparación de los resultados obtenidos de los gráficos para las probetas evaluadas hasta los 28 días

muestra una disminución de menos de 0.001 mA/cm².



Gráfica 1. Transientes de potencial y corriente en función del tiempo (T0)

4. CONCLUSIONES

La aplicación de NP por tratamiento superficial en concretos reforzados evaluados a la edad de 28 días influyó en la corrosión del acero disminuyendo las fluctuaciones de potencial y corriente del RE

5. REFERENCIAS

- [1] M. G. Sohail, R. Kahraman, N. A. Alnuaimi, et-al, A. Belarbi, *Construction and Building Materials*, **232**, 117205, (2020).
- [2] G. Fajardo, A. Cruz-López, D. Cruz-Moreno, et-al, *Construction and Building Materials*, **76**, 158, (2015)
- [3] G. Falk, G.P. Shinhe, L.B. Teixeira, E.G. Moraes A.P. Novaes de Oliveira, *Ceramics International*, **4** 21618, (2019).

CTS-O28 Estudio del proceso de corrosión del acero al carbono expuesto en medios amargos. Efecto de la concentración de H₂S

Presentación Oral

A.A. Ramírez Chuc¹, P.J. Góngora Alvarez¹, R. Cambranis Meneses¹, J.L. Alamilla², H.B. Liu², E. Sosa², A. Contreras², L.M. Quej Ake^{2*}

¹Instituto Tecnológico de Campeche, Carretera Campeche-Escárcega km. 9, Lerma, Campeche, México.

²Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, Col. San Bartolo Atepehuacan, C.P. 07730, CDMX, México.

E-mail*: lquej@imp.mx

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los resultados de impedancia obtenidos en el acero al carbono 1018 en contacto con diferentes concentraciones (x) de H₂S presentes en un medio ácido amargo (HCl 0.05 M + xH₂S, con la finalidad de simular las diferentes fluctuaciones del contaminante, que se forman en los últimos platos y domo de las torres de destilación primaria [1]. Se utilizaron las condiciones más agresivas encontradas en un trabajo electroquímico previo (2000 rpm, 3 h, 30 y 40 °C) [2]. Los resultados obtenidos, permitieron observar que, el tiempo de inmersión, genera importantes modificaciones en los espectros de impedancia; lográndose identificar que una concentración de 50 ppm de H₂S presenta aparentemente propiedades de protección de la superficie del acero, y que 500 ppm de H₂S provocan las condiciones más agresivas al acero. Las imágenes de microscopía electrónica de barrido revelaron la formación de partículas sólidas y productos de corrosión de diferente característica que involucran a los elementos como el hierro, oxígeno y azufre en la superficie del acero inmerso en 500 ppm de H₂S.

2. METODOLOGÍA

El medio ácido amargo se preparó usando HCl 0.05 M y mezclando 0.04-0.4 g de Na₂S al 35% para generar 50, 100, 150, 300 y 500 mg/L H₂S. Se utilizó una celda electroquímica convencional acoplado a un baño isotérmico. Los espectros de impedancia se obtuvieron un intervalo de frecuencia de 10 kHz-10 mHz y ±10 mV de potencial de perturbación.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestra que la fuerza iónica (R_s) de la solución se mantiene en un valor promedio de 18 Ω.cm². La resistencia a la transferencia de carga (R_{ct})

sugiere que, 0 a 500 mg/L de H₂S, el proceso de corrosión se activa de manera significativa. En base al valor del elemento de fase constante (Q_{dcc}), se observa que un incremento en la concentración de H₂S provoca un aumento en los valores de este parámetro, indicando la existencia de una alta cantidad de carga acumulada temporalmente en la doble capa, disponible para oxidar y/o reducir uno o más iones metálicos y/o especies depositadas en la superficie del metal.

Tabla 1. Valores de elementos eléctricos del acero 1018 expuesto en diferentes concentraciones de H₂S.

Concentración de H ₂ S (mg/L)	R _s (Ω.cm ²)	R _{ct} (Ω.cm ²)	Q _{dcc} (μF/cm ²) 1x]
0	18.5	30.7	3.75
50	18	22	0.82
500	19	12.5	6.54

4. CONCLUSIONES

Una solución de HCl 0.05 M afectado por 500 mg/L de H₂S, una velocidad de rotación del electrodo de 2000 rpm, 3h y 40 °C generó una drástica disminución de los valores de impedancia real e imaginaria y corrosión por picaduras en el acero al carbono 1018.

5. REFERENCIAS

- [1] L.M. Quej Ake, J.L. Alamilla, M.A. Domínguez, A. Contreras, ECS Transaction, **110**, 7 (2023).
[2] L.M. Quej Ake, R. Cabrera, E. Arce Estrada, *Int. J. Electrochem. Sci.*, **8**, 924, (2013).

CTS-O29 Efecto del tamaño de partícula de un suelo calcáreo del estado de Campeche sobre el proceso de corrosión externa de aceros al carbono

Presentación Oral

P.J. Góngora Alvarez¹, A.A. Ramírez Chuc¹, R. Cambranis Meneses¹, R. Vai, J.L. Alamilla², H.B. Liu, E. Sosa, A. Contreras, L.M. Quej Ake^{2*}

¹Instituto Tecnológico de Campeche, Carretera Campeche-Escárcega km. 9, Lerma, Campeche, México.

²Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central Lázaro Cárdenas Norte 152, Col. San Bartolo Atepehuacan, C.P. 07730, CDMX, México.

E-mail*: lquej@imp.mx

1. INTRODUCCIÓN

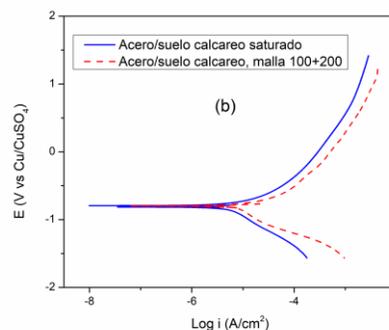
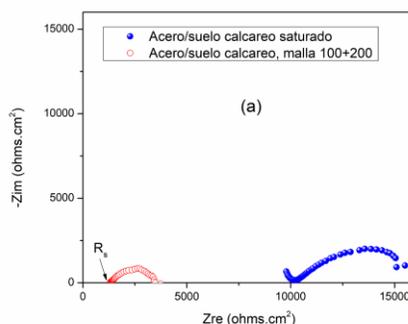
En este trabajo se presentan pruebas fisicoquímicas y electroquímicas (impedancia y curvas de polarización) para el estudio de los procesos de corrosión en un acero al carbono (0.5 cm² de área) expuestos en un suelo calcáreo, del estado de Campeche y saturado con agua desionizada. Se incluye el proceso de corrosión afectado por el tamaño de partícula, elementos químicos y procesos de lavados del suelo [1]. Los resultados experimentales indican un mayor daño por corrosión en una mezcla de tamaños de partículas menores a la malla 100 (149 micras).

2. METODOLOGÍA

Los espectros de impedancia se obtuvieron en un intervalo de frecuencia de 10 kHz-0.1 Hz y un potencial de perturbación de ±10 mV. Las curvas de paralización fueron obtenidas usando ±1.5 V de potencial de perturbación vs. potencial a circuito abierto y una velocidad de barrido de potencial de 0.45 mV/s.

3. RESULTADOS

La Figura 1a muestra, a manera de ejemplo, la evidencia de la formación de un mayor conductor iónico del suelo (R_s) en presencia de tamaños de partículas menores a 149 micras, y como resultado, un mayor proceso de corrosión (Figura 1b).



4. CONCLUSIONES

Es posible estudiar el proceso de corrosión de aceros al carbono afectados por el tamaño de partícula y lavado de los suelos, con la finalidad de considerar los comportamientos electroquímicos en los sistemas de protección catódica por corriente impresa o ánodos de sacrificio.

5. REFERENCIAS

[1] M. Zarabi, M. Jalali, *Environm. Monit. Assess.*, **184**, 7607, (2012).

CTS-O30 Recubrimiento biodegradable con nanopartículas de plata obtenido por líquidos iónicos en una aleación AZ31

Presentación Oral

NV Elias-Robles¹, P Roncagliolo-Barrera¹,

¹ Facultad de química, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, U. N. A. M

E-mail: nadia.vianey.elias@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El magnesio y sus aleaciones son llamativos en el área de la medicina debido a su resistencia mecánica, ligereza, biocompatibilidad y biodegradabilidad que los hace ideales para el cuerpo humano, sin embargo, posee una limitante: su baja resistencia a la corrosión [1]. El uso de líquidos iónicos para la aplicación de recubrimientos protectores ofrece una solución ante los desafíos asociados con la degradación de aleaciones de magnesio, además, su adaptación a nivel molecular, su baja volatilidad y su alta estabilidad térmica los convierte en una adecuada alternativa como recubrimientos. Representa una vía sustentable y respetuosa con el medio ambiente gracias a su naturaleza, por otro lado, las nanopartículas de plata son conocidas por su capacidad para inhibir el crecimiento bacteriano y su alta biocompatibilidad que las hace atractivas para piezas quirúrgicas [2]. Este trabajo tiene el objetivo de usar un líquido iónico para desarrollar recubrimientos biocompatibles y con mayor durabilidad en aleaciones de magnesio degradables.

2. METODOLOGÍA

Para el recubrimiento se empleó un líquido iónico (LI) hecho con cloruro de betaina y ácido láctico en una relación molar 1:2 con agitación constante y a una temperatura de 80 °C hasta obtener una solución homogénea. Las piezas de AZ31B fueron sumergidas en el LI durante 30 minutos y potencial de 10 V (TC). Se retiraron y aplicó un biopolímero a partir de una solución de poli(vinil) ácido (PVA) agitando 1 h a 80 °C, posterior a ello se aplicaron nanopartículas de Ag una solución acuosa de AgNO₃ 5 mM. Se realizó una evaluación en solución Hank's a 37 °C y pH de 7.4 con pruebas electroquímica como medición de potencial a circuito abierto (OCP), espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), resistencia a la polarización (Rp) y polarización potenciodinámica cíclica (PPC). La morfología y productos de corrosión se caracterizaron por microscopía electrónica de barrido (MEB) y

emisión de rayos X (EDRx).

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran los resultados para la aleación AZ31 en solución Hank's con los diferentes recubrimientos.

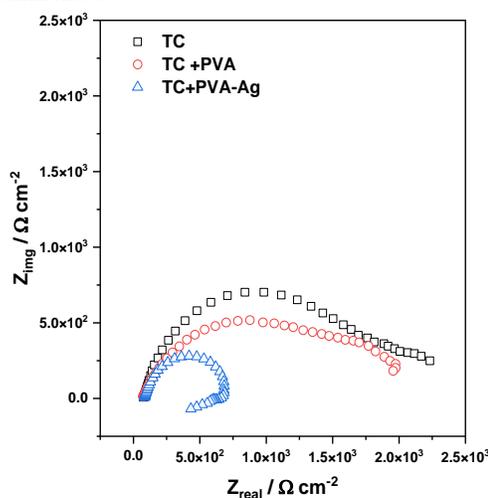


Figura 1. AZ31 en solución Hank's para tratamiento de conversión TC, TC+ PVA y TC+PVA-Ag

4. CONCLUSIONES

Se logró un tratamiento de conversión sobre una pieza de magnesio mediante la aplicación de líquido iónico y nanopartículas de Ag, el cual es sustentable, biocompatible y que aumenta la resistencia a la corrosión en implantes médicos.

5. REFERENCIAS

- [1] Z. Z Yin, W. C Qi, R. C. Zeng, X. B., Chen, C. D. Gu, S. K. Guan, & Y. F. Zheng. *Journal of Magnesium and Alloys*. 8(1), 42-65. (2020)
- [2] T. Bruna, F. Maldonado-Bravo, N. Caro. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (13), 7202, (2021).

CTS-O31 Formación de picaduras controladas en acero AISI 304 mediante el uso de medios tipo NACE TM0177 modificados

Presentación Oral

M.P. Gallardo Castro¹, M.A. Veloz Rodríguez^{1*}, G. Galicia Aguilar², R. A. Vázquez García¹, J. Hernández Ávila¹

¹ Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo km 4.5 C.P. 42184, Pachuca, Hidalgo.

² Instituto de ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. Juan Pablo II S/N, Costa Verde, C.P.94292 Boca del Río, Ver.

E-mail: mveloz@uaeh.edu.mx , ga477764@uaeh.edu.mx

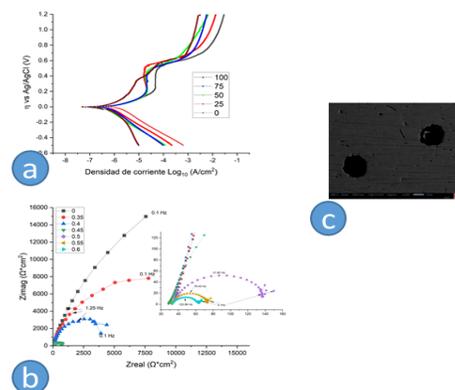
1. INTRODUCCIÓN

Los aceros son materiales susceptibles a diferentes tipos de corrosión, en función de su composición química y al medio que estos se exponen. La formación de picaduras, un tipo de corrosión localizada; es favorecida por la presencia de aniones agresivos, temperatura, pH, entre otras variables[1]. Por lo general, como cualquier tipo de corrosión, se trata de mitigar haciendo uso de varios métodos de protección como son los inhibidores y recubrimientos[2]; siendo esto un problema que limita las aplicaciones de estos materiales. Por ello, en este trabajo se presenta el estudio del proceso de picadura, usando medios tipo NACE TM0177[3] modificados para controlar la distribución y tamaño de éstas.

2. METODOLOGÍA

Para el proceso de generación de picaduras se utilizaron las técnicas de espectroscopia de impedancia electroquímica y curvas de polarización; haciendo uso de una celda convencional de tres electrodos y un Potenciostato PGSTAT30; se usó como electrodo de referencia Ag/AgCl y grafito como contraelectrodo. Como electrodos de trabajo se utilizaron probetas cuadradas de 1 cm² de un acero AISI 304. Y como medios electrolíticos se utilizaron soluciones amortiguadas tipo NACE TM0177 modificadas con Goma Xantana (GX) y Etilenglicol (EG). Adicionalmente, se hizo un seguimiento de los cambios superficiales mediante difracción de rayos X y microscopia electrónica de barrido.

3. RESULTADOS



a) Curvas de polarización sustituyendo en volumen de los medios NACE TM0177, EG por el DI; b) Diagrama de Nyquist del sistema 75 EG/ 25 DI, variando el sobrepotencial; c) Micrografía del acero con el sistema 75 EG/ 25 DI.

4. CONCLUSIONES

Se reporta la influencia de la GX y EG sobre la distribución y tamaño de las picaduras formadas sobre el acero; afectando principalmente la difusión de los iones Cl en la interfaz metal/electrolito.

5. REFERENCIAS

- [1] K. V. Akpanyung and R. T. Loto, "Pitting corrosion evaluation: A review," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2019.
- [2] N. Perez, *Electrochemistry and Corrosion Science*. Cham: Springer International Publishing, 2016.
- [3] NACE International., *Standard test method: laboratory testing of metals for resistance to sulfide stress cracking and stress corrosion cracking in H₂S environments*. Nace International, 2016.

CTS-O32 Obtención de un recubrimiento Co-W por electrodeposición a partir de un disolvente eutéctico profundo (DES).

Presentación Oral

D. H. Farfán Canales¹, P. Roncagliolo Barrera¹, R. Ballinas-Indili², FJ Rodríguez Gomez¹

¹Facultad de química, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, U. N. A. M

²Instituto de Química, U.N.A.M.

E-mail: proncagliolo@quimica.unam.mx, 317046111@quimica.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Las aleaciones base Tungsteno-molibdeno con metales del grupo VIII B (Fe, Co, Ni) han sido objeto de interés en las últimas décadas por sus altas propiedades mecánicas, anticorrosivas y térmicas, pues permiten nuevas líneas de investigación en lo referente a la producción de energías limpias, así como también un sustituto para los recubrimientos cromados, ya que estos tienen cromo hexavalente un agente tóxico para la salud [1]. Tales beneficios pueden ser obtenidos por vía electroquímica, en disoluciones no acuosas y usando agentes complejantes los cuales facilitan las fases iniciales de nucleación y crecimiento, dando así control sobre las variables para obtener las propiedades deseadas [2,3]. Por consiguiente, es importante el desarrollo experimental que permita identificar las condiciones de operación en las cuales se favorezcan tales propiedades.

2. METODOLOGÍA

Para determinar las condiciones del depósito de la aleación Co-W se utilizó como disolvente eutéctico profundo (DES) el cloruro de colina y etilenglicol en proporción 1:2 y una solución electrolítica en la siguiente composición: Na_2WO_4 (0.5M), CoSO_4 (0.5M), $\text{NiSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ (3.36 M), NiCl_2 (0.709M), H_3BO_3 (1.132 M) y compuesto tipo Salen como ligantes. Se realizaron polarización potenciodinámicas catódicas usando un sobrepotencial de 1V y una velocidad de barrido $30 \frac{\text{mV}}{\text{min}}$ con agitación constante a 50°C. Para la evaluación de las propiedades morfológicas, electroquímicas y mecánicas se hizo uso del Microscopio electrónico de barrido (MEB), Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), Resistencia a la polarización (R_p) y el ensayo de dureza Vickers.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestran las imágenes obtenidas en el MEB para la aleación Co-W

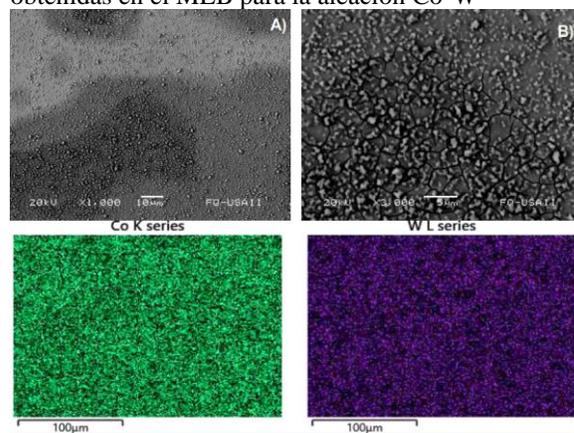


Figura 1. Depósito de Co-W y mapeo de elementos

4. CONCLUSIONES

El depósito de la aleación Co-W como recubrimiento con DES presenta propiedades mecánicas y anticorrosivas superiores a las de Ni-W, Ni-Co.

5. REFERENCIAS

- [1] E. Vernickaite, N. Tsyntsaru, K. Sobczak, H. Cesiulis, *Electrochimica Acta*, 318, 597, (2019).
- [2] Y. Meng-chao, D. Ting-ting, Z. Hao, H. Feng-jiao, H. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 31, 1842, (2021).
- [3] A. L. M. Oliveira, J. D Costa, M. B. De Sousa, J. J. N. Alves, A. R. N. Campos, R. A. C. De Santana. *Journal of alloys and compounds*, 619, 697 (2015)

CTS-O33 Segmentación estadística y modelado oculto de Markov de señales de ruido electroquímico para análisis de corrosión

Presentación Oral

C. Martínez Ramos¹, C. Gaona-Tiburcio¹, F. H. Estupiñán-López¹, J.A. Cabral-Miramontes¹, M.R. Lara-Banda¹, J.M. Jáquez-Muñoz², M. Villegas-Tovar², F. Almeraya-Calderón¹.

¹ universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

² Centro de Investigación e Innovación en ingeniería Aeronáutica.

E-mail: cintiamtzramos@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La técnica de ruido electroquímico (EN) detecta y monitorea la corrosión midiendo señales de potencial y corriente en la superficie de los electrodos sin aplicar señales externas. El análisis se puede realizar en el dominio del tiempo, donde se determinan parámetros estadísticos, o también el análisis con la transformada rápida de Fourier (FFT) en el dominio de la frecuencia.

Dos problemas en el análisis de series de tiempo son la generalización de datos, que puede omitir microeventos, y el análisis visual es subjetivo, que puede ser sesgado. Para mejorar la precisión e interpretación, se empleó el algoritmo de modelos ocultos de Markov (HMM), que se enfoca en el estado actual para predecir futuros eventos, permitiendo identificar patrones de corrosión y su comportamiento en cada segmento de la serie de tiempo. [1,2].

2. METODOLOGÍA

La base de datos incluye 67 señales de ruido de 8 materiales distintos (AA2024, AA7075, TiCP2, TiB, Ti64, Ti6242, Custom 450 y AM 350), procesados con varios tratamientos. Esta diversidad es esencial para entrenar el algoritmo de modelos ocultos de Markov (HMM) que analiza series de tiempo y detecta patrones de corrosión.

El HMM ajusta sus parámetros mediante probabilidades de transición y emisión. Se usó un algoritmo de detección de puntos de cambio con PELT y una Función Base Radial (RBF). El algoritmo de Viterbi determinó la secuencia de estados más probable.

3. RESULTADOS

La segmentación estadística y el algoritmo HMM aplicados a muestras de Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo anodizado en H₂SO₄ revelaron las siguientes segmentaciones: corrosión localizada, corrosión

localizada con tendencia a corrosión uniforme y pasivación, corrosión mixta con tendencia a corrosión uniforme y pasivación, y corrosión localizada con tendencia a corrosión transgranular (SCC #2).

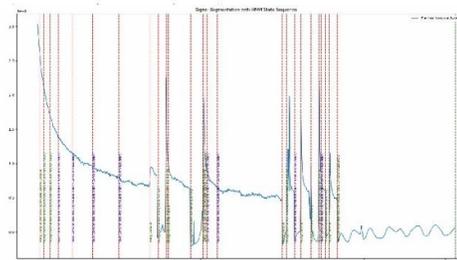


Figura 1. Segmentación de Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo.

4. CONCLUSIONES

Estos resultados demuestran que el enfoque metodológico utilizado puede segmentar y analizar detalladamente las series temporales de señales electroquímicas. La combinación de segmentación estadística y modelado con HMM identificó diferentes tipos de corrosión y caracterizó sus tendencias y fenómenos asociados.

5. REFERENCIAS

- [1] Revie, R. W. (2011). *Uhlig's Corrosion Handbook*. John Wiley & Sons.
- [2] Loto, C. (2012). *Electrochemical Noise Measurement Technique in Corrosion Research*. *International Journal Of Electrochemical Science*, 7(10), 9248-9270. [https://doi.org/10.1016/s1452-3981\(23\)16195-5](https://doi.org/10.1016/s1452-3981(23)16195-5)

CTS-O34 Ánodos galvánicos de zinc libres de cadmio para la industria pesquera

Presentación Oral

I. García García¹, M.O. Concha Guzmán¹, A.R. Carrillo Ávila¹, L. Lemus Cárdenas¹.

¹Centro Universitario del Norte, Universidad de Guadalajara.

E-mail: i.garcia@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los ánodos galvánicos fabricados con aleaciones de zinc son comúnmente usados en la industria pesquera, siendo la más común la MIL-A-18001-K (ASTM B418 tipo II, la cual contiene entre 0.025 y 0.070 % de cadmio y 0.1 a 0.5 % de aluminio como aleantes) [1]. En años recientes la preocupación por el cuidado de los océanos ha derivado en acciones que limitan el uso de ciertos metales en la fabricación de ánodos galvánicos. El cadmio se ha detectado como un metal altamente contaminante de la vida marina [2], que puede ser absorbido por plantas y entrar en la cadena alimenticia. El objetivo de este trabajo es fabricar ánodos libres de cadmio para la industria pesquera.

2. METODOLOGÍA

Se obtuvieron ánodos de zinc en aleaciones con aluminio, aluminio-indio, indio, zinc puro y se compararon en su desempeño contra la aleación MIL-A-18001-K. Las composiciones finales de cada ánodo se determinaron por medio de espectroscopia de emisión de chispa. 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 catódica de acero al carbono A-36 y aluminio 5052 en agua de mar sintética (ASTM D-1141 “*Synthetic sea water*”).

3. RESULTADOS

Los resultados de la evaluación NACE-TM0190 se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades electroquímicas de ánodos de zinc.

Aleación	Capacidad de corriente, AH/kg	Eficiencia de corriente, %	Potencial, V vs Ag/AgCl
Zn-Al-Cd	847	94.6	-1.050
Zn Puro	791	93.9	-1.000
Zn-Al	762	90.8	-0.990
Zn-In	807	96.8	-1.009
Zn-Al-In	822	95.0	-1.040

La aleación de zinc-aluminio-indio mostró un desempeño similar al de la aleación MIL-A-18001-K en la protección de acero al carbono A-36 y aluminio 5052 en agua de mar. 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

La aleación Al-Zn-In presenta propiedades electroquímicas similares a la aleación MIL-A-18001-K y su desempeño para la protección de materiales de construcción naval como acero al carbono A-36 y aluminio 5052 es aceptable, reduciendo la descarga de cadmio a los océanos. Esta aleación es una alternativa para la protección de embarcaciones menores y granjas de ostión y camarón.

5. REFERENCIAS

[1] W.V. Baeckmann, W. Schwenk, W. Prinz, *Handbook of Cathodic Protection*, p. 185, Gulf Professional Publishing, USA, (1997).

[2] W. Shi, X. Zhao, Y. Han, et.al., *Ocean acidification increases cadmium accumulation in marine bivalves: a potential threat to seafood safety*, Sci Rep 6, 20197 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep20197>

CTS-O35 Recubrimiento de conversión con adiciones de neodimio para aleación AS21 para la industria automotriz a través de un disolvente eutéctico profundo (DES)

Presentación Oral

D. Huarte Nolasco¹, P. Roncagliolo Barrera¹, C. H. Cornelis Janssen², FJ Rodríguez Gomez¹

¹ Facultad de química, Departamento de Metalurgia, U.N.A.M

² Facultad de química, Departamento de Ingeniería Química, U. N. A. M

E-mail: proncagliolo@quimica.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la industria automotriz, la necesidad de materiales livianos y resistentes ha impulsado el desarrollo de aleaciones de magnesio, a pesar de su susceptibilidad a la corrosión. Los recubrimientos de conversión química, tradicionalmente a base de cromato y fosfato, ofrecen protección contra la corrosión, pero presentan problemas ambientales. Como alternativa, los disolventes eutécticos profundos (DES) combinados con neodimio proporcionan una solución ecológica y efectiva. El neodimio, un lantánido, forma una capa protectora en la superficie de la aleación, mejorando significativamente la resistencia a la corrosión y la durabilidad de los componentes automotrices. Además, estos recubrimientos son menos tóxicos y contribuyen a prácticas más sostenibles en la fabricación de vehículos, cumpliendo con los altos estándares de calidad y rendimiento de la industria. [1]

2. METODOLOGÍA

El proceso de recubrimiento se llevó a cabo utilizando un disolvente eutéctico profundo (DES) compuesto de cloruro de colina y ácido oxálico en una proporción molar de 2:1, seguido de un proceso de pulverización o electrodeposición de una solución de neodimio. La morfología y composición del recubrimiento se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y emisión de rayos X (EDR_x). La resistencia a la corrosión de las muestras recubiertas se evaluó sumergiéndolas en una solución acuosa de NaCl al 3,5% en peso y utilizando técnicas electroquímicas, incluyendo espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), polarización potenciodinámica cíclica (PPC), potencial a circuito abierto (OCP) y resistencia a la polarización (Rp). Además, se realizaron ensayos de dureza con un probador Vickers.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestran los resultados para EIS de AS21, AS21TC, AS21TCNdE, AS21TCNdS

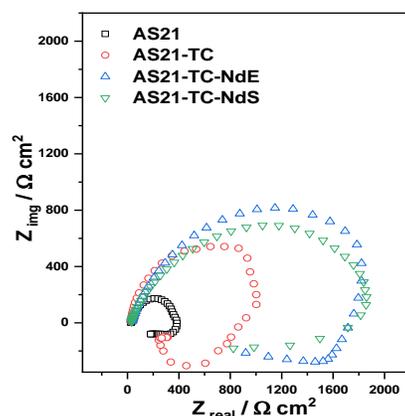


Figura 1 EIS para AS21, AS21TC, AS21TCNdE, AS21TCNdS en solución de NaCl al 3.5% m/m.

4. CONCLUSIONES

El tratamiento de conversión en DES + neodimio proporciona una protección eficaz contra la corrosión, además, contribuye a la sostenibilidad medioambiental al evitar el uso de recubrimientos tóxicos a base de cromato y fosfato usados en piezas automotrices de magnesio.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Song, J. Chen, X. Xiong, X. Peng, D. Chen, F. Pan, Research advances of magnesium and magnesium alloys worldwide in 2021, *J. Magnesium Alloys* 10 (2022) 863-898. <https://doi.org/10.1016/j.jma.2022.04.001>
- [2] D. Zhang, F. Peng, X. Liu, Protection of magnesium alloys: From physical barrier coating to smart self-healing coating, *J. Alloys Compd.* 853 (2021) 157010. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.157010>

CTS-O36 Evaluación *in vitro* de la corrosión de la aleación az31 recubierta con hidroxiapatita y biovidrio S53P4 con tratamiento alcalino

Presentación Oral

C.P. Granja-Banguera¹, L.R. Dzib-Perez^{1*}, I.E. Pech-Pech¹, J.A. González-Sánchez¹, G.I. Canto-Santana¹, J.D. Henao-Penrenrey² y C. Poblano-Salas².

¹ Centro de investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, México.

² Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Querétaro, México.

E-mail: al072617@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de magnesio se degradan en condiciones biológicas por corrosión, lo que las hace útiles como implantes ortopédicos biodegradables. Sin embargo, su rápida corrosión puede afectar sus propiedades mecánicas y generar hidrógeno. Para reducir este efecto, las aleaciones de Mg recubren con biomateriales cerámicos como el vidrio bioactivo (BG) o la hidroxiapatita (HAp), que actúan como barrera y disminuyen la velocidad de corrosión. Además, estos recubrimientos pueden mejorarse con postratamientos alcalinos para modificar su morfología y área superficial. En este trabajo, se lleva a cabo una evaluación *in vitro* de las propiedades barrera del recubrimiento y el efecto del postratamiento alcalino con hidróxido de sodio (0.25M y 1.0M) sobre la resistencia y la velocidad de corrosión de la aleación de Mg AZ31 recubierta con una mezcla de HAp y BG S53P4.

2. METODOLOGÍA

Se empleó la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) en una celda electroquímica de 3 electrodos en circuito abierto, con una frecuencia de barrido de 100 kHz a 10 mHz y una amplitud de voltaje de ± 20 Mv, en fluido corporal simulado (FCS), con un pH de 7.4 a 37°C durante 7 días. Se empleó este mismo sistema para las mediciones de polarización potenciodinámica a una velocidad de barrido de 0.1667 mV/s.

3. RESULTADOS

Los resultados iniciales muestran que el recubrimiento de HAp/S53P4 BG en el AZ31, con y sin postratamiento alcalino, presenta alta corrosión con mecanismos similares en las curvas anódicas y catódicas, y es susceptible a la corrosión localizada en FCS. Los resultados de impedancia muestran una

disminución de la resistencia a la corrosión en las muestras sin postratamiento y con postratamiento a 0.25M, mientras que la muestra con postratamiento a 1.0M muestra una resistencia mayor conforme avanzan los días de inmersión, aunque con un comportamiento intermitente de aumento y disminución de la resistencia. La alta tasa de disolución de Mg forma una capa de hidróxido de magnesio, la cual es afectada por la formación de burbujas de hidrógeno las cuales al desprenderse dejan una superficie activa, aumento de la corrosión. Las técnicas espectroscópicas (FT-IR, XRD, SEM-EDS) confirmaron la formación de hidróxido de magnesio en todas las muestras.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con las gráficas de las curvas de polarización el postratamiento alcalino no genera un efecto significativo en la velocidad de corrosión de las muestras sin y con postratamiento alcalino 0.25 M y 1.0 M en FCS a 37 °C. Las muestras presentan mecanismos de impedancia evolutivos en el transcurso de los 7 días de inmersión en FCS a 37 °C, donde el Mg(OH)₂ es el responsable del aumento de la resistencia a la corrosión, sin embargo, esta presenta un comportamiento variable por la inestabilidad de la capa formada de Mg(OH)₂.

5. REFERENCIAS

[2] J. Dong, T. Lin, H. Shao, H. Wang, X. Wang, K. Song & Q. Li, *Journal of Alloys and Compounds*, **908**, 164600, (2022).

CTS-O37 Pronóstico de la Corrosividad Atmosférica por efectos del Cambio Climático en el Golfo de México

Presentación Oral

G. Galicia Aguilar¹, G. M. Ortigoza Capetillo¹, O. Viveros Cancino¹, J. L. Ramírez Reyes^{1*}

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Mocambo Av. SS. Juan Pablo II, S/N Col. Costa Verde, Boca del Río, Veracruz, Mexico C.P. 94294.

E-mail: luiramirez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los cambios en la energía que recibimos del sol y la rotación, orientación e inclinación de nuestro planeta, genera lo que hoy conocemos como “Cambio Climático Global”, sin embargo las actividades antropogénicas que principalmente se iniciaron con la revolución industrial del siglo XVIII [1], pero sobre todo en los últimos 100 años, ha estado generando gases de efecto invernadero que se ha venido asociando con el calentamiento global del planeta. Se considera que las actividades antropogénicas en los últimos 150 años la temperatura se ha incrementado por 0.76° C, sin embargo de acuerdo con los niveles de crecimiento de la población y de la producción industrial se esperan incrementos de 1.8°C y 4°C para el 2100, sin embargo no se descarta que pueda llegar a los 6.4°C. El calentamiento global trae como consecuencia sequías, lluvias torrenciales, incremento del nivel del mar y la contaminación antropogénica que además del CO₂, también produce SO₂. El clima es considerado como el motor que lleva y trae los contaminantes atmosféricos que produce la naturaleza y las actividades industriales, entonces también es la principal causa de la agresividad sobre toda la infraestructura metálica expuesta a las condiciones atmosféricas.

2. RESULTADOS

Para este trabajo se utilizó la información publicada sobre los modelos SSP1RCP2.6 y SSP5RCP8.5 y los efectos del cambio climático en las principales regiones pobladas del Golfo de México[2]. La corrosividad atmosférica se estimó utilizando la normativa ISO9223(2012), la cual se complementó con una metodología desarrollada en la UV[3] y también, se tomó en cuenta la perspectiva hasta el 2100 sobre los escenarios de producción de SO₂ en forma controlada y sin control[4].

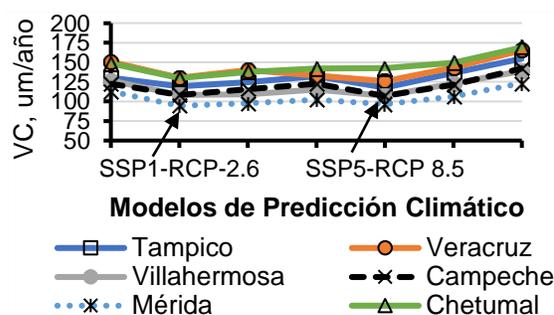


Figura 1. Valores de Corrosividad Atmosférica en el Golfo de México por efectos del Cambio Climático.

3. CONCLUSIONES

Los efectos del calentamiento global, también inciden al incrementar la agresividad sobre la infraestructura metálica y su importancia para México, en el caso del Golfo de México por la industria petrolera en su zona norte y turística en la zona sur y parte del Caribe.

4. REFERENCIAS

- [1] C. Conde, México y el cambio climático global, SEMARNAT (2011), ISBN: 978-968-817-868-3.
- [2] SEMARNAT, Información sobre los efectos del cambio climático en México (2020).
- [3] J. L. Ramírez, J. Uruchurtu, Mapa de Corrosividad Atmosférica en el Estado de Veracruz, Informe final Proyecto 29101, Universidad Veracruzana, Mayo 2009.
- [4] T. E. Graedel and C. Leygraf, Scenarios of atmospheric corrosion in the 21st century, *The Electrochemical Soc. Interphase*, Winter (2001), 24-30.

CTS-O38 Persistencia de Ciano-cumarina (2-oxo-2H-chromeno-3-carbonitrilo) como inhibidor de corrosión bajo condiciones de flujo para acero API X65 en solución de NaCl y CO₂

Presentación Oral

IM Velasco Bautista¹, P. Roncagliolo Barrera¹, FJ Rodríguez Gomez¹

¹ Facultad de química, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, U. N. A. M

E-mail: proncagliolo@quimica.unam.mx, 316244644@quimica.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la industria de hidrocarburos, la presencia de agentes agresivos como CO₂ (corrosión dulce) y H₂S (corrosión amarga) en soluciones salinas, principalmente NaCl, acelera la corrosión de las estructuras metálicas internas de los sistemas de transporte de petróleo. Las concentraciones de CO₂ y H₂S pueden llegar hasta 8% y 100 ppm, respectivamente, lo que agrava el problema y genera costos significativos, estimados en un 2-4% del PIB de países industrializados [1, 2]. El uso de inhibidores de corrosión es una solución económica, pero muchos de ellos son tóxicos para el medio ambiente [3]. Las cumarinas, compuestos naturales y más amigables con el ambiente, se adsorben eficazmente a las superficies metálicas y son candidatas prometedoras como inhibidores de corrosión. Esta investigación se centra en evaluar la persistencia de ciano-cumarinas como inhibidores de corrosión en acero API X65 en condiciones de flujo laminar (Re = 2400) y turbulento (Re = 4000), y a temperaturas de 25°C, 50°C y 75°C, en entornos con CO₂ ("medio dulce").

2. METODOLOGÍA

Se prepararon y caracterizaron probetas cilíndricas de acero API 5L X65, observando su microestructura y determinando su composición química. Se preparó una solución corrosiva y se evaluaron varias concentraciones de ciano-cumarina como inhibidor en una celda de tres electrodos. Se realizaron pruebas electroquímicas (OCP, EIS, Rp, PP) bajo diferentes condiciones de flujo y temperatura para determinar la eficacia del inhibidor. Después de la exposición al medio corrosivo, se analizaron las superficies con SEM y EDS para observar la corrosión y productos formados.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra Rp en función de la temperatura para API X65 en solución NACE B.

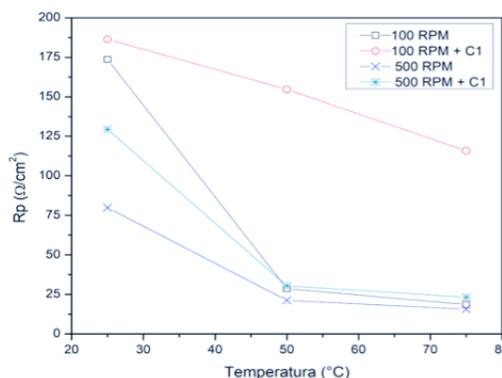


Figura 1. Rp en función de la temperatura en API X65 y 50 ppm de Cianocumarina a 100 y 500 rpm

4. CONCLUSIONES

La respuesta inhibitoria de la cianocumarina evaluada en condiciones de flujo laminar (100 rpm) y turbulento (500 rpm) decrece en función de la temperatura, pero mantiene una persistencia en la persistencia y proporcionando, lo que lo hace un posible candidato para usarse como inhibidor de corrosión en condiciones de operación para acero API X65 en medios dulces.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Ikeda, *Influence of Environmental Factors on Corrosion in CO₂ Source Well*, p. 29, Corrosion/85, (1985).
- [2] N.H. Huynh, *The inhibition of copper corrosion in aqueous environments with heterocyclic compounds*, Queensland University of Technology, (2004).
- [3] A. Al-Amiery, et al., *Limits and developments in ecofriendly corrosion inhibitors of mild steel: a critical review. Part I: Coumarins*, Int. J. Corros. Scale Inhib, 10(4): p. 1355, (2021)

CTS-O39 Estudio de la corrosión del acero api 5l x52 en medio ácido, usando como inhibidor el extracto natural de muicle

Presentación Oral

N. Sánchez Piñón¹, D. Hernández Perez¹, S. Rivera Hernández², J. Aldana González^{1*}, M. Romero Romo¹, M. Palomar Pardavé^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420 Col. Reynosa-Tamaulipas, CP 02200, CDMX, México.

²Universidad Tecnológica de México-Atizapán, Blvd Calacoaya 7, La Ermita, CP 52970, Cdad López Mateos, México.

E-mail: mepp@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es un fenómeno estudiado con mayor frecuencia debido a la gran importancia que conlleva a la preservación de materiales y, por ende, a un fin económico. Con esto se buscan alternativas que ayuden a retrasar este fenómeno. Hoy en día se conocen los inhibidores verdes a partir de plantas, frutas o verduras con efectos antioxidantes, con el fin de mitigar el uso de productos químicos que dañen al planeta. Es por ello por lo que en el presente trabajo se utilizó justicia spicigera, conocida como muicle, a la cual se le atribuyen diferentes cualidades como lo es curar dolores estomacales y hasta combatir algunos tipos de cáncer, en la actualidad se han realizado estudios para evidenciar sus características y su alcance como antioxidante [1][2].

2. METODOLOGÍA

Para obtener el extracto de muicle se empleó un disolvente eutéctico profundo (DES) formado por cloruro de colina 1 M y etilenglicol 2 M (ethaline). Las técnicas electroquímicas utilizadas fueron potencial de circuito abierto y espectroscopia de impedancia electroquímica en medio ácido (ácido sulfúrico 0.5 M).

3. RESULTADOS

Tras repetir el procedimiento adicionando el extracto de muicle tomando muestras de 100 μL se obtuvo como resultado la Figura 1, en la cual se muestra la forma en que aumenta la resistencia a la corrosión del acero API 5L X52 en medio ácido al adicionar el extracto de muicle. Se observa que éste tiene buena respuesta como inhibidor a la corrosión, ya que, al realizar los cálculos necesarios para conocer la eficiencia de inhibición se alcanza hasta un 92.45% respecto al blanco.

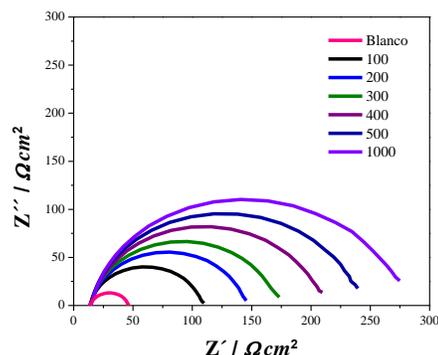


Figura 1 Diagramas de Nyquist obtenidos a partir de la evaluación de la corrosión del acero API 5L X52 en medio ácido mediante la inhibición del extracto natural de Muicle.

4. CONCLUSIONES

La planta de muicle funciona como un excelente inhibidor de la corrosión a partir del extracto obtenido en ethaline.

5. REFERENCIAS

- [1] Aldana-González J., Espinoza-Vázquez A., Romero-Romo M., Urchurtu-Chavarin J., Palomar-Pardavé M., *Arabian Journal of Chemistry*, 2019, p. 3244- 3253
- [2] Aljourani, J., Golozar, M., & Raeissi, K. (2010). *Materials Chemistry and Physics*, 121(1-2), 320-325.

CTS-O40 Evaluación electroquímica del acero inoxidable 17-7PH en solución de NaCl

Presentación Oral

B.S. Martínez¹, C. Gaona-Tiburcio¹, H. Castañeda-López², F. Almeraya-Calderon.¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME- Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica CIIIA.

²Texas A&M University. Department of Materials Science and Engineering, National Corrosion and Materials Reliability Lab.

E-mail: martinezbrisa1992@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión puede generar pérdidas económicas significativas en diversas industrias. Esto es especialmente relevante para el sector aeronáutico, donde la corrosión, causada por la exposición a productos químicos agresivos y condiciones atmosféricas adversas, puede resultar en altos costos de mantenimiento, reparación e inspección. [1-2]. Existen numerosos métodos de prevención, como los recubrimientos y selección adecuada de materiales. Particularmente, el acero es empleado en pequeñas cantidades en comparación con los demás grupos de materiales, sin embargo, es utilizado en componentes como el tren de aterrizaje [3]. El acero inoxidable 17-7 PH se caracteriza por una microestructura martensítica-templada mejorando su resistencia mecánica. Por otra parte, la combinación de elementos en su composición química, como el Cr contribuye a la formación de una película de óxido protectora la cual se puede mejorar utilizando el método de protección conocido como pasivación [4-5]. El objetivo de esta investigación fue estudiar la efectividad del tratamiento de pasivación en muestras de acero inoxidable 17-7PH, realizados con soluciones de Ácido Cítrico y Nítrico a 25°C y 49°C, utilizando diferentes tiempos de inmersión de 30 y 90 minutos y posteriormente expuestos en 3,5 % solución de NaCl.

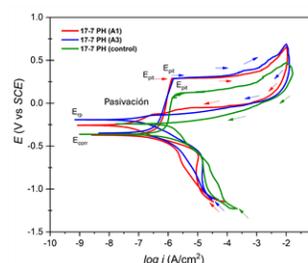
2. METODOLOGÍA

- I. Pretratamiento
 - Preparación metalográfica.
 - Limpieza ultrasónica.
- II. Tratamiento de Pasivación
 - Temperatura: 25°C – 49°C
 - Tiempo: 30-90 min
 - Solución pasivante: C₆H₈O₇, HNO₃.
- III. Pruebas electroquímicas:
 - Curvas de PDP y CPP

3. RESULTADOS

A1- 17-7 PH, 25°C, 30 min, ácido cítrico.

A3- 17-7 PH, 25°C, 90 min, ácido cítrico.



4. CONCLUSIONES

- Los resultados de la técnica de CPP indican en las muestras una histéresis positiva al ser evaluadas en un electrolito de 3.5 % NaCl, atribuible a corrosión localizada.
- Las muestras A1 y A3 presentan una velocidad de corrosión de 1.325×10^{-2} mm/año y 3.3533×10^{-3} mm/año respectivamente.

5. REFERENCIAS

- [1] G.H. Koch, Brongers M.P.H., Thompson, N.G., Virmani P.Y., Payer J.H. *Chapter 1: Costs of corrosion in the United States*. William Andrew, United States, (2005).
- [2] P.A. Mouritz, *Introduction to aerospace materials*. 1st Ed. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, United Kingdom, (2012).
- [3] N. Prasad Eswara, R.J.H. Wanhill. *Volume 2: Aerospace Materials and Technologies*. Springer Science + Business Media, Singapore, (2017).
- [4] C. L. J. R. David Yasensky. *Citric Acid Passivation of Stainless Steel*, Aircraft Airworthiness and Sustainment, USA, (2011). 122.
- [5] Almeraya-Calderon, F.; Villegas-Tovar, et. al. Use of Electrochemical Noise for the Study of Corrosion by Passivated CUSTOM 450 and AM 350 Stainless Steels. *Metals* (2024), 14, 341.

CTS-O45 Caracterización en aguas profundas y su influencia sobre la corrosión y la protección catódica

Presentación oral

I. J. Tapia Loyo¹, R. Delgado Michel¹, G.K. Pedraza Basulto¹, S.E. Díaz Méndez¹,
J.A. Herrera Castillo¹, J.J. Cantó Ibáñez², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la
Escalera^{2*}

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180
Cd del Carmen - México.

² Corrosión y Protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: renydmichel@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La Protección Catódica (PC) es una de las herramientas que tiene como objetivo preservar la integridad y durabilidad de los activos, de manera particular la necesidad de la exploración y recuperación de minerales y petróleo en altamar, lo cual conlleva a instalar estructuras marinas en aguas profundas, como es el caso de plataformas petroleras, tuberías submarinas y muelles, los cuales están constantemente expuestas a ambientes corrosivos. La salinidad del agua de mar, la presión, las corrientes y la vida marina contribuyen a acelerar el proceso de corrosión. Motivo por el objetivo de este trabajo es conocer el comportamiento de las variables en los diferentes entornos oceánicos, en diferentes profundidades y su influencia en el rendimiento de los sistemas de PC. [1] [3]

2. METODOLOGÍA

Mediante la obtención de muestras a través de capsulas sumergibles en un tirante de agua de 1000 m de profundidad se obtuvieron diferentes muestras para la caracterización de oxígeno, temperatura, salinidad y pH a diferentes profundidades, estableciendo con ello la relación que existe entre estas variables y la conductividad eléctrica, aunado a ello la captación de CO_2 , la concentración marina de carbonatos CO_3^{2-} y el pH establecen una relación en la determinación de la precipitación de los depósitos calcáreos en las diferentes profundidades. [2]

3. RESULTADOS

A medida que la temperatura disminuye, el requisito de densidad de corriente disminuye a una tasa de 1.076 mA/m² por cada 1°C*

La conductividad eléctrica disminuye con la

temperatura, menos corrosión, pero también menos corriente por ánodo.



Imagen 1. Inspección subacuática de componentes de protección catódica.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que una sensible reducción de la demanda de corriente alrededor de un 10% de la corriente requerida en la superficie. De igual se determinó que la formación de depósitos calcáreos presenta un comportamiento tipo recubrimiento y con ello se reduce la demanda de corriente de PC, la cual es más limitada a grandes profundidades.

5. REFERENCIAS

- [1] IMP, *Estado del arte y prospectiva de la tecnología para la explotación de campos petroleros en aguas profundas*, ACADEMIA DE INGENIERIA MEXICO [18.Aguas-Profundas.pdf \(ai.org.mx\)](https://www.ai.org.mx/18.Aguas-Profundas.pdf) (2020).
- [2] M. Surkein, S. Leblanc, S. Richards y J. P. Fontaine, (2001), *Corrosion protection program for high temperature subsea pipeline*, DEEPWATER Corrosion Service Inc. (goo.su/O3H0o).
- [3] A. Zavarce, (2023, Octubre 18), *Puntos a tener en cuenta en la Protección Catódica de estructuras en ambientes marinos y aguas profundas*, INSPENET, (n9.cl/8bvvey).

CTS-O46 Factores por considerar en el control de la corrosión interior mediante la inyección de inhibidores de corrosión de sistemas de recolección de hidrocarburos

Presentación Oral

J.H. Sánchez Mendoza¹, E.J. Díaz Gómez¹, G.K. Pedraza Basulto¹, J.A. Herrera Castillo¹, S.E. Díaz Méndez¹, I. Carrillo Salgado², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la Escalera², J. J. Cantó Ibáñez²
¹Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen - México.

²Corrosión y protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: ebertgomez14@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de recolección de hidrocarburos dentro de la industria petrolera, la corrosión interior en ductos se debe principalmente a la fase acuosa, por las sales disueltas en ella (salmuera), que es transportada junto con el hidrocarburo; cuya corrosividad se incrementa por la presencia de gases, tales como ácido sulfhídrico (H₂S) y dióxido de carbono (CO₂), el flujo, la temperatura, la acidez y la presencia de sedimentos, entre otros. Como parte de las actividades de protección interior, es necesario dosificar inhibidores de corrosión en campo. La dosificación en la inyección de estos químicos depende tanto de las condiciones de operación del servicio del ducto, de la corrosividad del fluido transportado y/o contenido y de la presencia del medio sea este Dulce o Amargo. [1,2]

2. METODOLOGÍA

Los factores por considerar en este sistema de ductos para el control de la corrosión interior mediante la inyección de inhibidor son: los datos históricos y actuales, las velocidades de corrosión, el análisis fisicoquímico realizado y sus condiciones de operación actuales, los cuales determinan las propiedades de la corrosividad del fluido. [1]

3. RESULTADOS

Los resultados indicaron que los dos ductos del sistema C al sistema R son de gas procesado que no contienen agua libre y presentan un historial de bajas velocidades de corrosión en ausencia de inhibidor de corrosión. Los dos ductos del sistema PS, actualmente funcionan como intermitentes y no presentan corte de agua, por lo que la probabilidad de que procesos corrosivos ocurran es mínima.



Imagen 1. Toma de muestra para la determinación de la corrosividad del fluido.

4. CONCLUSIONES

Los ductos analizados presentaron velocidades de corrosión bajo norma en los últimos meses, motivo por el cual se consideró, que mientras no cambien las condiciones de operación, se puede continuar sin tratamiento químico de inhibidores de corrosión, aunque si se debe continuar el monitoreo de velocidad de corrosión y condiciones de operación para detectar cualquier cambio.

5. REFERENCIAS

- [1] T. Kanti Sarkar, V. Saraswat, R. Kumar Mitra, I.I. Obot, M. Yadav, *Materilastoday Communications*, 2 1016, (2021).
- [2] I. Bassey Obot, A.A. Sorour, Y. Chekol Malede, ' Chen, Q. Wang, N.Aljeaban, *Geoenergy Science ar Engineering*, 226, 762, (2023).

CTS-O47 Estrategias efectivas para gestionar la corrosión interior en sistemas de transporte terrestre de fluidos de alto valor

Presentación Oral

M. Sosa Montiel¹, Y.O. Cícler Cruz¹, G.K. Pedraza Basulto¹, S.E. Díaz Méndez¹, J.A. Herrera Castillo¹, J.J. Cantó Ibáñez², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la Escalera², I. Carillo Delgado^{2*}

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen - México.

² Corrosión y Protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: yeraycicler@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En el proceso de evaluación de la corrosión en sistemas de transporte terrestre de fluidos de alto valor, es importante determinar las variables que representan las amenazas dentro del fluido transportado o almacenado, mediante las inspecciones a través del monitoreo electroquímico, evaluación gravimétrica y análisis fisicoquímicos, es posible establecer una base de datos para la implementación de estrategias puntuales en la mitigación de la corrosión interior y en su gestión del cambio. Motivo por el cual la importancia de dosificar de acuerdo con las condiciones de operación de los ductos y los resultados de los análisis fisicoquímicos del fluido transportado. [1,2]

2. METODOLOGÍA

Con los datos de producción diaria utilizados para todos los sistemas evaluados y la evaluación de las muestras recolectadas In Situ se analizan: las propiedades químicas mediante variables de alcalinidad, dureza total, dureza de magnesio mediante, ASTM D 512, residual de inhibidor mediante API-PR38, salinidad, así como las propiedades físicas de agua y emulsión, sedimentos en el fondo y en la interfase, pH por el método ASTM D1293-12. Presencia de CO₂, oxígeno disuelto y H₂S. [2]

3. RESULTADOS

El gasoducto actualmente presenta bajas velocidades de corrosión, confirmado la adecuada dosificación del inhibidor de corrosión inyectado en los últimos meses. Hasta este año del 2024 se encuentran velocidades dentro de norma con una dosificación de 25 litros por día. Ante el riesgo de

condensación de agua libre en el ducto, atribuido a su longitud de 9.328 Km, se establece como gestión de corrosión la estrategia continuar con la inyección del inhibidor de corrosión.

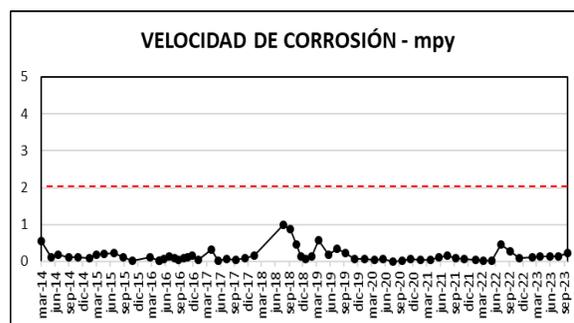


Fig.1. Historial de la velocidad de corrosión del servicio presentado por el ducto.

4. CONCLUSIONES

Se estableció la estrategia en el periodo 2024, continuar con la inyección de inhibidor en la dosificación de 25 litros por día. Se encontró mediante los estudios fisicoquímico además de contar con una cantidad considerable de CO₂, pH ácido, alta dureza y salinidad.

5. REFERENCIAS

- [1] J.C. Velázquez, A. Valor, F. Caleyó, *Process Safety and Environmental Protection*, **186**, 566, (2024).
- [2] G. Mubarak, C. Verma, I. Barsoum, A. Alfantazi, K. Yop Rhee, *Chemical Engineers*, **150**, 1876, (2023).

CTS-O48 ZnO coating for improving corrosion resistance of the AM60 alloy to marine-coastal environment

Presentación Oral

L.A. Chávez Pérez^{1*}, A. Castillo Atoche¹, L. Veleva²

¹Chemistry and Biochemistry Department, Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Mérida, Mérida 97118, México

²Applied Physics Department, Center for Research and Advanced Studies (Cinvestav), Mérida, 97310, México

E-mail: ap.luis.chavez@gmail.com

1. INTRODUCTION

Environmental and energy problems that affect society are important issues for various industries, including aerospace, transportation, and automobiles [1]. The use of light structural materials can help address this problem that affects public health. At this point, magnesium alloys are one of the lightest structural metallic materials in the industry, awakening interest due to their great potential in those areas where it is required to reduce the weight of automobiles [2]. However, these materials are susceptible to corrosion, mainly in those environments with the presence of Cl⁻ ions [3]. In Mexico there are around 11,000 km of marine-coastal areas, where the metal structure of transport vehicles suffers from an accelerated corrosion process. Thus, the need arises to modify the surface of these materials to prolong their useful life.

2. METODOLOGY

In this research, the electroless technique was used to deposit ZnO on the surface of the AM60 alloy, exposing the coated material to a simulated coastal-marine environment (SME). The changes in the pH and concentration of Mg²⁺ released into the solution were monitored. The surface was characterized by SEM-EDS. The electrochemical evaluation was carried out in a conventional three-electrode cell, with open-circuit potential (OCP) measurements and electrochemical impedance spectroscopy (EIS).

3. RESULTS

The release of Mg²⁺ ions from ZnO-AM60 (Figure 1) were reduced by 94% after 7 days of exposure to the SME solution, compared to the uncoated AM60. The OPC of the ZnO-AM60 shifted with 95.0 mV towards less negative values, while the its impedance modulus at low frequencies ($|Z|_{0.01\text{Hz}}$),

was ≈ 3 times greater ($40.4 \text{ k}\Omega\text{-cm}^2$) than that of the uncoated AM60. This comparison indicates the protective effect of ZnO deposit.

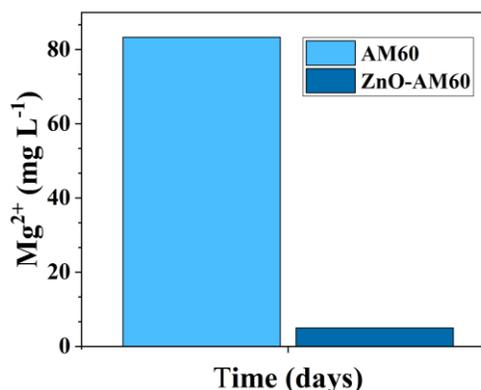


Figure 1. Concentration of released Mg²⁺ ions from coated and uncoated AM60 alloy exposed to simulated marine-coastal environment (SME).

4. CONCLUSIONS

According to the results of immersion and electrochemical test, the electroless ZnO deposit could improve the corrosion resistance of the AM60 magnesium alloy.

5. REFERENCES

- [1] C. Vinoth Kumar, G. Rajyalakshmi, J. Kartha, *J.Bio-Tribo-Corros.* **9**, 1, (2023).
- [2] J. Tan, L. Liu, H. Wang, J. Luo, *J. Coat. Technol. Res.* **21**, 811, (2024).
- [3] L. Chávez, L. Veleva, G. Sánchez, H. Dieringa, *Metals*, **12**, 1997, (2022).

CTS-O51 Selección de Inhibidor de corrosión para la determinación de la compatibilidad entre tratamientos químicos para medios amargos.

Presentación Oral

D. Gobeia Cruz¹, G.E. Mojarraz Esquivel¹, W.E. Pérez Rueda¹, G.K. Pedraza Basulto¹, S.E. Díaz Méndez¹, J.A. Herrera Castillo¹, O. Ortiz Campos², D.M. Ortega Toledo², J.J. Cantó Ibáñez², E. Ávila Hernández², J.J. Cantó Ibáñez², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la Escalera²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen-México.

²Corrosión y Protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: esvelygme1212@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El uso de inhibidores de corrosión ha sido una práctica común en la industria para proteger oleoductos y gasoductos fabricados de acero al carbono y expuestos a fluidos de alto valor, que contienen agua, CO₂ y H₂S. Cabe destacar, que la eficiencia del inhibidor depende en gran medida de su capacidad de estar presente en la fase acuosa y alcanzar la pared de la tubería. Motivo por el cual, existe la necesidad de cuantificar las cantidades de los componentes activos presentes en las fases de agua y aceite, así como cualquier pérdida en las superficies sólidas, en particular incrustaciones y productos de corrosión o arena, si están presentes. De igual modo es necesario conocer el comportamiento de los inhibidores cuando estos interactúan con otros agentes químicos y determinar su eficiencia y compatibilidad entre tratamientos químicos. [1].

2. METODOLOGÍA

En la primera fase del proyecto, para entender el comportamiento del inhibidor se evaluó el inhibidor y su comportamiento con relación a su velocidad de corrosión para ello, se preparó el electrolito con salmuera NACE y queroseno desodorizado en una proporción 90:10. Se colocó el electrolito en una celda electroquímica de vidrio de 1L con una barra magnética para agitación. En las boquillas de la celda se colocó un termómetro, para monitorear la temperatura de trabajo, un electrodo auxiliar (grafito), un electrodo de referencia (electrodo de calomel saturado), un burbujeador para inyectar dióxido de carbono (CO₂) y posteriormente se prepara el electrolito para generar una concentración de 500 ppm de sulfuro de hidrógeno. [1, 2].

3. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados por la prueba de LPR (Resistencia a la Polarización Lineal) obtenidos el inhibidor B es quien presenta los mejores resultados en el medio evaluado, siendo este comportamiento quien se encuentra más cercano a los 2 mpy. Lo cual permite seleccionar al inhibidor que pudiera ser compatible con otro tratamiento químico.



Imagen 1. Velocidad de corrosión en mpy del inhibidor

4. CONCLUSIONES

Se determinó en la primera fase que el inhibidor B presenta el mejor comportamiento de velocidad de corrosión manteniendo alrededor de los 2 mpy, para ser este el inhibidor que se utilice en la siguiente fase. Mientras que el inhibidor C presentó el comportamiento menos favorable de velocidad de corrosión.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Farhadian, W. Go, S. Yun, A. Rahimi, M. Reza Nabid, D. Iravani, Y. Seo, *Chemical Engineering Journal*, 431, 422, (2022).
- [2] Q. Gong, H. Wu, S. Yun, F. Yang, M. Reza Nabid, *Gas Science and Engineering*, 520, (2023).

CTS-O52 Estudio del comportamiento de inhibidores de corrosión con extractos naturales y secuestrantes de ácido sulfhídrico para la industria Oil & Gas

Presentación Oral

L.A. Casanova Mancera¹, Y.A. Franco Naal¹, G.K. Pedraza Basulto¹, J.A. Herrera Castillo¹, S.E. Díaz Méndez¹, E. Ávila Hernández², D.M. Ortega Toledo², O. Ortiz Campos², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la Escalera², J. J. Cantó Ibáñez²

¹Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen - México.

²Corrosión y protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: yaretzifranco3412@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En la extracción y distribución de los fluidos de alto valor es crucial para la recuperación exitosa de este tipo de fluidos las concentraciones de los compuestos de azufre, específicamente del sulfuro de hidrógeno (H₂S), estos compuestos de azufre le dan un olor desagradable, esto se debe básicamente a las propiedades corrosivas que poseen este tipo de fluidos en la presencia del sulfuro de hidrógeno, esto representa un desafío ya que este tipo de compuestos a lo largo de la vida útil del activo son un riesgo y una posibilidad de fuga dependiendo de los elementos circundantes que acompañen a las condiciones de operación, motivo por el cual, es importante contar con elementos que permitan la mitigación de los procesos corrosivos como es el caso de los inhibidores aunado a ello la adición de secuestrantes que permitan disminuir la agresividad del fluido transportado por un lado y en el caso del inhibidor formar esta barrera de protección de tal forma que se esté contribuyendo para que se preserve el activo. [1]

2. METODOLOGÍA

En la tercera etapa se preparó el electrolito con salmuera NACE y queroseno desodorizado en una proporción 90:10. Se colocó el electrolito en una celda electroquímica de vidrio de 1L con una barra magnética para agitación. En las boquillas de la celda se colocó un termómetro, para monitorear la temperatura de trabajo, un electrodo auxiliar (grafito), un electrodo de referencia (electrodo de calomel saturado), un burbujeador para inyectar dióxido de carbono (CO₂) al sistema y dos tapones de goma. El sistema se llevó a la temperatura deseada de 30°C y burbujeo con CO₂ a 166 ml/min, por toda la noche, aproximadamente 15 h, con agitación constante. [2]

3. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados por la prueba de LPR (Resistencia a la Polarización Lineal) de la combinación del inhibidor y el secuestrante obtenidos, la combinación SEC-H₂S GAMMA+INHIBIDOR B es quien presenta los mejores resultados en el medio evaluado, siendo este comportamiento quien se encuentra más cercano a los 2 mpy.



Imagen 1. Velocidad de corrosión en mpy del Secuestrante e inhibidor.

4. CONCLUSIONES

Se determinó en la tercera fase que el secuestrante SEC-H₂S GAMMA+INHIBIDOR presenta el mejor comportamiento de velocidad de corrosión manteniendo alrededor de los 2 mpy.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Farhadian, Y. Zhao, P. Naeiji, A. Rahimi, A. Berisha, L. Zhang, Z. Taheri, D. Iravani, *Energy*, **269**, 344, (2023).
[2] A. Farhadian, W. Go, S. Yun, A. Rahimi, M. Reza Nabid, D. Iravani, Y. Seo, *Chemical Engineering Journal*, **431**, 1016, (2022).

CTS-O55 Estudio del comportamiento de secuestrantes de ácido sulfhídrico evaluados con la técnica LPR y su compatibilidad con tratamientos químicos para medios amargos

Presentación oral

A. J. Cruz López¹, E. I. Sandoval Pelagio¹, G.K. Pedraza Basulto¹, S.E. Díaz Méndez¹,
J.A. Herrera Castillo¹, J.J. Cantó Ibáñez², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la
Escalera^{2*}

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180
Cd del Carmen - México.

² Corrosión y Protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: sandovaliasp@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El uso de secuestrantes de H₂S para mitigación de los efectos de corrosión, el sulfuro de hidrógeno está presente en forma natural en los productos derivados del petróleo y también se forma durante el proceso de refinamiento a través de la degradación de los compuestos de azufre a altas temperaturas. Los productos con alcances de destilación más altos suelen contener más de los compuestos de azufre que pueden degradarse térmicamente y convertirse en H₂S. En consecuencia, los productos como el petróleo crudo pesado, los combustibles residuales, el fueloil y el diésel marino suelen contener cantidades importantes de H₂S. [1]

2. METODOLOGÍA

La segunda etapa consiste en entender el comportamiento del secuestrante con relación a su velocidad de corrosión para ello, se preparó el electrolito con salmuera NACE y queroseno deodorizado en una proporción 90:10. Se colocó el electrolito en una celda electroquímica de vidrio de 1L con una barra magnética para agitación. En las boquillas de la celda se colocó un termómetro, para monitorear la temperatura de trabajo, un electrodo auxiliar (grafito), un electrodo de referencia (electrodo de calomel saturado), un burbujeador para inyectar dióxido de carbono (CO₂) y posteriormente se prepara el electrolito para generar una concentración de 500 ppm de sulfuro de hidrógeno. [2]

3. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados por la prueba de LPR (Resistencia a la Polarización Lineal) obtenido en el secuestrante SEC- H₂S BETA es quien presenta los

mejores resultados en el medio evaluado, siendo este comportamiento quien se encuentra más cercano a los 2 mpy. Lo cual permite seleccionar al secuestrante que pudiera ser compatible con otro tratamiento químico.

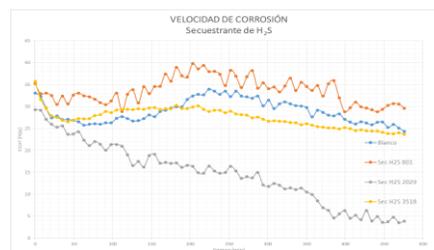


Imagen 1. Velocidad de corrosión en mpy del secuestrante.

4. CONCLUSIONES

Se determinó en la segunda fase que el secuestrante Beta presenta el mejor comportamiento de velocidad de corrosión manteniendo alrededor de los 3 mpy, para ser, este el secuestrante que se utilice en la siguiente fase. Mientras que el secuestrante alfa presentó el comportamiento menos favorable de velocidad de corrosión.

5. REFERENCIAS

- [1] B.A.F. Santos, R.C. Souza, M.E.D. Serenário, M.C. Gonçalves, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, **80**, 710, (2020)
- [2] S.C. Silva, A.B. Silva, J.A.C. Ponciano Gomes, *Engineering Failure Analysis*, **120**, 1019, (2021).

CTS-O56 Extracto de la *Morinda Citrifolia* como inhibidor verde de corrosión

Presentación Oral

V.A. Sánchez Martínez¹, O. Benavides¹, S.J. Figueroa Ramírez^{1*}, J.M. Sierra Grajeda¹

¹Facultad 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.

E-mail: sfigueroa@pampano.unacar.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es uno de los principales problemas que presentan las industrias, por lo cual se utilizan los inhibidores para maximizar la vida de los componentes metálicos[1]. Debido a que los inhibidores comerciales contienen sustancias contaminantes, es necesario el uso de inhibidores verdes, ya que estos son efectivos en medios ácidos por su contenido de fitoquímicos [2]. En el presente trabajo se evaluará el extracto de la *Morinda Citrifolia* mediante técnicas espectroscópicas y electroquímicas.

2. METODOLOGÍA

El extracto se obtuvo mediante el método de maceración en metanol. Mediante las técnicas espectroscópicas como UV-Vis y FTIR se identifican los compuestos orgánicos contenidos en las hojas de la planta. Se determina la eficiencia del inhibidor mediante las técnicas electroquímicas. Se utilizó una celda electroquímica como electrodo de trabajo, el acero 1018, electrodo de calomel sat., como electrodo de referencia y una barra de grafito como electrodo auxiliar. Se emplearon concentraciones del inhibidor de 200 hasta 1000 ppm en 0.5% HCl a 25°C

3. RESULTADOS

En la **Figura 1** se presenta el espectro FTIR del extracto, en esta figura se observan dos picos uno en 3306 cm⁻¹ y 1640 cm⁻¹, los cuales se asocian con los grupos funcionales de aromáticos (C-H “oop”) y fenoles[3].

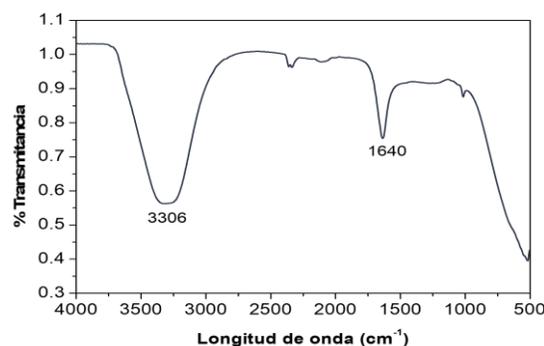


Figura 1. Espectro de FTIR del extracto de las hojas de *Morinda Citrifolia*.

4. CONCLUSIONES

Con las técnicas espectroscópicas se identificó la presencia de flavonoides, los cuales ayudan a controlar la corrosión. Con las técnicas electroquímicas se determinó la concentración máxima de inhibición en el acero 1018 en un medio de 0.5% HCl a 25°C.

5. REFERENCIAS

- [1] S. Sharma and A. Kumar, “Recent advances in metallic corrosion inhibition: A review,” *J Mol Liq*, vol. 322, p. 114862, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.molliq.2020.114862.
- [2] M. Franco, H. Herrera-Hernández, I. García-Orozco, and P. Herrasti, “Extracto acuoso natural de *Morinda Citrifolia* como inhibidor de corrosión del acero AISI-1045 en ambientes ácidos de HCl,” *Revista de Metalurgia*, vol. 54, no. 4, p. 128, Sep. 2018, doi: 10.3989/revmetalm.128.
- [3] P. Larkin, *Espectroscopía infrarroja y Raman*, Second Edition. ELSEVIER, 2018.

CTS-O57 Efecto de dos solventes orgánicos usados en distintas proporciones en la anodización electroquímica de titanio grado 2

Presentación Oral

G. Rodríguez Castillo¹, J. Hernández Torres¹, S. Hernández Montiel¹, A. Maytorena Sánchez², L. García González^{1*}

¹Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Ver.

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Ver.

E-mail: leagarcía@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las aleaciones basadas en Titanio presentan una gran cantidad de aplicaciones en distintas áreas, estos usos se deben a las excelentes propiedades mecánicas del material, su resistencia a la corrosión significativamente alta, porque ofrece una buena biocompatibilidad, así como, resistencia a la corrosión frente a fluidos corporales. Pese a sus buenas propiedades, este material puede ser mejorado de manera superficial con respecto a sus valores de dureza y resistencia al desgaste, características que lo hacen aún más apto para aplicaciones biomédicas. Se propone la formación de una capa protectora de óxido en la superficie del metal, principalmente de dióxido de titanio (TiO₂), mediante anodización electroquímica [1], por ser el más universal, reproducible, simple y rentable con respecto a costo y tiempo. Para las soluciones se realizaron combinaciones entre dos solventes orgánicos (glicerol y etilenglicol) [2], agua desionizada y fluoruro de amonio (NH₄F) con el fin de evaluar la influencia que tiene el electrolito con solventes orgánicos combinados; en la morfología, en la dureza y en el coeficiente de fricción de la superficie de titanio anodizada.

2. METODOLOGÍA

Se usaron placas de titanio de 1 x 2 x 0.15 cm, para las cuales se realizó un pulido metalográfico con lijas de SiC de tamaño de grano desde 80 hasta 2000, Posteriormente, las placas se limpiaron por baño ultrasónico para eliminar cualquier impureza. Finalmente, las placas de titanio fueron tratadas mediante la técnica anodización electroquímica.

3. RESULTADOS

A continuación, se presenta la Tabla 1, la cuál contiene los resultados obtenidos de dureza y de

coeficiente de fricción de las placas tratadas, en la primera columna se pueden apreciar los valores para el titanio sin tratar.

Tabla 1. Coeficiente de fricción y dureza Vickers

Placa de Ti	Ti	TiO ₂ 100G	TiO ₂ 100EG	TiO ₂ 50G-50EG	TiO ₂ 75G-25EG	TiO ₂ 75EG-25G
Coef de fricción	0.42	0.27	0.53	0.61	0.28	0.32
Dureza (HV)	240	266	/	298	262	258

4. CONCLUSIONES

Las placas de titanio tratadas presentaron un aumento en la dureza del material, sobre todo las que tienen un mayor porcentaje de glicerol. La viscosidad de los solventes juega un papel fundamental en el transporte de los iones dentro de la reacción, que a su vez impactó en la morfología y en el COF obtenidos.

5. REFERENCIAS

[1] G. D. Sulka, J. Kapusta-Kołodziej, A. Brzózka, M. Jaskuła, Fabrication of Nanoporous TiO₂ by Electrochemical Anodization. *Electrochim*, 55, 4359-4367 (2010).

[2] Q. Cai, M. Paulose, O.K. Varghese, C.A. Grimes, The effect of electrolyte composition on the fabrication of self-organized titanium oxide nanotube arrays by anodic oxidation, *J. Mater. Res.* 20, (01) 230-236, (2005).

CTS-O58 Sinergia en el comportamiento de inhibidores de corrosión y secuestrantes de ácido sulfhídrico evaluados en la industria Oil & Gas

Presentación Oral

N.S. Mendoza Lona¹, F. Flores Chablé¹, G.K. Pedraza Basulto¹, J.A. Herrera Castillo¹, S.E. Díaz Méndez¹, E. Ávila Hernández², D.M. Ortega Toledo², O. Ortiz Campos², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la Escalera², J. J. Cantó Ibáñez²

¹Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen - México.

²Corrosión y protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: fernandoCHF25@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El petróleo crudo amargo, un término comúnmente utilizado en la industria del petróleo y el gas, se refiere al petróleo crudo que contiene una mayor concentración de compuestos de azufre en comparación con su contraparte, el petróleo crudo dulce. La presencia de estos compuestos ácidos plantea varios desafíos durante el proceso de refinación y transporte. Comprender que el petróleo crudo amargo es parte de los procesos del sector petrolero como refinerías con ello se plantea la necesidad de encontrar tratamientos que dulcifiquen el producto con respecto a las técnicas de procesamiento, permita la preservación de equipos y tenga las consideraciones ambientales. [1]

2. METODOLOGÍA

En la tercera etapa consiste en entender el comportamiento del secuestrante y el inhibidor y su compatibilidad en relación con su velocidad de corrosión para ello, se preparó el electrolito con salmuera NACE y queroseno desodorizado en una proporción 90:10. Se colocó el electrolito en una celda electroquímica de vidrio de 1L con una barra magnética para agitación. En las boquillas de la celda se colocó un termómetro, para monitorear la temperatura de trabajo, un electrodo auxiliar (grafito), un electrodo de referencia (electrodo de calomel saturado), un burbujeador para inyectar dióxido de carbono (CO₂) al sistema y dos tapones de goma [2]

3. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados por la prueba de LPR (Resistencia a la Polarización Lineal) de la combinación del inhibidor y el secuestrante obtenidos, la combinación INHIBIDOR B +SEC-H₂S GAMMA en la proporción (60:40) es quien presenta los mejores resultados en el medio evaluado, siendo este comportamiento quien se encuentra más cercano a los

2 mpy.

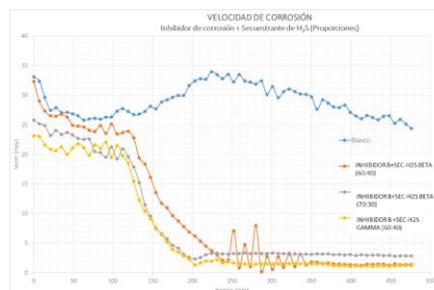


Imagen 1. Velocidad de corrosión en mpy del Secuestrante e inhibidor en la proporción 60:40.

4. CONCLUSIONES

Se determinó en la cuarta fase que el secuestrante INHIBIDOR B +SEC-H₂S GAMMA en la proporción (60:40) presenta el mejor comportamiento de velocidad de corrosión manteniendo alrededor de los 2 mpy.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Farhadian, Y. Zhao, P. Naeiji, A. Rahimi, A. Berisha, L. Zhang, Z. Taheri, D. Irvani, *Energy*, **269**, 344, (2023).
- [2] A. Farhadian, W. Go, S. Yun, A. Rahimi, M. Reza Nabid, D. Irvani, Y. Seo, *Chemical Engineering Journal*, **431**, 1016, (2022).

CTS-O59 Sistemas de gestión de corrosión en la industria OnShore

Presentación Oral

V.A. Wong Cancino¹, M.I. Hernández Contreras¹, G.K. Pedraza Basulto¹, J.A. Herrera Castillo¹, S.E. Díaz Méndez¹, H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la Escalera², J. J. Cantó Ibáñez²

¹Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen - México.

²Corrosión y protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: marcivan780000@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los centros de trabajo relacionados con la industria OnShore tiene a su cargo instalaciones de medición y control, recolección, compresión y separación de hidrocarburos que le permiten desarrollar con calidad y seguridad sus actividades de producción en los municipios donde esta sus puntos de explotación y proceso, llamados Activos de Producción. Durante mucho tiempo la corrosión ha sido la pesadilla de la industria petrolera y por ende retomar estos procesos como es el de distribución y exploración implica establecer amplios criterios de monitoreo, control y mitigación ante el indiscutible cáncer de los metales llamado corrosión. Motivo por el cual es importante hacer estrategias integrales que conllevan a la gestión de Corrosión para la atención en los fenómenos de deterioro y la forma de atenderlo, lo cual representa el objetivo de este proyecto. [1]

2. METODOLOGÍA

Para el proceso de distribución y recolección de hidrocarburos se requiere establecer un programa de inspección y evaluación este programa requiere de técnicas de monitoreo incito y de laboratorio para pasar a su posterior análisis y establecimiento de estrategias las cuales permitan establecer las acciones de mitigación pertinentes, bajo este panorama y ya contando con una base de datos de la red de distribución se presentan las estrategias de optimización, y así establecer el programa de gestión de corrosión. [2]

3. RESULTADOS

Se construye una base de datos de toda la red de transporte de hidrocarburos de la región, se establecen los puntos de monitoreo y acciones de mitigación y protección y se analizan las regiones del activo presentando un mapa de corrosión de acuerdo con los hallazgos encontrados atribuidos a la corrosividad del

fluido.

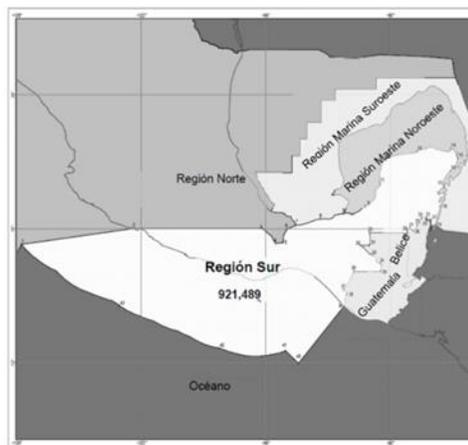


Imagen 1. Regiones que alojan los activos de producción Onshore y Offshore

4. CONCLUSIONES

Se establece una base de dato por cada ducto que implica registro de fallas, histórico de fugas y causal, registro histórico de contingencias atribuidas por corrosión y se construye un mapa de corrosión que ejemplifica las zonas de la red de distribución y la corrosividad del fluido transportado.

5. REFERENCIAS

[1] Y.T.Al-Janabi, *Corrosion Inhibitors in the Oil and Gas Industry*, 1-39, Wiley Online Library, United States, (2020).

[2] Q. Wang, Y. Song, X. Zhang L. Dong, *Engineering Failure Analysis*, **146**, 1350, (2023).

CTS-O60 A new hybrid “green” cement: electrochemical activity of reinforcement steels Un cemento nuevo cemento híbrido “Verde”: actividad electroquímica de aceros de refuerzo

Presentación Oral

D. Bonfil¹, L. Veleva^{1*}, J.I. Escalante-García²

¹Applied Physics Department, Center for Investigation and Advanced Study (CINVESTAV). Campus Merida, Carr. Ant. a Progreso km.6, 97310, Merida, Mexico.

²Center for Investigation and Advanced Study (CINVESTAV), Campus Saltillo, Ramos Arizpe, Coahuila, 25900, Mexico.

E-mail: veleva@cinvestav.mx

1. INTRODUCTION

To mitigate the high emission of green house CO₂ gas, associated to the Portland cement (PC) manufacture (≈0.8 per-ton of PC), representing the 8% of the global CO₂ emissions [1], a variety of “green” alternative cements have been proposed, using supplementary cementitious materials. To simulate the steel-concrete pore interface environment [2], the A36 and 304 steels were immersed in the extract of the new Pumice-Portland-hybrid cement “HB1” [3]. Their electrochemical for 30 days was characterized by the monitoring of free corrosion potential (OCP) and EIS diagrams. SEM-EDS and XPS techniques facilitated the identification of the steel surface morphology and composition of the formed layers.

2. METHODOLOGY

Stainless steel 304 and carbon steel A36 samples (0.8 cm²) were immersed in 10 ml of “HB1”, cement extract (CE) aqueous solution. The register of the pH and OCP were carried out at 1, 7, 14, 21, and 30 days. At those periods of time, EIS (Nyquist and Bode) diagrams were performed and analyzed.

3. RESULTS

The initial pH=12.99 of the “HB1” extract was contributed to K₂O and Na₂O as a part of the volcanic Pumice. At the end of the experiment, the pH=9.10, reaching a dynamic ionic equilibrium. Even the pH drops, both steels developed a passive state suggested by the positive shift of their OCP (Table 1). On the steel surfaces Fe- and Cr-oxides passive films were grown, according to the XPS analysis. Over the time of exposure, the presence of Cl⁻ in the pumice caused a localized pitting attack on the carbon steel surface,

indicating an intermediate risk of corrosion, retarded by the accumulation of SO₄²⁻ (present in the activators). The quantitative analysis of EIS diagrams revealed that the polarization resistance R_p of SS304 (12,380 kΩcm²) was 3.8 times greater than that of A36 carbon steel (3186 kΩcm²), which passive film was relatively constant ≈ 0.4 nm, while that on the SS304 reached ≈ 1.8 nm (4.5 times greater).

Table 1. Change in time of pH and OCP vs. SHE (mV) during 30 days of the immersion in HB1 CE.

	Days	Initial	1	14	30
SS304	pH	12.99	12.92	9.6	9.07
	OCP	-204.89	-89.81	+219.75	+265.08
A36	pH	12.95	12.93	9.57	9.10
	OCP	-89.05	-24.84	+67.45	+88.18

4. CONCLUSIONS

The reported results suggest that the new hybrid cement “HB1” promotes the passivation of the studied reinforcement steels and thus, it may be considered as a “green” alternative for the partial replacement of PC with volcanic pumice.

5. REFERENCES

- [1] L. Poudyal, K. Adhikari, *Resour. Environ. Sustain.*, **4**, 100024, (2021).
- [2] D. Bonfil, L. Veleva, J.I. Escalante-García, *Materials*, **17**, 2255, (2024).
- [3] J. Lopez-Salas, J.I. Escalante-García, *Cem. Concr. Res.*, **176**, 107393, (2024).

CTS-O61 Desarrollo de la Ingeniería Básica de sistemas de bombeo de inhibidor de corrosión en una instalación OnShore

Presentación Oral

J. A. Herrera Castillo^{1*}, J. H. Sánchez Mendoza², N. S. Mendoza Lona², H.A. Hidalgo Vázquez³, S. E. Díaz Méndez², G. K. Pedraza Basulto²

¹Centro de Estudios Superiores Isla del Carmen, Calle 40 no 252 entre 31c y 33 Col. Cuauhtémoc Cd del Carmen, Campeche. C.P. 24170.

²Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen - México.

³Universidad Autónoma de Guadalajara, Av. Patria 1201, Lomas del Valle, 45129 Zapopan, Jalisco. E-mail: jorgeagustinh1982@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de los sistemas de control interior de corrosión, se encuentran los inhibidores de corrosión que pueden inyectarse en la tubería o en el pozo en concentraciones específicas y ajustables para reducir la corrosión durante la vida útil del sistema. Lo hacen reaccionando químicamente con los medios corrosivos de la tubería y neutralizando eficazmente los productos químicos nocivos. La dosificación exacta de los productos químicos es fundamental para el éxito de la inhibición de la corrosión. Una dosis insuficiente puede limitar la eficacia de la prevención de la corrosión, mientras que una dosis excesiva puede generar residuos y costos excesivos. Motivo por el cual es necesario realizar el diseño y selección de los sistemas de inyección de los inhibidores, siendo el objetivo de este proyecto [1,2].

2. METODOLOGÍA

Para el diseño y selección de los sistemas de inyección de inhibidores a tubería se requiere conocer: las condiciones y parámetros de operación, corte de agua, corrosividad del fluido transportado y requerimientos de la inyección del inhibidor en la dosis requerida, así como el tipo de inhibidor a inyectar. Las distancias de la caseta a los puntos de inyección, así como los sistemas de control que se seleccionan para el funcionamiento de las dosificaciones requeridas.

3. RESULTADOS

El diseño y selección de los equipos para el sistema de Bombeo contempla la facilidad de ajustar la dosificación en la inyección del químico, así como controlar los tiempos de inyección de acuerdo con las necesidades de cada dosificación.



Imagen 1. Sistema de Bombeo inhibidor

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados se instaló un sistema de inyección con arreglo de 6 bombas que abastecen a 6 pozos con sistema ajustable a las dosificaciones requeridas por día y por pozo.

5. REFERENCIAS

[1] F.J. Guevara Castillo, *Potencia Fluida*, 298, Pearson, México, (2016)

CTS-O62 Taller Científico sobre durabilidad de materiales frente al cambio climático

Presentación Oral

C.S. Valdés Clemente^{1*}, F.E. Corvo Pérez², L. ROMANA³, D. de la Fuente⁴, E. Meraz⁵, A. Castañeda Valdés¹, O.A. López Zapata⁵,

¹Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), Cuba.

²Centro de Investigación de Corrosión (CICORR), México.

³Grupo de Tecnología de Superficies e Interfaces (GTSI), Francia.

⁴Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CNIM/CSIC), España.

⁵División Académica de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DAIA-UJAT), México. E-mail: cecilia.valdes@cnic.cu

1. INTRODUCCIÓN

El efecto del Cambio Climático en la durabilidad de los materiales es un tema que se viene tratando hace ya varios años. El fenómeno de la corrosión atmosférica está ligado al cambio climático, condicionado por las características ambientales a las que está expuesto el material, en particular los parámetros atmosféricos y los niveles de agentes agresivos [1]. La colaboración entre instituciones nacionales e internacionales que trabajan la temática, es imprescindible en estos tiempos ya que los resultados de las investigaciones que se lleven a cabo brindan valiosa información sobre el deterioro anticipado de los materiales bajo diferentes condiciones de exposición [2,3]. El Taller Científico, con el apoyo del Fondo de Cooperación Triangular Adelante 2 UE-América Latina y el Caribe, ofrece la oportunidad de que sean presentados trabajos en la temática de durabilidad de materiales frente al Cambio Climático.

2. METODOLOGÍA

Cada trabajo presentado describe y referencia las metodologías, Normas y equipamientos empleados para las determinaciones analíticas realizada en los diferentes estudios o investigaciones efectuadas.

3. RESULTADOS

A través del Proyecto de Colaboración Triangular "Estudio de la durabilidad de materiales frente al Cambio Climático: corrosión atmosférica en áreas del Caribe", que se está ejecutando entre Cuba (CNIC), México (CICORR) y Francia (GTSI) con el apoyo del del Fondo de Cooperación Triangular Adelante 2 UE-América Latina y el Caribe, se organizó el Taller Científico: Durabilidad de

Materiales Frente al Cambio Climático, en el marco del Congreso SMEQ 2024.

Tabla 1. Trabajos presentados y modalidad.

Total de trabajos	Cant. de trabajos presentados por especialistas	Cantidad de trabajos presentados por de estudiantes
8	6	2

4. CONCLUSIONES

Se facilitó, la creación de un espacio de intercambio, de generación de conocimientos y herramientas novedosas, y fomento de proyectos futuros de investigación relacionados, principalmente, con la incidencia del cambio climático en el deterioro de las estructuras debido al fenómeno de la corrosión atmosférica.

5. REFERENCIAS

- [1] Y. Zhang, B. M. Ayyub, J. F. Fung, *Resilient Cities and Structures*, **1**, 98, (2022).
- [2] R. Vera, B. Valverde, E. Olave, R. Sánchez, A. Díaz-Gómez, L. Muñoz, P. Rojas, *Heliyon*, **9**, 1, (2023).
- [2] B. Chico, D. de la Fuente, I. Díaz, J. Simancas, M. Morcillo, *Materials*, **10**, 1, (2017).
- [3] A. C. Santa, J. A. Tamayo, C. D. Correa, M. A. Gomez, J. G. Castaño, L. M. Baena, *Heliyon*, **8**, 1, (2022).

CTS-O63 Impacto de los criterios de ingeniería de corrosión para dosificación de inhibidor en la industria OnShore

Presentación Oral

M. Alvaro Arcos¹, G. Díaz López¹, G.K. Pedraza Basulto¹, S.E. Díaz Méndez¹, J.A. Herrera Castillo¹, J.J. Cantó Ibáñez², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la Escalera², I. Carillo Delgado^{2*}

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen - México.

²Corrosión y Protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: gedilp94@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la norma ASTM G15-2008, un inhibidor de corrosión es una sustancia química o combinación de sustancias que, cuando está presente en la concentración y forma adecuada en el medio ambiente, previene o reduce la corrosión. En ISO 8044-2020, el inhibidor de corrosión es una sustancia química que, cuando está presente en el sistema de corrosión en una concentración adecuada, disminuye la velocidad de corrosión sin cambiar significativamente la concentración de ningún agente corrosivo. Motivo por el cual conocer las condiciones actuales de operación de los activos a proteger permite hacer un diseño del sistema de inyección de productos químicos como lo son los inhibidores de corrosión y su asertiva dosificación. [1]

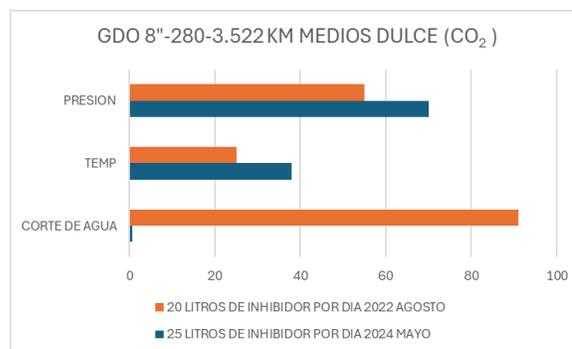
2. METODOLOGÍA

Como estrategia operativa en la preservación de activos, particularmente de la industria Oil and Gas, los criterios para la implementación de un sistema de monitoreo, inspección y acciones de mitigación en un programa de control de la corrosión interior, proponen como uno de los sistemas de mitigación el químico, mediante inhibidores de corrosión. En este caso se estudia un medio dulce (CO₂) con concentraciones en un rango de 60 a 80 ppm que de acuerdo con la normativa ASTM D 513-82 es un rango de ligero a medio. [2, 3]

3. RESULTADOS

Como resultado de una adecuada dosificación y tratamiento químico depende en parte de variables como: contenido de agua, kilometraje del ducto, historial de velocidades de corrosión temperatura, presión entre otros. Con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 1. Relación de las variables de operación en medios Dulces en el transporte de fluidos de alto valor.



4. CONCLUSIONES

Se determinó que en el periodo 2022 la dosificación en la inyección de inhibidor fue adecuada mientras que para el año 2024 presentó una disminución de corte de agua pero un incremento en la presión y temperatura lo cual deriva en un ajuste a una dosificación mayor en la inyección de inhibidor.

5. REFERENCIAS

- [1] A.H. Al-Moubaraki, I.B. Obot, *Arabian Journal of Chemistry*, **14**, 1878, (2021).
- [2] A. Farhadian, W. Go, S. Yun, A. Rahimi, M. Reza Nabid, D. Iravani, Y. Seo, *Chemical Engineering Journal*, **431**, Part 2, (2022).
- [3] Q. Wang, Y. Song, X. Zhang, L. Dong, *Engineering Failure Analysis*, **146**, 1350, (2023).

CTS-P01 Estudio del mecanismo de corrosión de un acero N80 inmerso en agua congénita natural con inhibidor de corrosión

Presentación Póster

L.F. Campos-González¹, C. Campechano-Lira², M. Moreno-Pérez², G. K. Pedraza-Basulto³, R. Orozco-Cruz⁴, A. Carmona-Hernández⁴, R. Galván-Martínez⁴

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

² Instituto Mexicano del Petróleo, Región Sur, Villahermosa, Tabasco, México.

³ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Cd del Carmen, Camp., México.

⁴ Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

E-mail: rigalvan@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los inhibidores de corrosión son compuestos químicos que tienen como beneficio aumentar la resistencia a la corrosión en metales que se encuentran en entornos cerrados o semi-cerrados. El beneficio de su uso es la eficacia que tienen cuando se agregan en pequeñas concentraciones, además, de que no modifican las propiedades físicas del medio al que se incorporan. [1-2] Los aceros N80 son utilizados en tuberías de producción y revestimiento en la industria petrolera. La nomenclatura de este acero indica un tratamiento térmico de normalizado y una resistencia a la fluencia mínima de 80 KSI. [3]

En el presente trabajo de investigación se realizaron pruebas electroquímicas a un acero N80 para conocer el mecanismo de corrosión y grado de protección de un inhibidor comercial a diferentes concentraciones en presencia de agua congénita natural a temperatura de 50°C.

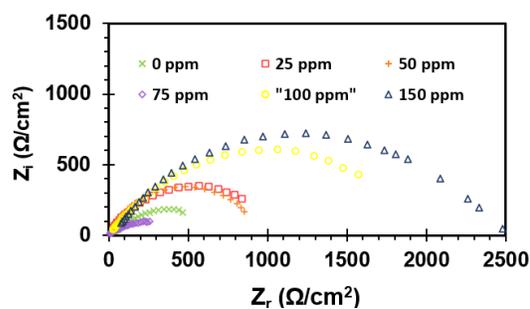
2. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio mediante técnicas electroquímicas, para ello se empleó un arreglo experimental de tres electrodos. Como electrodo de trabajo se utilizó acero N80 inmerso en agua congénita natural de pH 4.5 y diferentes concentraciones de inhibidor comercial: 25, 50, 75, 100 y 150 ppm. Los experimentos se realizaron a temperatura constante de 50 °C y se registraron lecturas en función del tiempo en 0, 3, 6 y 10 h de exposición.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos con EIE mostraron que, a una concentración de 75 ppm de inhibidor la resistencia a la corrosión disminuyó con respecto al acero sin inhibir (blanco), sin embargo, en concentraciones de 25, 50, 100 y 150 ppm el valor de

Z_r incrementó, siendo la concentración de 150 ppm donde se obtuvo el valor máximo de aproximadamente 2500 $\Omega \cdot \text{cm}^2$.



Grafica 1. Diagrama de Nyquist de acero N80 inmerso en agua congénita a 50°C con diferentes concentraciones de inhibidor después de 10 horas de exposición.

4. CONCLUSIONES

El acero inmerso en agua congénita en contacto con 100 y 150 ppm de inhibidor mostró la mayor resistencia a la corrosión, sin embargo, en concentración más bajas de 25 y 50 ppm también se observó el aumento de la Z_r en comparación con el blanco. Por lo tanto, es posible dosificar una concentración de 25 ppm de inhibidor para disminuir la velocidad de corrosión en un periodo de 10 h.

5. REFERENCIAS

- [1] I.B. Obot, et al, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, Vol. 79, Pag 1-18, (2019).
- [2] C. Campechano-Lira, et al, *International Journal of Electrochemical Science*, Vol. 17, (2022).
- [3] API SPECIFICATION 5CT, *Casing and Tubing*, 10th Edition, (2018).

CTS-P02 Efecto de la rugosidad del sustrato de acero AISI 1018 sobre la velocidad de corrosión

Presentación Póster

B. Díaz Saldaña^{1*}, A. Sosa Domínguez¹, J. J. Pérez Bueno²

¹Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Centro Universitario Cerro de las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, Qro, México.

²Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., Parque Tecnológico Querétaro-Sanfandila, C.P. 76703, Pedro Escobedo, Qro. México.

E-mail: bdiaz25@alumnos.uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acero AISI 1018 es un acero de bajo-medio carbono [1], al cual se le puede aplicar un acabado superficial para satisfacer necesidades específicas de protección [2], donde la corrosión puede verse disminuida si a un sustrato se le aplica un recubrimiento con un tratamiento superficial previo [3]. En este trabajo, se evaluó la corrosión en la superficie del acero tratado con acabados superficiales diferentes, caracterizando este fenómeno mediante técnicas electroquímicas que permiten comprender parámetros importantes del proceso de corrosión.

2. METODOLOGÍA

Se trataron muestras del acero con 3 acabados superficiales diferentes: desbastado, pulido a espejo y sandblast. Para evaluar la corrosión se utilizó un potenciostato BioLogic VSP-300, una celda electroquímica con un electrolito de NaCl 0.5 M, un electrodo de referencia de calomel saturado y un contraelectrodo de grafito. Las condiciones de trabajo para las curvas de polarización fueron las siguientes: velocidad de barrido de 2 mV/s, barrido de -0.5 V a +0.5 V respecto al potencial a circuito abierto. Para la espectroscopía de impedancia electroquímica, se impuso una señal de voltaje de CA con amplitud de 10 mV y frecuencias de 1 MHz hasta 10 MHz.

3. RESULTADOS

La densidad de corriente de corrosión del acero con sandblast fue 37 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, mayor a la del pulido y desbastado, con 28 y 9 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ respectivamente, parámetros obtenidos por curvas de polarización (datos complementados en Tabla 1).

Parámetros de corrosión mediante espectroscopía de impedancia electroquímica (expuestos en Tabla 1), donde las R_{tc} para la muestra pulida y con sandblast fueron menores que la muestra desbastada, la cual

mostró una resistencia de 919 $\Omega\cdot\text{cm}^2$.

Tabla 1. Parámetros de corrosión para el acero con distintos acabados superficiales por curvas de polarización y espectroscopía de impedancia electroquímica.

Curvas de polarización			
Parámetro	Desbastado	Pulido	Sandblast
v_{corr} (mm/año)	0.04±0.02	0.12±0.08	0.15±0.07
R_p •área ($\Omega\cdot\text{cm}^2$)	8771±4084	4782±2064	2870±1721
Espectroscopía de impedancia electroquímica			
Parámetro	Desbastado	Pulido	Sandblast
v_{corr} (mm/año)	0.2±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1
R_{tc} •área ($\Omega\cdot\text{cm}^2$)	919±306	424±112	238±53

4. CONCLUSIONES

La muestra tratada con sandblast presentó una velocidad de corrosión mayor a los otros dos acabados superficiales, donde el acabado desbastado presentó más resistencia a la corrosión, pudiendo deberse a la protección que le confiere la capa de óxido de hierro que se forma en su superficie.

5. REFERENCIAS

- [1] H. M. Sadiq, *IOSR JAGG*, vol. 05, p. 44, (2017).
- [2] I. F. Edem, V. A. Balogun, E. A. John, A. Archibong E., D. E. Obio, y B. Nkanang D., *ABUAD Journal of Engineering Research and Development (AJERD)*, vol. 3, p. 166, (2020).
- [3] S. G. Croll, *Progress in Organic Coatings*, vol. 148, p. 105847, (2020).

CTS-P03 Influencia de la microestructura en la corrosión inducida por interferencias de corriente alterna (CA) en aceros de tubería API en solución sintética de suelo

Presentación Póster

E. J. Martínez Alavez¹, E. J. Carrera Avendaño², G. Hermida Saba¹, J. A. Ramírez Cano, R. Orozco-Cruz¹, R. Galván-Martínez¹, A. Carmona-Hernandez^{1*}

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México.

²Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos, México.

E-mail: jesusalavez22@icloud.com

1. INTRODUCCIÓN

Las tuberías de acero enterradas están expuestas a los efectos de la corrosión como consecuencia del proceso electroquímico que ocasiona el flujo de iones del metal de la tubería al electrolito que las rodea, son diversas las razones que propician la corrosión en tuberías enterradas, entre dichas razones se encuentran la humedad del suelo, la presencia de bacterias anaerobias, acidez, alcalinidad, presencia de corrientes eléctricas parasitarias también llamadas interferencias [1]. La corrosión inducida por interferencias se produce cuando la corriente alterna (CA) fluye a través de un electrolito, como el agua o el suelo y entran en contacto con una estructura metálica, creando una diferencia de potencial entre el metal y el electrolito, lo que provoca la disolución del metal y la formación de productos de corrosión [2]. Las interferencias de CA pueden provenir de diversas fuentes tales como líneas eléctricas de alta tensión, sistemas de distribución eléctrica, sistemas de transporte ferroviario electrificado, entre otras. El presente trabajo se enfoca en estudiar la corrosión inducida por interferencias de CA en el comportamiento de la corrosión de dos aceros API con diferente microestructura (X52 Y X100) para elucidar el papel de esta última, en una solución sintética de suelo mediante técnicas electroquímicas.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos, donde los electrodos de trabajo fueron los aceros API. La solución de prueba fue una solución de CO_3^{2-} - HCO_3^- . Para la aplicación de las interferencias CA, se utilizó un circuito con un capacitor, un reóstato, un generador de funciones y un multímetro. El nivel de interferencias fue de 0, 5, 10 y 20 mA/cm^2 durante 3h. Las mediciones electroquímicas de EIS y CP posteriores a las interferencias se realizaron con un potenciostato un arreglo típico de 3 electrodos.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la curva de polarización (CP) del acero X100 en la solución de CO_3^{2-} - HCO_3^- a diferentes densidades de corriente alterna (i_{CA}), en la cual se aprecia que la densidad de corriente de pasivación aumenta con el incremento de i_{CA} , mientras que las curvas catódicas muestran un comportamiento activacional.

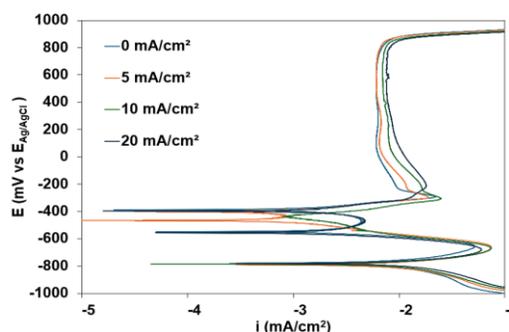


Figura 1. CP del acero X100 después de haber sido sometido a diferentes valores de i_{CA} en una solución CO_3^{2-} - HCO_3^- .

4. CONCLUSIONES

Los resultados de las pruebas electroquímicas indicaron que el acero X52 con microestructura ferrita-perlita fue más susceptible a la corrosión inducida por CA que el acero X100 con presencia de bainita y ferrita. En términos generales, un mayor nivel de interferencia produjo un mayor ataque por corrosión.

5. REFERENCIAS

- [1] C. Olmo, *CSIC*, **23**, 226, (1970).
- [2] E.M. Farahani, S. Yuhan, C. Xiao, W. Hao, T. Laughorn, F. Onesto, Q. Zhoun, Q. Huang, *Materials and Corrosion*, **75**, 290, (2023).

CTS-P04 Evaluación electroquímica mediante Espectroscopia de Impedancia Electroquímica de Levonorgestrel como potencial inhibidor de corrosión de acero API 5L X65 en medio ácido (1M HCl)

Presentación Póster

L. E. Tapia-Galván, J. A. Ramírez-Cano, A. Espinoza-Vázquez, R. Galván-Martínez, A. Carmona-Hernández, R. Orozco-Cruz*

¹ Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, México.

E-mail: jorgeramirez02@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de corrosión es una de las principales causas de fallas en las instalaciones petroleras y la mitad de estas fallas están vinculadas a ambientes ácidos altamente agresivos. Los inhibidores de corrosión son sustancias químicas utilizadas para proteger las superficies metálicas de la oxidación y el deterioro causado por la corrosión. Los medicamentos han demostrado ser buenos candidatos para reemplazar a los inhibidores convencionales peligrosos para el ambiente [1]. El Levonorgestrel es una progestina sintética de segunda generación que presenta las características estructurales propias de un inhibidor orgánico (pares de electrones libres, estructura cíclica y heteroátomos electronegativos). Además, se busca reciclar desechos químicamente activos (medicamentos caducos), previniendo su diseminación en el entorno, donde tienen un impacto negativo en la flora y la fauna [2].

2. METODOLOGÍA

Se pulverizaron pastillas de Levonorgestrel (tabletas 0.18 mg) diluyéndolas en agua destilada. Se preparó un medio con 40 mL de solución 1M HCl. Se utilizó acero API X65 con área transversal de 1 cm², que fue desbastada con lijas de granulometría 320, 400 y 600. La resistencia a la corrosión fue determinada mediante Espectroscopia de Impedancia Electroquímica en un arreglo de tres electrodos. Las concentraciones de prueba fueron 10, 20, 30, 50 y 100 ppm.

3. RESULTADOS

La magnitud de la Resistencia a la transferencia de carga (R_{tc}) aumenta de forma progresiva con la concentración, alcanzando su máximo a 30 ppm donde, al incrementar la concentración a 50 y 100 ppm, se observa una disminución del valor de R_{tc} , tal como puede apreciarse en el diagrama de Nyquist,

presentado en la figura 1. Se aprecia una sola constante de tiempo para todas las concentraciones, posiblemente atribuible al proceso de adsorción de Levonorgestrel en la superficie de acero X65 en medio ácido (1M HCl).

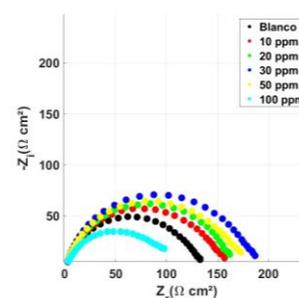


Figura 1. Diagrama de Nyquist para acero X65 en 1M HCl a diversas concentraciones de Levonorgestrel.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó la viabilidad de Levonorgestrel como inhibidor de corrosión en un acero API X65, con el aumento progresivo de la concentración, la respuesta de la R_{tc} mostró valores más altos alcanzando su valor máximo a una concentración de 30 ppm. Este hecho sugiere que la concentración óptima es de 30 ppm.

5. REFERENCIAS

- [1] I. M. Ramírez Sánchez, P. Martínez Austria, M. A. Quiroz Alfaro, E. R. Bandala. *Tecnologías y Ciencias del Agua*, 6, 5, (2015).
- [2] S. Tanwer, S. Kumar Shukla. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, (2022).

CTS-P05 Comportamiento de la eficiencia anticorrosiva del acero AISI 304 en concreto convencional expuesto en solución al 5% CaCl

Presentación Póster

Cynthia Martinez-Ramos¹, C. Gaona-Tiburcio¹, B.P. Baltazar-García², D.F. Baltazar-Zamora³, L. Landa-Ruiz², D. Lozano², A. Reyes², C. Méndez², R. Croche⁴,
F. Almeraya-Calderón¹, M.A. Baltazar-Zamora^{1*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME – CIIIA. Av. Universidad S/N.
Ciudad Universitaria. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

²Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana,
Circ. G. Aguirre Beltrán S/N, Lomas del Estadio, Xalapa, Veracruz, México, CP 91000

³CITRO, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México

⁴FIME-Xalapa, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México

E-mail: mbaltazar@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los expertos consideraban en los inicios que el concreto reforzado no presentaría problemas patológicos, debido a su excelente desempeño en sus prestaciones físicas y mecánicas, sin embargo en los años 50 se presentaron las primeras evidencias de deterioro por agentes o medios agresivos, principalmente los iones cloruros y sulfatos, causantes de la corrosión del acero de refuerzo, principal patología que impacta en problemas estructurales económicos y sociales, cuantificables en miles de millones de dólares [1-2]. La comunidad mundial ha realizado diversas investigaciones para este fenómeno, evaluando la calidad de concretos, cementos, materiales puzolánicas, aditivos, inhibidores, aceros alternos, etc, [3]. En el presente trabajo se evaluó la eficiencia anticorrosiva del acero inoxidable AISI 304 en concreto convencional expuesto en una solución de 5% de CaCl, como ambiente de alta agresividad, la evaluación electroquímica fue por un tiempo de 150 días.

2. METODOLOGÍA

Las técnicas electroquímicas empleadas fueron el Potencial de Corrosión (ASTM C-876-15) [4] y LPR (ASTM G59)[5].

3. RESULTADOS

Los valores obtenidos de E_{corr} durante el monitoreo de 150 días indican un 10% de riesgo de corrosión para el acero AISI 304 en concreto en presencia de un medio marino de alta agresividad,

solución al 5% de CaCl, ver Fig. 1.

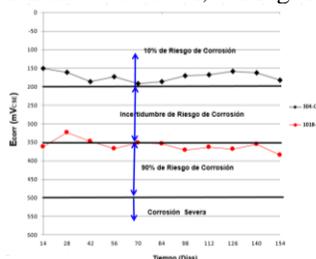


Fig. 1. E_{corr} medio marino (CaCl al 5%)

4. CONCLUSIONES

El acero AISI 304 es una opción real para mitigar la corrosión en estructuras de concreto reforzada construidas en ambientes marinos de alta agresividad.

5. REFERENCIAS

- [1] L. Landa-Ruiz et al. Physical, Mechanical and Durability Properties of Ecofriendly Ternary Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash and Silica Fume. *Crystals*. **11**, p. 1, 2021.
- [2] A. Landa-Sánchez et al. Corrosion Behavior of Steel-Reinforced Green Concrete Containing Recycled Coarse Aggregate Additions in Sulfate Media. *Materials (Basel)*. **13**, p. 1, 2020.
- [3] L. Landa-Ruiz et al. Electrochemical Corrosion of Galvanized Steel in Binary Sustainable Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) and Silica Fume (SF) Exposed to Sulfates. *Applied Sciences*. **11**, p. 1, 2021.
- [4] ASTM C-876-09: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM, (2009).
- [5] ASTM G 59-97(2014), Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements. ASTM, (2014).

CTS-P06 Efecto de la hidrotalcita Mg/Al impregnada con leucina en la protección contra la corrosión de una aleación AZ31

Presentación Póster

A.B. Martínez López, Y. Acosta Gordillo, A. Espinoza Vázquez, R. Orozco Cruz, R. Galván Martínez
¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, 94292, Veracruz, México.

E-mail: araespinoza@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la vida diaria se puede observar la aparición del fenómeno de corrosión, ocasionado por reacciones químicas y electroquímicas en el medio ambiente, por lo que es necesario enfocarse en formas de disminuir el efecto de dicho fenómeno en los distintos metales que componen las estructuras, transportes y objetos que usamos diario; estando entre estos el acero, cobre, aluminio, magnesio, etc.; siendo el magnesio el foco central de este trabajo o más específicamente, la aleación de Mg AZ31. Esta aleación se utiliza en la industria aeronáutica para producir piezas planas con nervaduras, como soportes y en biomedicina con implantes para el ser humano [1].

Una manera de disminuir el proceso de corrosión es mediante el uso de inhibidores orgánicos, por lo que, en este trabajo se estudiará el efecto de la hidrotalcita Mg/Al (figura 1) impregnada con leucina (figura 1) en la protección contra la corrosión de una aleación de Mg AZ31 [2] utilizando una solución de Hank's.

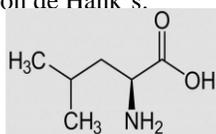
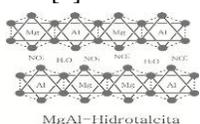


Figura 1 Estructura química de la hidrotalcita (Mg/Al) y la Leucina

2. METODOLOGÍA

La celda electroquímica consta de tres electrodos: el Mg AZ31 se usará como electrodo de trabajo, un electrodo de referencia de Calomel y un contra electrodo de grafito; aplicando una capa de una mezcla de 100 mg de hidrotalcita Mg/Al, leucina (0, 20, 50, 100 y 200 ppm); esto sumergido en una solución de Hank's a una temperatura de 37 °C. La secuencia de las pruebas se realizó con un equipo Gamry, utilizando el programa adquirente de datos "Gamry framework". Para los experimentos se utilizó Potencial vs tiempo [duración de 1800 segundos con una lectura por

segundo]; Impedancia Electroquímica [amplitud de ± 10 mV e intervalos de frecuencia de 10^4 a 10^{-2} Hz].

3. RESULTADOS

Se muestra el diagrama de Nyquist en la figura 2 a diferentes concentraciones de Leucina mezclada con hidrotalcita(Mg/Al). El Mg AZ31 en solución de Hanks alcanzó un valor de $Z_{real} \sim 850$ ohm cm^2 . Mientras que con la presencia de una capa de hidrotalcita con leucina los semicírculos alcanzaron un valor máximo de $Z_{real} \sim 11000$ ohm cm^2 a una concentración de 20 ppm.

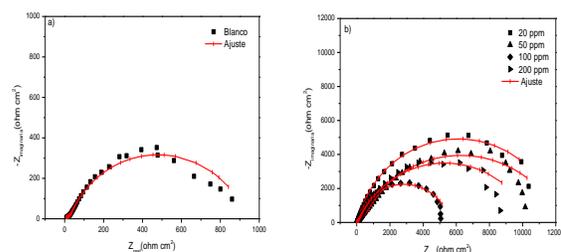


Figura 2. Diagrama de Nyquist de Leucina en AZ31

4. CONCLUSIONES

La Leucina impregnada con hidrotalcita (Mg/Al) proporcionó una eficiencia de inhibición máxima de 92% a una concentración de 20 ppm para la aleación de magnesio AZ31.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Dziubińska, A. Gontarz, K. Horzelska, P. Pieško, *ELSEVIER, Procedia Manufacturing*, **volumen 2**, página 337, (2015).
[2] J. Rosete Gómez, D. Ángeles Beltrán, A. Espinoza Vázquez, R. Orozco Cruz, *Revista TEDIQ*, **volumen 8**, página 447 (2022).

CTS-P07 Efecto de la corrosión en las propiedades mecánicas de la aleación Cu-10Ni-20Zn-3Al posterior al tratamiento térmico de envejecido

Presentación Póster

M. A. Muñoz-Alonso¹, M. A. Suárez-Rosales¹, M. Romero-Romo², D. Flores-Sanchez^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Materiales, Área de Ciencia de Materiales. Av. San Pablo No. 420 Col. Nueva el Rosario C.P. 02128

Alcaldía Azcapotzalco, CDMX.

² Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Materiales, Área Ingeniería Materiales. Av. San Pablo No. 420 Col. Nueva el Rosario C.P. 02128

Alcaldía Azcapotzalco, CDMX.

E-mail: dfs@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las aleaciones como la alpaca, que está conformada por Cu-Ni-Zn con un color y brillo parecido a la plata, tiene excelentes propiedades mecánicas como resistencia al desgaste y a la corrosión. Para la alpaca, el níquel mejora las propiedades mecánicas, mientras que el zinc reduce el punto de fusión y minimiza la porosidad. En recientes investigaciones se ha demostrado que, para las propiedades mecánicas de dicha aleación, estas se pueden mejorar mediante un endurecimiento por laminación en frío, pero desafortunadamente muestra una caída en su conductividad eléctrica, sin embargo, si el endurecimiento es mediante precipitación, sus propiedades mecánicas mejoran simultáneamente [1].

2. METODOLOGÍA

Fabricación de la aleación, Cu-10Ni-20Zn-3Al, Análisis EDS, Tratamiento térmico de homogeneizado a 850°C por 12 hrs, seguido de un solubilizado a 925°C por 1 hr, y finalmente envejecidos a 30 min, 1 y 4 hrs. Pruebas mecánicas de microdureza y evaluación de la corrosión.

3. RESULTADOS

En la Fig. 1 se muestra el análisis de composición de la aleación. Se observa que la composición de esta se encuentra en el rango propuesto.

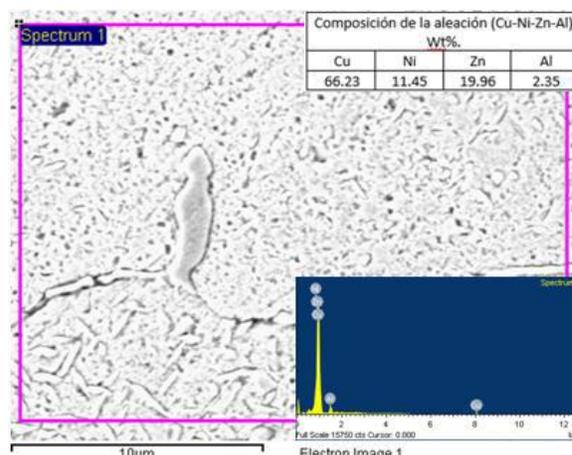


Fig. 1. Análisis de composición de la aleación Cu-10Ni-20Zn-3Al.

4. CONCLUSIONES

Por cada tiempo de envejecido al que fue sometido la aleación, se observó mediante las microestructuras cambios en la morfología, así mismo, mediante las pruebas de SEM, se identificó segregación de Ni, aumentando así su rango de composición.

5. REFERENCIAS

[1] D. A. Avila Salgado. *Transformación de la microestructura y propiedades de la aleación Cu-Si-Co-Cr-Ni mediante la adición de B, Nb y Zr*, p. 30, UANL, San Nicolas de los Garza, Nuevo León, (2018).

CTS-P08 Espectroscopia de impedancia electroquímica de un recubrimiento adicionado con nanocontenedores expuesto a un potencial de -1.1V vs Ag|AgCl

Presentación Póster

H. G. Méndez Figueroa¹, M. Soria Castro², A. Espinoza Vázquez³,
R. Galván Martínez³, R. Orozco Cruz^{3*}

¹Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz

²Unidad de Investigación y Tecnología Aplicadas, UNITA, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Nuevo León

³Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz

E-mail: zs20022552@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo analizar un recubrimiento adicionado con nanocontenedores a un potencial catódico impuesto, mediante la técnica de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE).

2. METODOLOGÍA

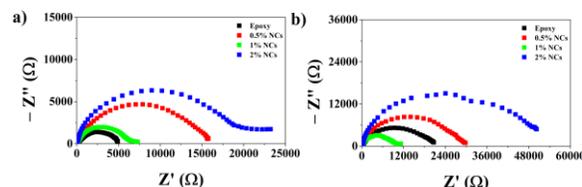
Un recubrimiento epóxico comercial fue adicionado con 0.5, 1 y 2% de nanocontenedores sintetizados a partir del extracto de la *Mimosa tenuiflora*, ZnO y el complejo ácido tánico-hierro [1]. El recubrimiento adicionado se depositó por aspersión sobre acero A36. Posteriormente, se realizó un defecto de 3 mm de diámetro en el centro, y se expuso a NaCl (3.5%) bajo un potencial de $E_{op} = -1.1\text{ V}$ vs Ag|AgCl .

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los Diagramas de Nyquist obtenidos durante la evaluación de los sistemas recubiertos adicionados con diferentes concentraciones de nanocontenedores (NCs). Después de 7 días de exposición, se observa un solo semicírculo que indica que procesos de transferencia de carga se están llevando en todos los sistemas. Los sistemas adicionados, además, presentan un aumento en el diámetro del semicírculo. Este comportamiento se ha atribuido a la absorción de moléculas que dificultan el proceso de transferencia de carga [2]. Por otra parte, el acero al carbono en condiciones de protección catódica promueve ambientes alcalinos que permiten la formación de una capa pasiva. En ese sentido, se observa que después de 14 días de exposición hay un aumento en el diámetro del semicírculo. Por otra parte, la concentración de los NCs juega un papel importante en el incremento de la resistencia a la transferencia de carga. De acuerdo con lo reportado en la literatura, la

adición de nanopartículas de ZnO en recubrimientos epóxicos puede promover y reforzar la formación de capas pasivas en el acero [3].

Figura 1. Evaluación electroquímica de los sistemas después de a) 7 y b) 14 días de exposición.



4. CONCLUSIONES

Los recubrimientos epóxicos adicionados con nanocontenedores de ZnO/*Mimosa tenuiflora*/ácido tánico-hierro podrían reforzar las capas pasivas que se forman sobre el acero expuesto a un potencial de -1.1V vs Ag|AgCl después de 14 días de exposición.

5. REFERENCIAS

- [1] H. G. Méndez-Figueroa *et al.*, *Journal of Solid State Electrochemistry*, **27**, 3137 (2023).
- [2] M. Pais and P. Rao. *Chemical Papers* **75**, 1387 (2021).
- [3] R. Aboorvakani, S. J. K. Vethanathan, and K. U. Madhu *Journal of Alloys and Compounds*, **834**, 155078, (2020).

CTS-P09 Estudio de la resiliencia de recubrimientos industriales con daños inducidos

Presentación Póster

K. R. Campos Anaya¹, J. L. Ramírez Reyes¹, O. Viveros Cancino¹, F. Almeraya Calderón², R. Chávez Rosales³, G. Galicia Aguilar^{1*}

¹Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Campus Mocambo Av. SS. Juan Pablo II, S/N Col. Costa Verde, Boca del Río, Veracruz, Mexico C.P. 942941.

²Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica, FIME, UANL, Monterrey Nvo. León, México.

³Metalyzinc, Grupo Cobos, Av. Framboyanes, Cd. Ind. Bruno Pagliai, Veracruz, Ver., C.P. 91697.

E-mail: gogalicia@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La norma ISO señala que una de las atmósferas más agresivas a los materiales metálicos es la atmósfera marina. Diversas formulaciones de recubrimientos a base de Zn se siguen estudiando y proponiendo para combatir el deterioro por corrosión atmosférica. Actualmente es común encontrar un acero protegido con un recubrimiento tipo dúplex (metálico – orgánico). Sin embargo, los estudios de deterioro por corrosión en recubrimientos a nivel laboratorio no son inmediatos. Las pruebas en cámara de niebla salina son una alternativa, sin embargo, se requiere un mínimo 3 meses de acuerdo con normativa ISO o ASTM. Una técnica que se ha desarrollado en laboratorio últimamente es la prueba electroquímica de degradación rápida (PEDR). El presente estudio reporta los resultados de resiliencia de un recubrimiento (íntacto y con falla artificial) evaluado en una atmósfera marina simulada mediante la técnica PEDR y técnicas de laboratorio [1,4].

2. METODOLOGÍA

Placas de acero galvanizadas de 10*15 cm recubiertas con recubrimiento dúplex provistas por el sector industrial fueron empleadas para los ensayos de cámara de niebla salina (2000 h) y para exposición atmosférica. Las pruebas PEDR se llevaron a cabo en un área de 1 in de diámetro en cada una de las placas con la ayuda de una celda electroquímica constituida por tres electrodos. Se midió la velocidad de corrosión mediante R_p de los recubrimientos sin falla y con falla para acelerar el deterioro.

3. RESULTADOS

Tabla 1. Valores de V_{corr} obtenidos con PEDR con falla y sin falla en las muestras.

Muestra	I_g (mA/cm ²)	RPL (Ω -cm ²)	V_{corr} (mm/año)
Posmac	-0.165	1503	0.13
C/F	-0.465	427	0.096
Al-Zn	-0.0083	8486	0.012
C/F	-0.017	19636	0.00195
Al-Zn-P	-1.18E-05	4.6E06	2.23E-06
C/F	-0.0327	88300	0.00105

4. CONCLUSIONES

Los resultados revelan que los mejores recubrimientos con mayores espesores no muestran necesariamente una mejor protección anticorrosiva o de resiliencia del recubrimiento. La muestra que mayor resiliencia mostró es Al-Zn lo cual ha sido relacionado a las características del óxido de la muestra. La corriente de drenaje está directamente relacionada con el porcentaje de degradación en las muestras

5. REFERENCIAS

- [1] ASTM B117-09, *Standard practice for operatingsalt spray (fog) apparatus*, ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, P.O. Box C700, West Conshohocken, PA, 19428-2959 USA.
- [2] S. Kuroda, J. Kuwakita, M. Takemoto. *Corrosion* **62**, 635-647 (2006).
- [3] Y. M. Panchenko, A. I. Marshakov, T. N. Igonin, T. A. Nenasheva, N. A. Nikolaeva and A. A. Ivanenko *Materials*, **16**, 5214, (2023)
- [4] ISO 9223. *Corrosión de metales y aleaciones - Clasificación de ambientes de corrosividad* (ISO 9223) (2012).

CTS-P10 Influencia del contenido de Al en la microestructura y resistencia a la corrosión de aleaciones de alto manganeso Fe-Mn-Al-C-Cr

Presentación Póster

G. M. Barona Osorio^{1*}, R Galvan-Martinez², C.A. León¹, A Bedolla-Jacuinde¹

¹Instituto de Investigaciones Metalúrgicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, C.P. 58000, México.

²Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, Veracruz, C.P. 94294, México.

E-mail: 2330710c@umich.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros de baja densidad con alto contenido de manganeso, Fe-Mn-Al-C, han sido desarrollados como materiales alternativos para distintas aplicaciones ingenieriles debido a que ofrecen excelente combinación de propiedades mecánicas [1]. Sin embargo, su respuesta a la corrosión en medios severamente corrosivos es baja y necesita mayor investigación [2,3]. Por lo tanto, en el presente trabajo se investigó la influencia de la adición de Al en la microestructura y el comportamiento frente a la corrosión de aceros Fe-Mn-xAl-C-Cr (x= 0 (0Al), 2,99 (3Al) and 6,88 (7Al) % en peso) en agua de mar artificial adistintos tiempos de inmersión.

2. METODOLOGÍA

Las aleaciones se obtuvieron mediante la fundición en horno de inducción con atmosfera controlada. Posteriormente, los materiales fueron sometidos a tratamiento termomecánico de rolado en caliente seguido de tratamiento térmico de solubilización a 1200 °C durante distintos tiempos.

El comportamiento frente a la corrosión se investigó mediante las técnicas electroquímicas de curvas de polarización y espectroscopía de impedancia electroquímica, así como también se realizó un seguimiento de potencial a circuito abierto.

3. RESULTADOS

En el estado de colada todas las aleaciones mostraron una estructura dendrítica con ramificaciones causada por el subenfriamiento constitucional y el alto grado de segregación durante el proceso de solidificación. Posterior al tratamiento de solubilización se obtuvo una estructura completamente austenítica para todas las aleaciones.

Los resultados de corrosión indicaron que la

adición de aluminio promovió el proceso de transferencia de masa debido al desarrollo de una película protectora de óxidos de Cr y Al sobre la superficie del material, la cual limitó el proceso de la reacción de oxidación. Adicionalmente, para las tres aleaciones se observó una tendencia similar de disminución en la disolución anódica después de las 3 horas de inmersión debido a la formación de dicha capa.

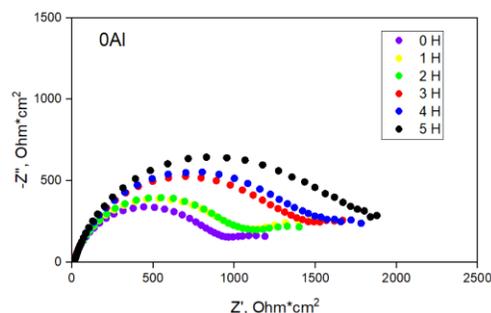


Figura 1. Espectros de impedancia de la aleación sin Al inmersa en agua de mar artificial.

4. CONCLUSIONES

La adición de Al en los aceros Fe-Mn-Al-C-Cr tiene un efecto benéfico sobre la resistencia a la corrosión debido a la formación de una capa protectora de óxidos de Cr y Al.

5. REFERENCIAS

- [1] I. Gutierrez-Urrutia, *ISIJ International*, vol. 61, 16, (2021).
- [2] G. Tsay, C. Lin, C. Chao, and T. Liu, *Materials Transactions*, vol. 51, 2318, (2010).
- [3] D. M. Bastidas, J. Röss, J. Bosch, and U. Martin. *Metals*, vol. 11, 1, (2021).

CTS-P11 Estudio de la corrosión electroquímica de Al7075 con recubrimiento hidrofóbico de nanopartículas de SiO₂ aplicado mediante sol-gel.

Presentación Póster

L. Vázquez¹, M.A. Lira-Martínez¹, D. Cornejo Monroy¹, J.M. Jáquez-Muñoz¹, B. Sánchez-Santamaría¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ingeniería y Tecnología.

E-mail: al203783@alumnos.uacj.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la industria aeronáutica es de vital importancia que los componentes usados tengan un tiempo de vida útil alto, sin embargo, las aleaciones de aluminio son susceptibles a la corrosión. Por este motivo se buscan distintos tipos de recubrimientos que prolonguen su vida. Una opción dentro de estos recubrimientos son los hidrofóbicos obtenidos mediante la técnica sol-gel. Para que un material se considere hidrofóbico es necesario que alcance ángulos de contacto mayores a 150°, y ángulos de desplazamiento menores a 10° [1], [2]. Esta investigación tiene como objetivo caracterizar electroquímicamente el recubrimiento super hidrofóbico obtenido mediante la técnica sol-gel de nanopartículas de dióxido de sílice (SiO₂) mediante las técnicas de curvas de polarización potenciodinámica cíclicas (PPC), espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) y ruido electroquímico (RE).

2. METODOLOGÍA

El recubrimiento se obtuvo mediante la técnica sol-gel a partir de nanopartículas de dióxido de silicio (SiO₂). La sinterización se realizó con ayuda de NH₄OH como catalizadores mezclados con H₂O e isopropanol.

La caracterización electroquímica se realizó con las técnicas de curvas de polarización potenciodinámica (ASTM G61) con un rango de ± 800 mV vs el potencial de corrosión libre (OCP). Las pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica (ASTM G106) se realizó con un rango de frecuencias de 100kHz a 10 mHz con un potencial de ± 10 mV. La técnica de ruido electroquímico (ASTM G199) se realizó con un muestreo de 2048 datos a una velocidad de 1 dato por segundo. Se utilizó una celda de tres electrodos, donde el electrodo de referencia fue de calomel saturado y el contraelectrodo fue de platino. El electrolito fue NaCl al 3.5% y H₂SO₄.

3. RESULTADOS

El recubrimiento generó un ángulo de contacto mayor a 150 ° y ángulos de deslizamiento menor de 0.26 °.

La muestra con inhibidor presentó una disminución en la velocidad de corrosión de 6.1 mpy a 0.458 mpy. La técnica de impedancia electroquímica mostró una mayor resistividad del inhibidor. Así mismo polarización cíclica potenciodinámica (PCP) y ruido electroquímico (RE) indicaron una corrosión localizada en todos los casos.

4. CONCLUSIONES

Las muestras de aluminio con inhibidor presentaron mejores propiedades contra la corrosión por las tres técnicas de caracterización, indicando que tienen mayor resistencia que la muestra sin inhibidor en las tres técnicas electroquímicas.

5. REFERENCIAS

[1] W. K. Tan, H. Muto, G. Kawamura, Z. Lockman, y A. Matsuda, "Nanomaterial fabrication through the modification of sol-gel derived coatings", *Nanomaterials*, vol. 11, núm. 1. 2021. doi: 10.3390/nano11010181.

[2] H. Ogihara, J. Xie, J. Okagaki, y T. Saji, "Simple method for preparing superhydrophobic paper: Spray-deposited hydrophobic silica nanoparticle coatings exhibit high water-repellency and transparency", *Langmuir*, vol. 28, núm. 10, 2012, doi: 10.1021/la204492q.

CTS-P12 Protección de la corrosión de un Bronce C844 empleando L-cisteína etil ester en un medio salino

Presentación Póster

G. A. Santaman Montoya¹, A.C. Rodríguez Hernández¹, A. Espinoza Vázquez¹, R. Orozco², R. Galván, G.E. Negrón Silva², A. Sánchez Eleuterio²

¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Boca del Río, 94292, Veracruz, México. ² Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Ciencias Básicas. Av. San Pablo No. 180, Azcapotzalco, Ciudad de México, C.P. 02200. México

E-mail: araespinoza@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Unos de los principales problemas que sufren los materiales metálicos mediante un proceso natural es la corrosión, mediante diferentes medios se ha buscado ralentizar este proceso natural que reduce la vida útil de los materiales metálicos, en este trabajo se utilizó bronce estándar también conocido como bronce C844 este bronce es normalmente utilizado en estatuas por su gran maquinabilidad [1]. Dentro de los métodos de protección está el uso de los inhibidores de corrosión que son generalmente orgánicos. Un compuesto interesante que pertenece a la familia de los aminoácidos es la cisteína que es un antioxidante y que ha demostrado tener propiedades de disminuir el proceso de corrosión. Por lo que, el objetivo de este trabajo es evaluar un derivado de este como L-cisteína etil ester (Figura 1) empleando un bronce C844 en un medio salino:

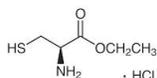


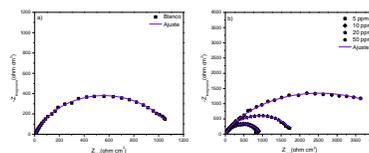
Figura 1. L-cisteína etil ester

2. METODOLOGÍA

Se utilizará una celda electroquímica esta consta de tres electrodos siendo el primero de ellos el electrodo de trabajo la aleación de bronce C844, un electrodo de referencia de plata cloruro de plata y un contraelectrodo de grafito. Se adicionará el inhibidor en 0, 5, 10, 20, 50 y 100 ppm al medio corrosivo de NaCl al 3%. La secuencia de las pruebas se realizará con un equipo BioLogic, utilizando el programa adquisidor de datos "EC-Lab": a) Potencial vs tiempo [duración de 1800 segundos con una lectura por segundo]; b) Espectroscopia de Impedancia Electroquímica [amplitud de ± 10 mV e intervalos de frecuencia de 10^4 a 10^{-2} Hz].

3. RESULTADOS

Se muestra en el diagrama de Nyquist en la fig. a) "el blanco" con un carácter alargado y se proponen dos constantes de tiempo, y en el diagrama de Nyquist en la fig. b) se muestran todas las concentraciones y se observó que el diámetro del semicírculo de la concentración de 50 ppm con un valor de Z_{real} de 4903 ohm cm^2 es la mejor para proteger la superficie del bronce.



4. CONCLUSIONES

En las diferentes pruebas que se llevaron a cabo para averiguar cuál es la mejor concentración del inhibidor, se llegó a la conclusión que la concentración más efectiva es la concentración de 50 ppm.

5. REFERENCIAS

Revistas

[2] G. M. Abd El-Hafez, W. A. Badawy, *ELSEVIER*, **volumen 108**, página 860, (2013).

[1] G. Sosa von Putlitz, A. Espinoza Vázquez, F.J. Rodríguez Gómez, G.E. Negrón-Silva, Ignacio A. Figueroa, R. Orozco-Cruz, A. Miralrio, M. Castro, *ELSEVIER*, **volumen 1267**, página 2, (2022).

[3] A. Espinoza Vazquez, Estudio del mecanismo de inhibición de la corrosión en presencia de la estricteosamida para el bronce C844 inmersa en 3% de NaCl, p. 369, Ciudad de México (2021).

CTS-P13 Estudio electroquímico del efecto de las interferencias de corriente alterna en la capa pasiva del acero X100 en una solución de carbonato-bicarbonato mediante ruido electroquímico

Presentación **Póster**

F. Arias-Degollado¹, G. Hermida Saba, R., E Orozco-Cruz¹, R. Galván-Martínez¹ A. Carmona-Hernandez^{1*}

¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México
E-mail: zS19003340@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la corrosión inducida por interferencias de corriente alterna (CA) se ha convertido en un riesgo para la integridad de las tuberías de acero enterradas destinadas al transporte de hidrocarburos [1]. Algunos estudios han indicado que estas interferencias podrían degradar la pasivación del acero y mejorar la velocidad de corrosión. La CA proveniente principalmente de las líneas de transmisión eléctrica induce corrientes parasitas en la tubería, y puede aumentar la susceptibilidad a la corrosión con picaduras en un suelo alcalino. Cabe señalar que existen pocos estudios enfocados en el efecto de la CA en la película pasiva [2]. Por lo tanto, en el presente trabajo se estudió la influencia del nivel de interferencia de CA en la capa pasiva de un acero API en un suelo de pH alto mediante ruido electroquímico (EN), cuya técnica es muy utilizada para sistemas propensos a corrosión localizada.

2. METODOLOGÍA

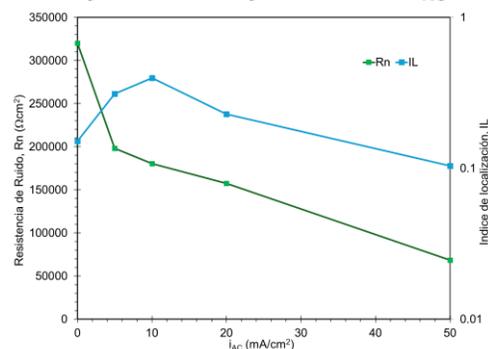
El metal bajo estudio fue el acero API X100 y la solución de prueba fue una solución de carbonato-bicarbonato de pH alto. Inicialmente, se realizó una prueba potencioestática a 500 mV vs Ag/AgCl por 2h para la formación de la capa pasiva. Después se aplicaron las interferencias de CA a diferentes valores de densidad de corriente (i_{ac}) durante 30 minutos y finalmente se aplicaron las mediciones de espectroscopia de impedancia (EIS) y EN. Por último, mediante microscopia óptica se analizó la morfología de corrosión.

3. RESULTADOS

Los resultados de los parámetros estadísticos de EN del acero en la solución de pH alto muestran que el valor de la resistencia de ruido (Rn) disminuyó

conforme se incrementó el nivel de interferencia de CA, mientras que, en todos los casos, el valor del índice de localización (IL) indicó que sobre la superficie el principal tipo de corrosión fue localizada.

Figura 1. Valores de Rn e IL del acero X100 en 0.1M NaHCO₃-0.05M NaCO₃ en función de i_{ac} .



4. CONCLUSIONES

Los resultados de las mediciones electroquímicas mostraron que la exposición a 30 minutos de interferencias fue suficiente para promover el rompimiento local de la capa protectora de productos de corrosión, al cual fue mayor conforme se incrementó el nivel de interferencia por CA. Se obtuvo una buena correlación entre los valores de IL y el análisis superficial.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Zhu, J. L. Yang, Y. B. Chen, Y. F. Yuan, & S. Y. Guo, *Journal of Materials Engineering and Performance*, **29**, 423-433. (2020)
- [2] Z. Y. Cui, L. W. Wang, Z. Y. Liu, C. W. Du, & X. G. Li, *Corrosion Engineering, Science and Technology*, **50**, 248-255. (2015)

CTS-P14 Inhibidor a base de clortalidona caduco aplicado a un acero al carbono evaluado en una solución que simula corrosión atmosférica

Presentación Poster

Omar Alejandro González Noriega^{1*}, Jorge Uruchurtu Chavarín², Elsa Carmina Menchaca Campos³,
Zayda Abigail Uribe Rosales⁴, Alejandro Flores Nicolas⁵, Dalia García Rosas⁶.
^{1,2,3,4,5,6}Universidad Autónoma del Estado de Morelos, CIICAP, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa
62209-Cuernavaca, Mor, México.
E-mail: ingomarglezn@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El acero al carbono es uno de los materiales más utilizados en la industria automotriz, maquinaria, estructuras, etc. [1]. No obstante, se corroe fácilmente en ambientes marinos e industriales cuando se habla de corrosión atmosférica [2]. Entre los diferentes métodos de la protección contra la corrosión tenemos a los recubrimientos e inhibidores, los peligros de la gran mayoría de inhibidores es que son orgánicos sintéticos, los cuales tienden a ser tóxicos o inclusive cancerígenos, es por ello que se buscan alternativas como inhibidores de origen de extracto natural o medicamentos caducos.[3].

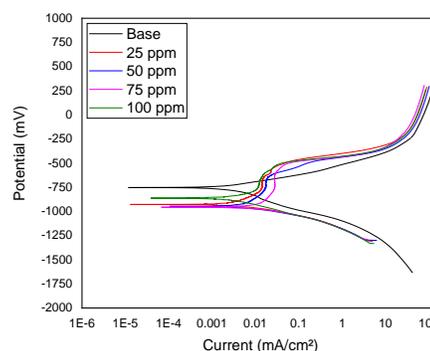
2. METODOLOGÍA

Se realizó el cortado de las piezas en cilindros de 1cm de longitud por 1 cm de diámetro con una cortadora de disco a bajas revoluciones, posteriormente se realizó el encapsulado y desbastado de las muestras con lijas de carburo de silicio desde lija 120 hasta 600.

Para la síntesis del inhibidor de la corrosión se utilizó el medicamento clortalidona el cual se disolvió en agua destilada en una relación de 0.027 g en 100 ml a una temperatura de 37°C durante 20 minutos y agitación de 250 rpm.

Posteriormente se aplicaron las técnicas electroquímicas: curvas de polarización potenciodinámicas, espectroscopía de impedancia y ruido electroquímico.

3. RESULTADOS



4. CONCLUSIONES

El inhibidor es de la corrosión mostro un comportamiento de tipo anódico. La concentración que mostros mejores resultados fue la concentración de 25 ppm y al incrementarla no se mostro un cambio significativo. Tampoco un cambio aparente en la cinética de las reacciones de reducción.

5. REFERENCIAS

- [1] Benali, O; Zebida M.; Maschke U. (2021). Synthesis and inhibition corrosion effect of two thiazole derivatives for carbon steel in 1M HCl. *Journal of the indian chemical society*, Vol. 98, Num.8, pag. 1-8.
- [2] Xiufang C.; Zhenyu Z.; Hanping Z. (2022). Influence of air pollution factor son corrosión of metal equipment in transmission and transformation power stations. *Atmosphere MDPI*, Vol.13, Num.7, pag. 1-11.
- [3] Zhuang W; Wang X; Zhu W. (2021). Imidazoline Gemini Surfactants as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel X70 in NaCl Solution. *ACS OMEGA*, Vol.6, pag. 5653-5660.

CTS-P15 Análisis del efecto de NPs de ZnO en la corrosión inducida por microorganismos del aluminio mediante impedancia

Presentación Póster

A. Vásquez-Márquez^{1,2*}, A.G. Canales-Delgado¹, G. K. Pedraza-Basulto³, A. Carmona-Hernandez¹, R. Orozco-Cruz¹, A. Espinosa-Vázquez¹, R. Galván-Martínez¹

¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

²Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

³Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.

E-mail: alejvasquez@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión inducida microbiológicamente (CIM) se refiere a la influencia de los microorganismos sobre la cinética del proceso de corrosión de metales debido a la formación de biopelículas. La CIM se ha relacionado con un amplio espectro de microorganismos, tanto aerobios como anaerobios [1]. En la industria aeronáutica, los hongos presentes en el combustible de aviación pueden causar diversos problemas operacionales, éstos se introducen en los tanques de combustible a partir de contaminantes transportados por el aire y a través del agua que ingresa al tanque [2]. Una tecnología emergente es la aplicación de la nanopartículas (NPs) para desarrollar nuevos agentes antifúngicos, como es el caso de las NPs de ZnO. Las NPs tienen propiedades físicas y químicas únicas en comparación con sus contrapartes más grandes porque su pequeño tamaño conduce a una alta relación superficie-volumen [3].

2. METODOLOGÍA

Se realizó un asilamiento de cepas fúngicas de los tanques de un helicóptero comercial. Se evaluaron en medio sólido para determinar las condiciones de temperatura óptimas en función del crecimiento radial (CR). La cepa seleccionada fue caracterizada morfológicamente mediante observación macroscópica y microscópica. Se sintetizaron NPs de ZnO las cuáles fueron probadas como inhibidoras del crecimiento del hongo. Se estudiarán sistemas electroquímicos con medio biótico y abiótico, con presencia de NPs de ZnO. Se utilizó una celda electroquímica con un arreglo de 3 electrodos, un electrodo auxiliar de grafito, un electrodo de referencia de Ag/AgCl y un electrodo de trabajo de Al. Se realizó una secuencia de Potencial de Circuito Abierto durante 30 min para estabilizar el potencial y la prueba de Impedancia (EIE) con 10mV de amplitud, un rango de

frecuencia de 0.01 a 10 KHz, tomando 10 puntos por década de frecuencia

3. RESULTADOS

Se obtuvieron 25 cepas fúngicas y al ser probadas a 25, 30 y 35°C, solo 4 obtuvieron valores de velocidad de CR para ser considerados de interés. En medio líquido, el hongo seleccionado TPDA-3 comienza a formar una biocapa a las 96 horas con una disminución constante de pH. La presencia del hongo influyó en la velocidad de corrosión (V_{corr}) del Al en medio mínimo, sin embargo, las NPs de ZnO tuvieron un efecto inhibitorio sobre crecimiento del hongo, lo cual también modificó la V_{corr} del Al.

4. CONCLUSIONES

Las NPs de ZnO tienen un efecto inhibitorio en el crecimiento de los hongos, lo que modifica a su vez el crecimiento de este hongo y principalmente la V_{corr} del Al.

5. REFERENCIAS

- [1] R. Jia, T. Unsal, D. Xu, Y. Lekbach, T. Gu, *International biodeterioration & biodegradation*, **137**, 42-58. (2019).
- [2] V.V. Nelson, O.T. Maria, S.V. Mamiè, and P.C. Maritza, *Aluminium Alloys - Recent Trends in Processing, Characterization, Mechanical Behavior and Applications*, IntechOpen, London, (2017)
- [3] Y.N. Slavin, H. Bach, *Nanomaterials*, **12**, 4470, (2022).

CTS-P17 Análisis en el Dominio del Tiempo de Ruido Electroquímico de Superaleaciones Base Níquel a Baja Temperatura

Presentación Póster

M.S. Huerta-Zavala, C. Gaona-Tiburcio, J. Cabral M., F. Estupiñán L.,
M. Lara B., F. Almeraya-Calderón *

Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.
Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica

E-mail: facundo.almerayacl@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El control de la corrosión en el ámbito industrial es un tema de vital importancia, la presencia de ella en componentes puede producir daños significativos, por lo cual se requiere la eficiencia de los materiales ante cualquiera situación y/o ambiente que los pueda comprometer. Aunque las superaleaciones están diseñadas para aplicaciones altamente corrosivos en temperaturas altas, no están exentas a trabajar en ambientes a baja temperatura, por lo cual, es necesario el analizar su comportamiento mediante pruebas electroquímicas. La técnica de ruido electroquímico es una herramienta no destructiva que se basa en la medición de fluctuaciones espontáneas en el potencial y la corriente en un sistema electroquímico. En esta investigación se caracterizó el comportamiento electroquímico de superaleaciones a base de níquel de la casa Inconel: 600, 690 y 718, empleando dos temperaturas 25° y 60 en medios ácidos de NaCl (5%) y H₂SO₄ (1%), utilizando la técnica del ruido electroquímico.[1,2]

2. METODOLOGÍA

Se realizó la caracterización metalográfica mediante la norma ASTM-E3-11. Se llevo el análisis de corrosión mediante la técnica de ruido electroquímico con parámetros de 4096 datos con una velocidad de 1 dato/s, utilizando una celda convencional de tres electrodos. Las pruebas se realizaron utilizando dos electrolitos NaCl y H₂SO₄ a dos temperaturas de trabajo 25° y 60°.

3. RESULTADOS

En las tablas 1 y 2 se exponen los parámetros electroquímicos en el dominio del tiempo de las 3 superaleaciones, divididos en cada electrolito NaCl y H₂SO₄. Al observar los índices de localización, junto con el Sesgo y Kurtosis, se muestra que en la mayoría de las superaleaciones presentan un proceso de

corrosión localizado. También se obtuvieron icorr de diferentes magnitudes siendo 10⁻⁷ mA/cm² la más baja.

Tabla 1. Parámetros electroquímicos de superaleaciones en H₂SO₄.

M	Icorr mA/cm ²	Irms mA/cm ²	σi mA/cm ²	Rn KOhms	l.L.	T.C.	sesgo	T.C.	Kurtosis	T.C.
718-H ₂ SO ₄ -25	1.10E-06	2.90E-06	4.00E-07	24200.67	0.12	L	5.77	L	40.70	L
718-H ₂ SO ₄ -60	1.90E-06	5.80E-06	2.20E-06	13639.11	0.37	L	3.70	L	32.35	L
600-H ₂ SO ₄ -25	6.00E-07	6.90E-06	5.00E-07	42940.97	0.07	M	0.80	U	1.89	U
600-H ₂ SO ₄ -60	3.00E-06	2.20E-06	2.00E-07	8735.219	0.09	M	4.02	L	22.66	L
690-H ₂ SO ₄ -25	3.90E-06	5.00E-07	1.00E-07	6750.48	0.27	L	6.95	L	87.42	L
690-H ₂ SO ₄ -60	1.26E-04	7.88E-05	4.60E-06	206.339	0.05	M	1.64	L	4.51	L

Tabla 1. Parámetros electroquímicos de superaleaciones en NaCl.

M	Icorr mA/cm ²	Irms mA/cm ²	σi mA/cm ²	Rn KOhms	LL.	T.C.	sesgo	T.C.	Kurtosis	T.C.
718-NaCl-25	5.00E-07	2.00E-07	1.00E-07	47846.90	0.54	L	26.07	L	1139.86	L
718-NaCl-60	3.30E-06	4.00E-07	1.00E-07	7886.45	0.20	L	2.51	L	9.10	L
600-NaCl-25	9.00E-07	2.80E-06	2.00E-07	29464.42	0.07	M	-0.44	U	1.78	U
600-NaCl-60	2.20E-06	6.70E-06	4.00E-07	11736.51	0.05	M	1.05	L	11.34	L
690-NaCl-25	2.00E-07	3.00E-07	0.00E+00	154538.07	0.10	L	2.50	L	24.58	L
690-NaCl-60	2.00E-07	1.00E-07	0.00E+00	156834.68	0.13	L	3.13	L	12.33	L

4. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones establecidas la mayoría de las superaleaciones tienden a presentar corrosión localizada, sin embargo, presentan una gran resistencia a la corrosión a baja temperatura, siendo la aleación 600 a 25° la que presenta la más baja icorr en ambos electrolitos.

5. REFERENCIAS

- [1] Cottis, R. A. (2001). doi:10.5006/1.3290350
[2] Jáquez-Muñoz, J. M., Gaona-Tiburcio, (2019) et al. ECS Transactions, 94(1), 19–26. doi: 10.1149/09401.0019ecst

CTS-P18 Respuesta dinámica de columnas de concreto reforzado degradadas por corrosión.

Presentación **Póster**

D. de J. Barrera Jiménez¹, I. Ramírez González¹, R. Salgado Estrada¹, J. Piña Flores², M. de los Á. Martínez Cosío², A. Vargas Colorado², S. Márquez Domínguez², A. Carmona Hernández, F. A. Carpio Santamaría^{2*}.

¹Facultad de Ingeniería de la Construcción y el Hábitat, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

²Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

E-mail: fcarpio@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

México cuenta con un par de grandes litorales que colindan con el Océano Pacífico y el Golfo de México, este último es una de las zonas más corrosivas del mundo. Además, son regiones sísmicas con un riesgo sísmico de moderado a alto. Debido a lo anterior, el fenómeno de la corrosión puede degradar las propiedades mecánicas de los materiales de elementos estructurales de concreto reforzado, aumentando la incertidumbre de su comportamiento estructural frente a sismos. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la respuesta histerética de columnas de concreto reforzado, considerando la degradación de su resistencia debida a la corrosión, mediante modelado numérico.

2. METODOLOGÍA

- Estimar el deterioro de la resistencia de los materiales a partir de resultados experimentales.[1]
- Validar la respuesta dinámica del elemento en ensayos experimentales respecto al modelado numérico.[2]
- Estimar la respuesta histerética considerando diferentes grados de corrosión (n) en el elemento.

3. RESULTADOS

La metodología se aplicó en secciones rectangulares empleando análisis paramétricos variando el grado de corrosión en el acero de refuerzo longitudinal (n_l) y transversal (n_t). Se evaluó la respuesta histerética del elemento y se compararon las siguientes características: resistencia a cortante máximo y su desplazamiento, rigidez circular de los ciclos histerético y la energía disipada. Los resultados muestran que la energía disipada en elementos con 17% de grado de corrosión en el acero de refuerzo

longitudinal y 9% en el transversal, la energía disipada decae hasta en un 50%.

Tabla 1. Degradación del cortante máximo y su desplazamiento.

Grado de corrosión		Cortante máximo (kN)	Desplazamiento en Cortante Máximo (mm)	Energía disipada (kN/mm)
n_l (%)	n_t (%)			
0	0	62.91	13.81	13833
17	9	50.84	9.98	7212
Deterioro (%)		19.81	27.73	47.86

4. CONCLUSIONES

La metodología presentada muestra satisfactoriamente el comportamiento histerético de columnas afectadas por corrosión. El deterioro causado por grados de corrosión altos presentó una reducción de hasta 50% de la capacidad de disipación de energía del elemento.

5. REFERENCIAS

[1] F. Carpio, S. Domínguez, A. Carmona, R. Salgado, A. Vargas, J. Barradas, D. Barrera. *Buildings*, **12**, 1, (2022).

[2] S. Yang, X. Song, H. Jia, X. Liu. *Construction and building materials*, **121**, 319, (2016).

CTS-P19 Optimización de los parámetros del proceso de anodizado en aluminio 6063 mediante la metodología de superficie de respuesta

Presentación Póster

C. N. Cabral Miramontes¹, L. J. Juárez Alejandro¹, B. S. Martínez Aparicio¹, C. Gaona Tiburcio¹, F. Estupiñan López¹, F. J. Olguin Coca², L. D López León², F. Almeraya Calderón¹, J. A. Cabral Miramontes^{1*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica.

²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

E-mail: jose.cabralmr@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El aluminio y sus aleaciones son el segundo metal más utilizado en la industria debido a su baja densidad, peso ligero, alta resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas adecuadas [1]. El anodizado es un tratamiento electroquímico de superficie que se realiza frecuentemente con diversos electrolitos para mejorar la resistencia a la corrosión. Modificando los parámetros del proceso, como la densidad de corriente (Den. Corr.), el tipo y la concentración del electrolito, se puede regular las características de la capa de óxido formada [2]. Los aspectos más cruciales para las aplicaciones industriales son la rápida producción de la capa de óxido y la formación de una capa densa y gruesa, que podría dar lugar a una elevada microdureza y resistencia a la corrosión. Existen numerosos parámetros que pueden afectar las propiedades y la morfología de la capa de óxido, y la optimización de estos parámetros es un paso crucial en el proceso de anodizado. El objetivo principal de este estudio es optimizar las condiciones de anodizado para obtener los valores óptimos de dureza con el máximo espesor de capa de oxidación posible.

2. METODOLOGÍA

Para la fabricación del anodizado duro se empleó aluminio 6063, la solución electrolítica utilizada fue ácido sulfúrico aplicando densidades de corriente de 2.5 y 3.5 A/dm², con tiempos de 15 y 20 min. Se utilizó microscopía electrónica de barrido para determinar la morfología superficial y el espesor de los anodizados. Utilizando la metodología de superficie de respuesta (MSR) y un diseño de experimentos Taguchi, con dos niveles y tres factores con un total de 8 corridas para optimizar el proceso.

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta los datos de espesor y microdureza de las muestras anodizadas con diferentes parámetros de procesamiento. Se puede observar que los espesores se encuentran entre 11 y 23 μm, mientras que la microdureza Vickers presento valores entre 223 y 296 HV_{0.05} para estas condiciones.

Tabla 1. Resultados de espesor y microdureza del material anodizado.

Tiempo F A	Den. Corr. (A/dm ²) F B	Con. Ácido sulfúrico (gr-Lts) F C	Espesor (Y1)	Microdureza (Y2)
15 min	2.5	180	14.67	273.56
20 min	2.5	180	16.02	265.15
15 min	3.5	350	11.56	296.56
20 min	3.5	350	15.11	229.37

4. CONCLUSIONES

Por MSR se logró obtener un espesor objetivo de 12 μm con un tiempo de 17.5 min, densidad de corriente de 2.63 A/dm² y concentración de H₂SO₄ de 350 gr-Lts.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Cabral Miramontes, C. Gaona Tiburcio, F. Estupiñan López, F. Almeraya Calderón. *Materials*, **15**, 6401, (2022).
- [2] J. Cabral Miramontes, C. Gaona Tiburcio, F. Estupiñan López, F. Almeraya Calderón. *Coatings*, **10**, 601, (2020).

CTS-P20 Anodizado de Titanio en un Líquido Iónico a base de Colina-Oxalato

Presentación Póster

B. García-Talavera¹, P. Roncagliolo Barrera¹, A. L. Ramirez Ledesma¹, C.H. Cornelis Janssen², J. A. Juárez Islasc³

¹Facultad de química, Departamento de Ingeniería Metalúrgica, U. N. A. M.

²Facultad de química, Departamento de Ingeniería Química, U. N. A. M.

³Instituto de Investigaciones en Materiales, U. N. A. M.

E-mail: bruno.garta@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Este estudio se centra en el proceso de anodizado de una aleación de titanio Ti6Al4V utilizando un disolvente eutéctico profundo (DES) compuesto por hidróxido de colina y ácido oxálico. Los DES son solventes orgánicos promovidos como una alternativa "verde" en baños para recubrimientos y electrolitos, siendo biodegradables y menos corrosivos que las opciones convencionales [1]. La aleación Ti6Al4V, tiene diversas aplicaciones, incluyendo componentes estructurales en la industria aeronáutica y como biomateriales. Investigaciones previas han demostrado la viabilidad del anodizado de titanio con hidróxido de colina y ácido oxálico [2]. Este estudio evalúa las capas de óxido resultantes del anodizado a diferentes voltajes utilizando hidróxido de colina y ácido oxálico como electrolito.

2. METODOLOGÍA

Se empleó un DES para recubrir, consta de hidróxido de colina y ácido oxálico en proporción 2:1, agitándolo a 80 °C hasta obtener una solución homogénea. Se anodizaron muestras de Ti6Al4V a voltajes de 10 a 100 V durante 20 min en una celda convencional a 20 °C. Se evaluó la superficie anodizada mediante MEB, AFM y DRX; además, realizaron pruebas de corrosión en NaCl 3.5 M en una celda convencional. Las pruebas electroquímicas incluyeron espectroscopia de impedancia y curvas de polarización cíclicas con un electrodo de referencia de plata/cloruro de plata y un contraelectrodo de grafito.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 muestra los resultados de las muestras de la polarización cíclica de Ti6Al4V anodizadas.

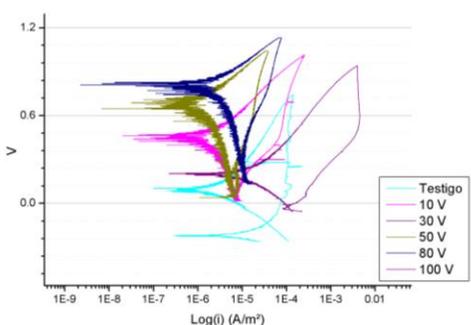


Figura 1. PP de Ti6Al4V anodizadas en NaCl 3.5 M.

4. CONCLUSIONES

Las muestras se anodizaron satisfactoriamente mostrando un color homogéneo característico dependiente del voltaje empleado. El análisis por MEB, AFM y DRX permitió identificar las fases y rugosidad de la superficie anodizada, el cual generó una película con un espesor homogéneo.

5. REFERENCIAS

- [1] Kityk, A., Protsenko, V., Danilov, F., Pavlik, V., Hnatko, M., & Šoltýs, J. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 613, 126125. (2021).
- [2] Winiarski, J., Niciejewska, A., Górnik, M., Jakubowski, J., Tylus, W., & Szczygieł, B. RSC advances, 11(34), 21104-21115. (2021)

CTS-P21 Influencia del dopado de TiO₂ con Cr en el desempeño del TiO₂ como fotoánodo en la protección catódica de un acero inoxidable en solución salmuera

Presentación **Póster**

A. J. Lozano-Gurrola¹, S. Hernandez Montiel², L. García González², J. Hernández Torres², R. Orozco-Cruz¹, R. Galván-Martínez¹ A. Carmona-Hernandez^{1*}

¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

²Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología, Universidad Veracruzana, Veracruz, Méx.

E-mail: zS20020216@estudiantes.uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los métodos de prevención y control de la corrosión para medios continuos es la protección catódica (PC). En los últimos años, se ha estudiado un sistema de protección catódica que utilice luz solar como fuente de energía, conocido como protección fotocatódica (PFC), en el cual un ánodo fotosensible se conecta a la estructura, y bajo la iluminación de la luz solar, el ánodo genera una corriente fotoinducida para polarizar catódicamente el metal. Al usar la luz solar como fuente de energía, el sistema PFC se busca aplicar principalmente en áreas remotas sin líneas de transmisión de electricidad [1, 2]. Además, el fotoánodo está compuesto de materiales semiconductores, tal como el dióxido de titanio (TiO₂), el cual es muy resistente a la corrosión, teniendo una vida útil más larga que un sistema PC convencional [3]. En este trabajo se estudió el efecto de la temperatura de cristalización y el dopado de TiO₂ en la PFC de un acero inoxidable en agua de mar.

2. METODOLOGÍA

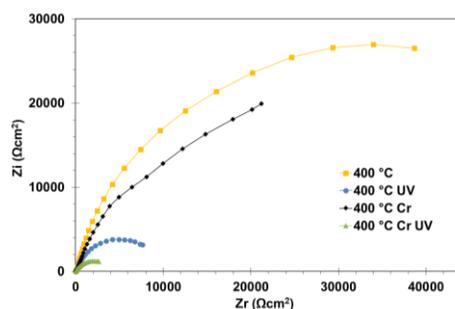
Se obtuvieron películas de TiO₂ sobre Ti mediante anodización electroquímica en una solución adecuada para el dopado con Cr, seguido de un tratamiento térmico (TT) a 400 y 500 °C. Se realizaron mediciones de Espectroscopia de Impedancia electroquímica (EIS) y cronoamperometría en condiciones de iluminación intermitente mediante el acoplamiento de 2 celdas: la celda de corrosión (SS304 en 3.5%w NaCl) y la celda fotoelectroquímica (TiO₂ en 0.2M NaOH y 0.1 M Na₂S).

3. RESULTADOS

En el diagrama de Nyquist (Figura 1) se observa que el diámetro del semicírculo (resistencia a la transferencia de carga) del par galvánico disminuye

fuertemente durante la iluminación, obteniéndose el menor diámetro en el inoxidable acoplado con TiO₂ con Cr. Esto es indicativo de que la reacción catódica en la superficie del acero se aceleró como resultado de la transferencia de electrones fotoinducidos por parte de la película de TiO₂ irradiada hacia el acero.

Figura 1. Diagrama de Nyquist del par TiO₂-SS304 en condiciones de oscuridad e iluminación UV.



4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de las mediciones electroquímicas, las películas de TiO₂ con TT a 400°C y dopadas con Cr fueron los que presentaron un mejor desempeño como fotoánodo para la protección del acero inoxidable en agua de mar.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Zhang, H. Yang, Y. Wang, X. Cui., Z. Wen, Y. Liu, ... & J. Feng, *Corrosion Science*, **176**, 108927 (2020).
- [2] D. Xu, Y. Liu, Y., Liu, F. Chen, C. Zhang, & B. Liu *Materials & Design*, **197**, 109235. (2021).
- [3] X. Chen, G. Zhou, X. Wang, H., Xu, H., C. Wang Q, Yao, & Z. Zhang, Z.. *Chemosphere*, **323**, 138194 (2023)

CTS-P22 Impacto de los criterios de ingeniería de corrosión para dosificación de inhibidor en la industria OnShore

Presentación Póster

M. Alvaro Arcos¹, G. Díaz López¹, G.K. Pedraza Basulto¹, S.E. Díaz Méndez¹, J.A. Herrera Castillo¹, J.J. Cantó Ibáñez², H. Rivera Ramos², L. Martínez M. De la Escalera², I. Carillo Delgado^{2*}

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Calle 56 No. 4 Esq. Av. Concordia, 24180 Cd del Carmen - México.

²Corrosión y Protección, Buffon 46, Ciudad de México, 11590, DF, México.

E-mail: gedilp94@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la norma ASTM G15-2008, un inhibidor de corrosión es una sustancia química o combinación de sustancias que, cuando está presente en la concentración y forma adecuada en el medio ambiente, previene o reduce la corrosión. En ISO 8044-2020, el inhibidor de corrosión es una sustancia química que, cuando está presente en el sistema de corrosión en una concentración adecuada, disminuye la velocidad de corrosión sin cambiar significativamente la concentración de ningún agente corrosivo. Motivo por el cual conocer las condiciones actuales de operación de los activos a proteger permite hacer un diseño del sistema de inyección de productos químicos como lo son los inhibidores de corrosión y su asertiva dosificación. [1]

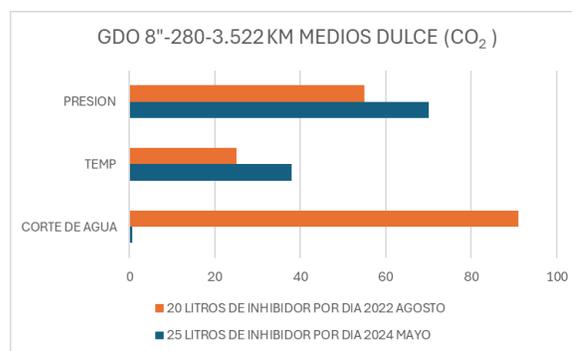
2. METODOLOGÍA

Como estrategia operativa en la preservación de activos, particularmente de la industria Oil and Gas, los criterios para la implementación de un sistema de monitoreo, inspección y acciones de mitigación en un programa de control de la corrosión interior, proponen como uno de los sistemas de mitigación el químico, mediante inhibidores de corrosión. En este caso se estudia un medio dulce (CO₂) con concentraciones en un rango de 60 a 80 ppm que de acuerdo con la normativa ASTM D 513-82 es un rango de ligero a medio. [2, 3]

3. RESULTADOS

Como resultado de una adecuada dosificación y tratamiento químico depende en parte de variables como: contenido de agua, kilometraje del ducto, historial de velocidades de corrosión temperatura, presión entre otros. Con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 1. Relación de las variables de operación en medios Dulces en el transporte de fluidos de alto valor.



4. CONCLUSIONES

Se determinó que en el periodo 2022 la dosificación en la inyección de inhibidor fue adecuada mientras que para el año 2024 presentó una disminución de corte de agua pero un incremento en la presión y temperatura lo cual deriva en un ajuste a una dosificación mayor en la inyección de inhibidor.

5. REFERENCIAS

- [1] A.H. Al-Moubaraki, I.B. Obot, *Arabian Journal of Chemistry*, **14**, 1878, (2021).
- [2] A. Farhadian, W. Go, S. Yun, A. Rahimi, M. Reza Nabid, D. Iravani, Y. Seo, *Chemical Engineering Journal*, **431**, Part 2, (2022).
- [3] Q. Wang, Y. Song, X. Zhang, L. Dong, *Engineering Failure Analysis*, **146**, 1350, (2023).

CTS-P23 Evaluación de extracto de *Caulerpa ashmeadii* como inhibidor de corrosión natural en aceros al carbón AISI 1016 y API 5L X65

Presentación Póster

P. Martínez Guardado^{1*}, P. Vazquez Garcia², J.Q. García Maldonado², J. L. Borges Cú³, A. A. Bacelis-Jiménez³, T. Pérez López³.

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Campeche.

²Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Mérida.

³Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche.

E-mail: perlantz.g.29@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros son mundialmente utilizados en diversas industrias y procesos. Sin embargo, son muy susceptibles a la corrosión por lo que se han desarrollado diferentes medios para intentar protegerlos, entre ellos los inhibidores. Se ha reportado pocos estudios sobre los que son a base de elementos naturales, aun cuando estos han demostrado retrasar eficazmente la velocidad de corrosión del metal mientras intentan simultáneamente ser amigables con el medio ambiente [1], entre estos se encuentran los extractos obtenidos de las algas.

En este trabajo se evalúa la capacidad inhibitoria de extractos de macroalgas de la familia *Caulerpa* sobre dos tipos de aceros al carbón mediante el uso de técnicas electroquímicas.

2. METODOLOGÍA

Se produjeron diferentes extractos metanólicos y acetónicos por maceración estática de algas de la familia *Caulerpa*, a los cuales se les analizó su actividad antioxidante por el método de DPPH y se determinó que el de mayor capacidad es el obtenido a partir de *C. ashmeadii*.

Se procedió a analizar su efectividad como inhibidor en aceros al carbón AISI 1016 y API 5LX65, en disoluciones de H₂SO₄ (pH 1 y 2) y 3.5% NaCl, con concentraciones de extracto de 0.75 ppm y 1.5 ppm, mediante el uso de técnicas electroquímicas como espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE) y curvas de polarización potenciodinámica (PPD).

3. RESULTADOS

La figura 1 presenta el diagrama de Nyquist de ambos aceros en solución de NaCl. En el caso del acero 1016 (Figura 1.a) se observa que al aumentar la

concentración de extracto el diámetro del semicírculo capacitivo aumenta, atribuido al incremento de la resistencia a la transferencia de carga. Por otro lado, el acero API 5L X65 (Figura 1.b), presenta una menor diferencia entre la muestra con, y sin inhibidor, esto se atribuye a que este metal está diseñado para soportar ambientes más agresivos.

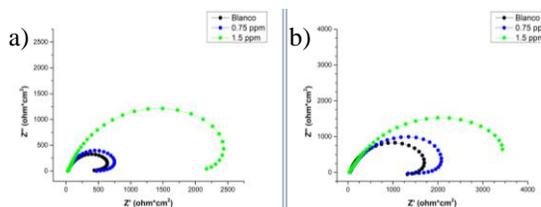


Figura 1. Diagrama de Nyquist de las muestras a) 1016 y b) 5Lx65 con diferentes concentraciones de extracto en solución 3.5% de NaCl.

4. CONCLUSIONES

El acero 1016 presentó un resultado favorable con la concentración de 1.5 ppm del inhibidor, mientras que el acero API 5LX65 presentó una tendencia similar pero el incremento de la resistencia a la transferencia de carga fue menor en comparación a la muestra 1016.

5. REFERENCIAS

[1] M. Ramdani, H. Elmsellem, N. Elkhiaiti, B. Haloui, A. Aouniti, M. Ramdani, Z. Ghazi, A. Chetouani, B. Hammout, *Der Pharma Chemica*, **Volumen 7**, 67, (2015).

CTS-P24 Uso del extracto de *Phalaris canariensis* como inhibidor de la corrosión del acero 316L en el sistema LiCl-H₂O

Presentación Póster

E. Galván¹, J. G. González Rodríguez², A. K. Gálvez Larios²

¹Estudiante de Maestría en Sustentabilidad Energética. Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas. UAEM.

²Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas.

E-mail: earvin.galvanb@uaem.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Existen razones importantes para el estudio de la corrosión: La primera es económica, cuyo objetivo involucra el disminuir la pérdida de material. La segunda razón es implementar medidas de seguridad en la operación del equipo en el cual, a través de la corrosión, puede provocar catastróficas consecuencias. La tercera es la conservación de los recursos naturales.[1]

2. METODOLOGÍA

El extracto de *Phalaris canariensis* se obtuvo a partir del método soxhlet. Se prepararon alícuotas de prueba de diferentes concentraciones 0, 5, 10, 25, 50 y 100 ppm. Las pruebas se realizaron a una temperatura de 25°C en condiciones estacionarias. Las pruebas electroquímicas utilizadas para la evaluación de inhibición del extracto de *Phalaris canariensis* fueron curvas de polarización y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS).

3. RESULTADOS

Mediante la técnica de curvas de polarización, se muestran modificaciones en las pendientes anódicas y catódicas, generando un mecanismo de tipo mixto [2], siendo la concentración de 100 ppm la que presento mejores propiedades anticorrosivas., logrando una eficiencia de hasta 98.91% y un decremento en la velocidad de corrosión.

De acuerdo con EIS, los semicírculos formados en los análisis de Nyquist representan un mecanismo predominante a la transferencia de carga. El aumento de la R_{ct} y el decremento de la C_{dl} confirman la formación de una capa protectora sobre la superficie del acero 316L al aumentar la concentración del inhibidor del extracto de *Phalaris canariensis* [3].

Tabla 1. Efecto de la concentración del inhibidor en los parámetros electroquímicos de las curvas de polarización.

C_{inh} (ppm)	E_{corr} (mV)	I_{corr} (A/cm ²)	Vel_{corr} (mm/año)	EI (%)
0	-795.2	2.53E-03	0.82	0.00
5	-759.08	7.46E-04	0.24	70.49
10	-677.47	5.12E-04	0.17	79.74
25	-630.181	3.90E-04	0.13	84.57
50	-585.012	1.95E-04	0.06	92.27
100	-375.101	2.76E-05	0.01	98.91

4. CONCLUSIONES

Se obtuvo una correlación por medio de curvas de polarización y EIS, presentando resultados muy similares, conforme se aumenta la concentración del extracto de *Phalaris canariensis*, aumenta la eficiencia.

5. REFERENCIAS

- [1] M. P. H. Gerhardus H. Koch and N. G. T. Y. P. V. J. H. P. Brongers, "Corrosion costs and preventive strategies in the United States," Summ. Shute. Inst. (2002).
- [2] Martínez J.J., Flores A. M., González R. J.G., (2023). Green corrosion and DFT studies of Ustilago maydis extract for carbon steel in sulfuric acid. Journal of Molecular Structure. Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.136509>.
- [3] Macdonald, J.R.; Johnson, W.B.: Fundamentals of impedance spectroscopy. Barsoukov, E.; Macdonald, J.R. (editores). Impedance Spectroscopy. Theory, experiment and applications, 2ª Edición. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2005.

CTS-P25 Paracetamol caduco como alternativa verde para la disminución de corrosión del cobre en NaCl

Presentación Póster

D. García Rosas¹, R. López Sesenes², H. Saldarriaga Noreña², A. Ramírez Arteaga², G. Bustos Rivera Bahena², J. G. González Rodríguez³ O.A. González Noriega³.

¹Estudiante de Doctorado en Ingeniería Ambiental y Tecnologías Sustentables

²Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería.

³Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas.

Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

E-mail: dalia.garciaros@uaem.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión puede llegar a causar serios problemas y riesgos en la industria, tanto económicos como ambientales y sociales, actualmente existe una gran variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos que han sido investigados como sustancias que inhiben la corrosión en superficies metálicas [1,2].

2. METODOLOGÍA

Para la preparación de las concentraciones de prueba, el paracetamol caduco fue pesado y aforado en agua destilada. Posterior se prepararon de las alícuotas de prueba de 100 a 400 ppm. Se realizaron pruebas electroquímicas como curvas de polarización y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS).

3. RESULTADOS

Los resultados de EIS con y sin contenido de paracetamol caduco muestran un incremento en los diámetros de los semicírculos con la adición del paracetamol con un mecanismo predominante de transferencia de carga [3]. En las curvas de polarización realizadas al Cu con y sin inhibidor se observa un desplazamiento de los valores de E_{corr} hacia valores menos nobles con respecto al blanco de prueba. También se aprecia, para todas las concentraciones de inhibidor, la formación y desplazamiento de una zona de pasivación hacia valores más bajos de I_{corr} . Para la eficiencia calculada en las diferentes concentraciones de inhibidor el valor más alto fue en la concentración de 200 ppm con una eficiencia del 98%.

Tabla 1. Eficiencia de paracetamol expirado en Cu.

Eficiencia paracetamol expirado en Cu			
Cinh (ppm)	i_{corr}	E_{corr}	%EI
0	6.79×10^{-6}	-0.605	
100	1.43×10^{-8}	-0.421	97
200	2.08×10^{-8}	-0.385	98
300	1.75×10^{-6}	-0.469	74
400	1.68×10^{-6}	-0.455	75

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por medio de las pruebas electroquímicas muestran una eficiencia conforme aumentan las concentraciones, además con las pruebas realizadas se sugiere que el paracetamol actúa como inhibidor de tipo mixto.

5. REFERENCIAS

- [1] O. S. I., Fayomi, P. A. L. Anawe, & A Daniyan. InTech. The Impact of Drugs as Corrosion Inhibitors on Aluminum Alloy in Coastal-Acidified Medium. doi: 10.5772/intechopen.72942. (2018).
- [2] L, Taofeek. Progress on pharmaceutical drugs, plant extracts and ionic liquids as corrosion inhibitors, Heliyon, Vol 5. (2019).
- [3] Y, Lu & Zhou, L. & T., Bochuan & Xiang, Bin & Zhang, Shengtao & Wei, S. & W; B. & Qiong Y. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers. TWO COMMON ANTIHISTAMINE DRUGS AS HIGH-EFFICIENCY CORROSION INHIBITORS FOR COPPER IN 0.5M H₂SO₄. 123. 10.1016/j.jtice.2021.05.027. (2021)

CTS-P27 Elaboración de recubrimiento orgánico para reducción de la corrosión en aceros

Presentación **Póster**

Nallely G. Escobar Morales¹, Quiara L. Tavera Pascual¹, Alfonso Totosaus Sánchez¹, William Sánchez Ortiz^{1*}

¹Tecnológico Nacional de México, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, División de Ingeniería Química y Bioquímica, Mex., CP. 55210

E-mail: williamso@tese.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro de materiales, principalmente metales, con su entorno se conoce como corrosión, no solo puede causar pérdidas económicas, sino que también puede poner en peligro la seguridad [1]. La principal herramienta para la protección de materiales metálicos a partir de barreras físicas, los cuales eran aquellos de tipo inorgánicos sintetizados en laboratorio los cuales contenían ciertas sustancias tóxicas como el plomo, posteriormente se emplearon compuestos aromáticos, han sido cuestionado por las nuevas legislaciones de emisiones ambientales [2]. El desarrollo de nuevos compuestos para combatir la problemática a la corrosión respondiendo también ante las demandas de emisiones a la naturaleza se ha basado en los últimos en compuestos orgánicos, baratos, de bajo impacto ambiental y si es posible que permita su rehusó [3].

2. METODOLOGÍA

Se preparó el recubrimiento con cantidades de 0.07, 0.15, 0.30 g NaHCO₃ y glicerol 0.05 ml, con agitación constante a temperatura de 70 °C durante 15 min. Se sumergieron piezas de acero AISI-SAE 1045 (área de 0.7854 cm²) por un minuto. Se introdujeron en una cámara de curado por 24h a una temperatura de 50 °C. Se realizaron pruebas de corrosión por inmersión (ASTM – G1 y G31), en un sistema acuoso de NaCl 5% w y H₂SO₄ 1M durante 28 días.

3. RESULTADOS

La tasa de corrosión se determinó mediante la ASTM – G31, presentando el comportamiento que se muestra en la Figura 1. En Figura 1a, el sistema acuoso de H₂SO₄ 1M se pudo observar una tasa de corrosión muy similar en todos los casos con proteína y sin ella, es decir, que el efecto del recubrimiento es nulo. En el sistema acuoso de NaCl 5% w se observó que el recubrimiento de 0.07 g de NaHCO₃ después de las

400 h es la que tiene mejor efecto en evitar la pérdida del material comparado con los otros dos recubrimientos.

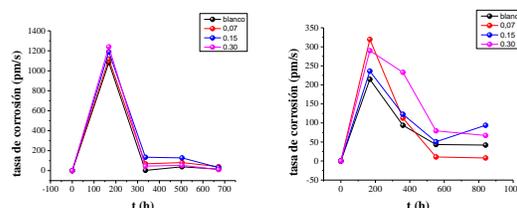


Figura 1. Tasa de corrosión para recubrimiento de Caseinato-glicerol sobre el acero AISI-SAE-1045, en medios de a) H₂SO₄ y b) NaCl 5% w.

4. CONCLUSIONES

Se observa que existe un efecto positivo del recubrimiento sobre el acero AISI-SAE 1045, que dependerá de factores como el sistema corrosivo y la cantidad de caseinato de sodio. Sin embargo, se pretende buscar nuevos solventes para disolver la proteína y permita una mayor protección sobre el acero.

5. REFERENCIAS

- [1] J.A. Gonzales Fernández, *Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión*, Pag 559-590, Editorial CSIC-CSIC Press, Madrid (1984).
- [2] Corma and H. Garcia, Lewis Acids: from conventional homogeneous to green homogeneous and heterogeneous catalysis; *Chem. Rev.*, 103, 4307- 65, (2003)
- [3] Khwaldia, K., Banon, S., Perez, C., & Desobry, S. *Properties of Sodium Caseinate Film-Forming Dispersions and Films*. *Journal Of Dairy Science*, 87(7), (2004).

CTS-P28 Extracto de chile ancho (*Capsicum annum L grossum sendt*) obtenido por Disolventes Eutécticos Profundos, como inhibidor de la corrosión

Presentación Póster

M. B. Vazquez Ramos¹, B. Y. Álvarez Sánchez¹, L. K. Rios Escalona¹, W. Sánchez Ortiz¹ *, M. Z. Pérez González¹

^a Tecnológico Nacional de México, TES de Ecatepec, División de Ingeniería Química y Bioquímica, cp 55210. Edo. Méx.¹

E-mail: williamso@tese.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los inhibidores químicos se utilizaron como primera opción de protección para reducir la velocidad del fenómeno, son altamente contaminantes, tóxicos y capaces de alterar la integridad de los seres vivos. Actualmente se están evaluando sustancias, proponiendo inhibidores capaces de retardar la corrosión. Por lo tanto, se propuso un inhibidor de corrosión ecológico a base de extracto de plantas utilizando la aplicación de los Disolventes Eutécticos Profundos (DES), a diferencia de los disolventes convencionales (etanol, metanol, etc.), los DES no son volátiles, lo que significa que tienen una presión de vapor muy baja empleándolo como extracto ya que están presentes un gran número de compuestos químicos, especialmente heterocíclicos, el Chile ancho composición química presentan antioxidantes, polifenoles, entre otros. Además, las moléculas son absorbidos sobre superficie metálica. [1,2].

2. METODOLOGÍA

Se preparo un DES de cloruro de colina (ChCl) con etilenglicol (Et) 1:2 M, para preparar el extracto se coloca Chile ancho. Posteriormente se evaluó 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 (acero1045), barra de grafito como contraelectrodo y Ag/AgC_{sat} como electrodo de referencia. Las pruebas se realizaron a temperatura ambiente y en un sistema corrosivo de 5% w de cloruro de sodio (NaCl).

3. RESULTADOS

En la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica se obtiene el diagrama Nyquist (Fig1), donde se puede observar que la resistencia del extracto aumenta con respecto al blanco. Observando que los valores para el blanco están aproximadamente en los

20 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, el cual permitieron la eficiencia de inhibición (%IE). Donde $R_{p\text{blanco}}$ es la Resistencia a la polarización del blanco y $R_{p\text{inhibidor}}$ del inhibidor.

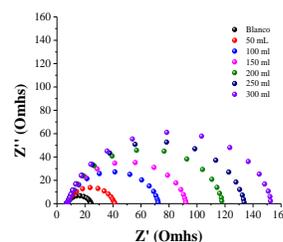


Figure 1 Diagrama Nyquist para diferentes concentraciones de inhibidor de extracto natural chile ancho ChCl-Et 1:2 M, en un sistema de NaCl 5 % w.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que es una alternativa viable para ser un inhibidor verde para reducir el efecto de la corrosión, permitiendo generar nuevas alternativas e indicios de posibles inhibidores de la corrosión verdes. Donde se puedan obtener eficiencias mejores al presentado en este trabajo o generar un nuevo desarrollo para obtener los componentes activos.

5. REFERENCIAS

- [1] A. T. Ortega-Ramírez, L. V. Barrantes-Sandoval, B. D. Casallas-Martin & N. Cortés-Salazar. *Application of green inhibitors for corrosion control in metals*, pp. 160-168, licensee Universidad Nacional de Colombia, June, 2021.
- [2] J.C.Vicencio Reyes, et.al, *Desarrollo y evaluación de un inhibidor de corrosión de extractos naturales de residuos solidos orgánicos*, SMEQ ,pp 2111, 2022.

CTS-P29 Recubrimiento de resina epóxica con adición de un nitruro de carbono grafitico como inhibidor de la corrosión sobre la superficie del acero

T-122

Presentación Póster

M.P. Hernández Valencia¹, R. López Sesenes², M. Kumar Kesarla³, M. Casales Díaz³, J.J. Ramos Hernández³, J. G. González Rodríguez⁴

¹Estudiante de Doctorado en Ingeniería Ambiental y Tecnologías Sustentables

²Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

³Instituto de Ciencias Físicas

⁴Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas.

E-mail: mvalencia@icf.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión es un proceso electroquímico que puede causar daños significativos a los materiales, lo que conlleva un impacto económico y ambiental importante. Los inhibidores de corrosión son sustancias que se aplican a los materiales para protegerlos de la corrosión. Dentro de las categorías de inhibidores se encuentran los recubrimientos, que son una de las formas más efectivas de proteger los materiales contra la corrosión. La resina epóxica es un tipo de recubrimiento ampliamente utilizado por sus propiedades mecánicas y químicas. Las propiedades anticorrosivas de los recubrimientos de resina epóxica pueden mejorar mediante la adición de inhibidores [1].

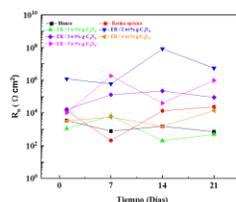
2. METODOLOGÍA

El g-C₃N₅ se obtuvo calcinando 3-amino-1,2,4-triazol a una temperatura de 550 °C por tres horas [2]. El g-C₃N₅ y la resina epóxica se mezclaron en diferentes proporciones (1, 2, 3, 4 y 5 % en peso del g-C₃N₅). La mezcla se utilizó para preparar recubrimientos que se aplicaron a la superficie del acero T-122. La resistencia a la corrosión de los recubrimientos se evaluó mediante Ruido Electroquímico y Curvas de polarización.

3. RESULTADOS

De los resultados de ruido electroquímico, se obtuvo lo que fue la resistencia al ruido electroquímico, con los cuales se observó que la máxima resistencia al ruido fue para el recubrimiento con una concentración de 2 % en peso de g-C₃N₅, así mismo, estos resultados coinciden con los obtenidos en curvas de polarización, demostrado que la adición de g-C₃N₅ a los recubrimientos de resina epóxica es una

estrategia eficaz para mejorar sus propiedades anticorrosivas.



Concentración	I_{corr} (mA/cm ²)	E_{corr} (mVvsSCE)	% Inhibición
Blanco	6.66×10^{-2}	-655	
Resina	2.20×10^{-3}	-531	96.67
1%	5.25×10^{-4}	-612	99.20
2%	1.41×10^{-6}	-499	99.99
3%	2.99×10^{-4}	-528	99.54
4%	1.07×10^{-5}	-615	99.98
5%	2.07×10^{-5}	-595	99.96

Imagen 1. Resultados de la resistencia al ruido (R_n)

Tabla 1. Eficiencia de las curvas de polarización

4. CONCLUSIONES

Con base a los resultados anteriores, se demostró que la adición de g-C₃N₅, en específico la concentración del 2%, a los recubrimientos de resina epóxica, es una estrategia eficaz para mejorar sus propiedades anticorrosivas.

5. REFERENCIAS

- [1] Mobin, M., et al., *Effect of different additives, temperature, and immersion time on the inhibition behavior of L-valine for mild steel corrosion in 5% HCl solution*. 2022.
- [2] Vadivel, S., Hariganesh, S., Paul, B., Rajendran, S., Habibi-Yangjeh, A., Maruthamani, D., & Kumaravel, M. (2019). *Synthesis of novel AgCl loaded g-C3N5 with ultrahigh activity as visible light photocatalyst for pollutants degradation*. Chemical Physics Letters, 136862. doi: 10.1016/j.cplett.2019.136862

CTS-P30 Comportamiento de la Corrosión de un Acero Microaleado por medio de la Teoría del Caos

Presentación: **Póster**

M. Lara Banda, C. Martínez Ramos, C. Gaona Tiburcio, J.A. Cabral Miramontes, F. Almeraya Calderón
Universidad Autónoma de Nuevo León, Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica,
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. San Nicolás de los Garza 66455, Nuevo León. México
E-mail: maria.laraba@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

En los aceros HSLA ampliamente utilizados en la industria automotriz se emplean recubrimientos para aminorar los problemas de corrosión. A partir de la técnica de ruido electroquímico y empleando métodos matemáticos desde la década de los 90's distintos autores han implementado la Teoría del Caos para determinar el comportamiento de la corrosión, así como la interpretación del Exponente de Lyapunov (LE) para cuantificar el grado de caos de un sistema a partir de sus condiciones iniciales [1]. El objetivo de este trabajo es analizar la medición de ruido electroquímico (RE) de un acero HSLA empleando la Teoría del Caos para finalmente determinar el comportamiento de la corrosión.

2. METODOLOGÍA

En esta investigación se empleó acero HSLA en tres condiciones: (1) Substrato, (2) Fosfatado y (3) Recubrimiento E-coat. La técnica de análisis de RE se realizó bajo la norma ASTM G199-09 [2] en un medio de NaCl, empleando una celda electroquímica convencional de tres electrodos, adquiriéndose un total de 1024 datos a una velocidad de un punto por segundo. El análisis de la teoría del caos se realizó a partir de las series de tiempo.

3. RESULTADOS

Los valores mostrados por el exponente de Lyapunov (EL) muestran tendencia positiva como se indica en la Figura 1, indicando un sistema propenso a comportamiento caótico. Las muestras identificadas como Fosfatado y Recubrimiento E-coat presentan valores de EL más cercanos a cero, indicando así un sistema de caos moderado.

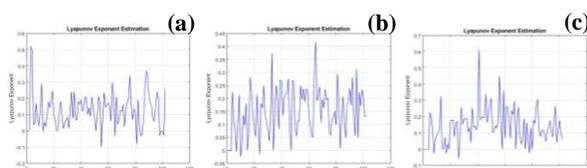


Figura 1. LE de la señal de RE de 100 iteraciones. (a) Substrato; (b) Fosfatado y (c) Recubrimiento E-coat

En la Tabla 2, se presentan los resultados de Dimensiones de correlación, mismos que se presentan en un rango de 0-1, disminuyendo este valor en la muestra Fosfatado y muestra recubrimiento E-coat, lo que indica que los tratamientos aplicados al acero reducen la complejidad del sistema, minimizando un proceso caótico de corrosión.

Tabla 2. Valores de dimensiones de correlación para cada muestra de acero.

Muestra	Substrato	Fosfatado	Recubrimiento E-coat
Promedio	0.52	0.42	0.44

4. CONCLUSIONES

A partir de la técnica de RE y de la Teoría del Caos, se observa que aplicar un fosfatado y un recubrimiento E-coat, aminora el proceso caótico de corrosión.

5. REFERENCIAS

- [1] Martínez-Ramos, C.; Olguin-Coca, J.; Lopez-Leon, L.D.; Gaona-Tiburcio, C.; Lara-Banda, M.; Maldonado-Bandala, E.; Castañeda-Robles, I.; Jaquez-Muñoz, J.M.; Cabral-Miramontes, J.; Nieves-Mendoza, D.; et al. *Metals* **2023**, *13*, 1850.
- [2] ASTM G199-09; Standard Guide for Electrochemical Noise Measurement. ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2020.

CTS-P31 Efecto de la saliva artificial y el pH en la corrosión de aleaciones y metales de uso en ortodoncia

Presentación **Póster**

O. Rivas Hernández,¹ D. Cerrillo Lara,² B. González Vizcarra,³ C. Silva Carrillo¹, E.V. Sarmiento Gutiérrez^{2*}

¹Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería/ Universidad Autónoma de Baja California, CP22390, Tijuana, México

² Facultad de Odontología/ Universidad Autónoma de Baja California, CP22390, Tijuana, México

³ Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología/ Universidad Autónoma de Baja California, CP22260, Tijuana, México

E-mail: vsarmiento@uabc.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales metálicos en ortodoncia se utilizan en la elaboración de aparatos que permitan el éxito del tratamiento dental en pacientes. En el entorno oral, los materiales de ortodoncia están expuestos a agentes físicos y químicos potencialmente dañinos [1]. La corrosión, la degradación gradual de los materiales por ataque electroquímico, es motivo de preocupación, especialmente cuando los aparatos de ortodoncia se colocan en el entorno electrolítico hostil proporcionado por la boca humana. El impacto de la corrosión en la aparatología de ortodoncia incluye el aumento la fuerza de fricción ortodoncia entre la interface arco/bracket debido al aumento de la rugosidad de la superficie. Por otro lado, los productos de corrosión se han asociado al dolor local e inflamación en el área circundante a la aparatología en ausencia de infección, respuestas citotóxicas y debilitamiento del aparato en sí. [2].

2. METODOLOGÍA

El propósito de este estudio es evaluar la corrosión de varias aleaciones de brackets y arcos comerciales sumergidos en saliva artificial en diferentes tiempos y diferentes pH (pH fisiológico y pH ácido) mediante EIS. Los análisis electroquímicos se llevaron a cabo utilizando como electrodo de trabajo fueron las muestras de brackets o arcos según fuera el caso, como electrodo de referencia se utilizó un electrodo comercial Ag/AgCl y una varilla de platino como contraelectrodo.

3. RESULTADOS

Los resultados muestran un aumento en la resistencia a la transferencia de carga después de haber mantenido sumergido el bracket por una semana

(Figura 1), estos resultados sugieren que existe una modificación en la superficie del bracket.

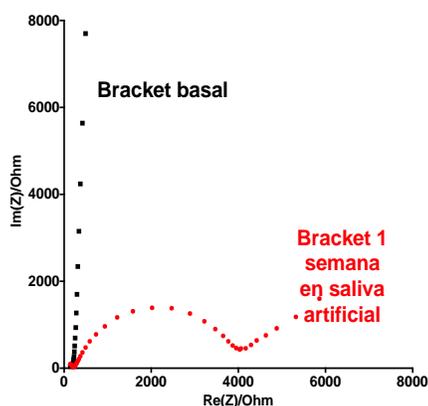


Figura 1. EIS de bracket nuevo y después de una semana (inserto) sumergido en saliva artificial a pH 5.

4. CONCLUSIÓN

Los brackets y arcos mostraron cambios a la transferencia de carga que dependían de los metales y aleaciones utilizadas en su elaboración.

5. REFERENCIAS

- [1] G.M. Laquihuanaco Coarita, A. Meneses López, L. Yileng Tay, *Revista Estomatológica Herediana*, **32**, 279, (2022).
[2] R. Valencia, R. Salcedo, R. Espinosa, *Revista de Operatoria Dental y Biomateriales*, **11**, 30 (2022).

CTS-P32 Estudio de la corrosión de acero inoxidable 304 en un disolvente eutéctico profundo

Presentación **Póster**

N. Sánchez-Piñón¹, D. Hernández-Pérez¹, S. River-Hernández², J. Aldana-González^{1*}, M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420 Col. Nueva el Rosario, CP 02128, Ciudad de México.

²Universidad Tecnológica de México, UNITEC México, Campus Atizapán, Edo. de Méx, México
E-mail: nbsp@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los disolventes eutécticos profundo denominados DES, son una mezcla de dos compuestos que tienen propiedades que los han colocado como excelentes reemplazos de los líquidos iónicos y medios acuosos tradicionales, dentro de estas propiedades se encuentra su baja volatilidad, fácil preparación y en especial al tener un punto de fusión bajo, las aplicaciones en que son usados son muy amplias [1]. Dado al aumento en el uso de estos disolventes han surgido aplicaciones en la rama de la corrosión, esto en la deposición electroquímica de metales sobre otras superficies conductoras para mejorar la resistencia a la corrosión [2], por ello el estudio de aceros inoxidables que se cree no sufren este proceso se muestra en este trabajo para darle una visión más amplia a los procesos electroquímicos de este tipo de sistemas.

2. METODOLOGÍA

La síntesis del DES está formado por cloruro de colina y etilenglicol con una relación molar 1 a 2, la celda electroquímica está compuesta por un electrodo de trabajo que es el acero inoxidable, un alambre de plata como pseudo referencia y grafito como auxiliar. Se utilizaron las técnicas de voltamperometría lineal y espectroscopia de impedancia electroquímica para la medición de la resistencia de la corrosión del acero 304 a diferentes temperaturas.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra un diagrama de Nyquist del estudio de la corrosión del acero 304 sumergido en una solución denominada DES a una temperatura de 70°C.

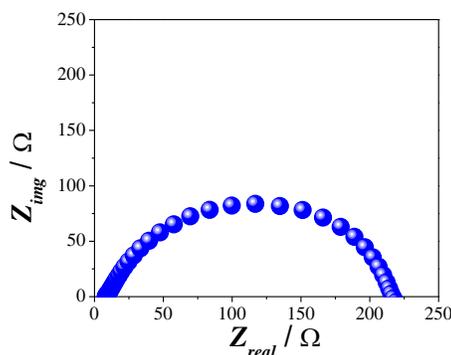


Figura 1. Diagrama de Nyquist para la medición de corrosión del acero 304 en un DES 70°C.

4. CONCLUSIONES

Aunque inicialmente se cree que este tipo de disolventes no generan reacciones sobre las superficies de los electrodos metálicos, es importante los parámetros que se utilizan dentro del proceso de electrodeposición metálica como la temperatura, ya que en diversos estudios se ha demostrado que el aumento de esta genera una mayor corrosión en metales.

5. REFERENCIAS

- [1] A. P. Abbott, D. Boothby, G. Capper, D. L. Davies, R. K. Rasheed, *J. Am. Chem. Soc.* **162**, 9142, (2004).
- [2] R. Bernasconi, G. Panzeri, A. Accogli, F. Liberale, L. Nobili, and L. Magagnin, *Progress and Developments in Ionic Liquids*. InTech, 22, (2017)

CTS-P33 Estudio de la corrosión de electrodos de plata en DES en presencia de iones metálicos

Presentación Póster

D. Hernández-Pérez¹, N. Sánchez-Piñón¹, A. Sampayo-Garrido¹, J. Aldana-González^{1*}, M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420 Col. Nueva el Rosario, CP 02128, Ciudad de México.

E-mail: al2222800457@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El uso de los conocidos disolventes eutécticos profundo (DES) en aplicaciones de la electroquímica principalmente en la realización de depósitos metálicos sobre diferentes sustratos conductores ha ido en incremento, esto debido a sus propiedades como fácil preparación, baja volatilidad, baja toxicidad, amplia ventana de potencial, bajo costo y además biodegradables, los han colocado como los principales reemplazos de los medios acuosos tradicionales utilizados en esta disciplina [1]. En una gran cantidad de artículos de investigación el uso de DES está ligado a la implementación de celdas típicas de tres electrodos, en las cuales uno de estos electrodos generalmente conocido como referencia o cuasi referencia es utilizado un alambre de plata [2], por lo cual es importante que este electrodo no se vea afectado con el cambio en el potencial, para ello este trabajo estudia la corrosión de la plata en medios electrolíticos formados por DES y diferentes iones metálicos.

2. METODOLOGÍA

La síntesis del DES está formado por cloruro de colina y urea, las soluciones metálicas se hicieron a una concentración de 50 mM de diferentes iones metálicos como lo son: Zinc, Cobalto, Hierro, Cromo, Cobre. La medición de la corrosión se realizó mediante las técnicas de ruido electroquímico y espectroscopia de impedancia electroquímica. La temperatura de trabajo para las soluciones de estudio fue a 70°C.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la comparación del potencial de circuito abierto obtenido en la medición de la corrosión de plata en la solución del DES con diferentes iones metálicos a una temperatura de trabajo de 70°C, como se observa a potenciales más negativos

tenemos mayor tendencia a corrosión en el electrodo, lo cual esto se presenta en la solución que contiene cobre.

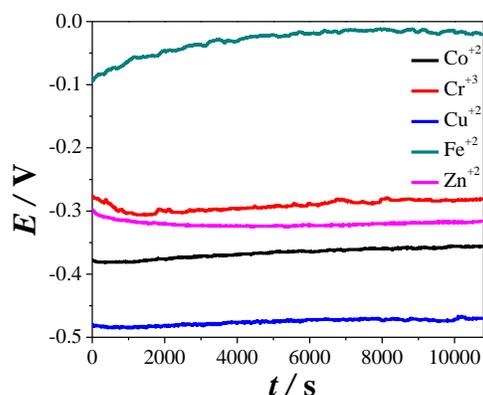


Figura 1. Comparativo del potencial de circuito abierto para el estudio de corrosión de la plata en DES con diferentes iones metálicos a 70°C.

4. CONCLUSIONES

Se determinó que la corrosión de la plata puede variar dependiendo el ion metálico que esté presente en el disolvente, en este estudio se encontró que al tener la presencia de cobre hace más propenso a que ocurra corrosión en el electrodo de cuasi referencia de plata.

5. REFERENCIAS

- [1] E.L. Smith, A.P. Abbott, K.S. Ryder, *Chem. Rev.* **114** 11060, (2014),
- [2] T. Le Manh, E.M. Arce-Estrada, I. Mejía-Caballero, E. Rodríguez-Clemente, W. Sánchez, J. Aldana-González, L. Lartundo-Rojas, M. Romero-Romo, M. Palomar-Pardavé, *J. Electrochem. Soc.* **165** (2018).

CTS-P34 Diseño de una cámara de carbonatación para evaluación de corrosión *in situ* para concreto armado a partir de pruebas electroquímicas

Presentación Póster

M.A. Islas-Samperio¹, J. P. Hernández Cruz¹, L.D. López-León¹, F.J. Olguin-Coca¹ y I.E. Castañeda-Robles^{1*}

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carr. Pachuca-Tulancingo km 4.5, Col. Carboneras, Mineral de la Reforma 42184, Hidalgo, México.

E-mail: ivan.castaneda@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Evaluar con precisión la durabilidad de los concretos armados ante la carbonatación es esencial para garantizar la seguridad y la longevidad de las estructuras civiles [1,2]. El artículo presenta una cámara de carbonatación innovadora que permite mediciones *in situ* de propiedades electroquímicas cruciales, como curvas de polarización y espectroscopia de impedancia electroquímica, proporcionando una evaluación precisa del proceso de carbonatación en concretos armados.

2. METODOLOGÍA

La metodología experimental propuesta se centra en el desarrollo y evaluación de una cámara de carbonatación para cilindros de concreto armado mediante técnicas electroquímicas *in situ*. Comienza con la selección de materiales y el diseño de la cámara para simular condiciones ambientales relevantes, integrando sensores electroquímicos calibrados para la monitorización continua. La validación experimental incluye la preparación de muestras representativas, ciclos controlados de carbonatación, y el análisis comparativo de datos obtenidos con técnicas estándar.

3. RESULTADOS

Los sensores electroquímicos integrados registraron de manera precisa el potencial de corrosión (E_{corr}), evaluación de espectroscopia de impedancia electroquímica, resistencia de polarización lineal (RPL), curvas de polarización (CP) y parámetros críticos como el porcentaje de humedad (%), concentración CO_2 (ppm) y caudal volumétrico de CO_2 (l/min), durante todo el proceso.

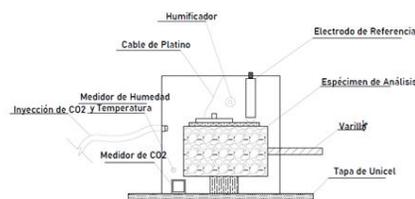


Figura 1. Cámara de carbonatación diseñada para evaluaciones electroquímicas de concreto armado.

La comparación de estos datos con técnicas estándar de evaluación de carbonatación validó la fiabilidad de las mediciones electroquímicas *in situ*.

4. CONCLUSIONES

En conclusión, la metodología experimental desarrollada ha demostrado ser efectiva para la creación y evaluación de una cámara de carbonatación destinada a la evaluación de cilindros de concreto armado mediante técnicas electroquímicas *in situ*.

5. REFERENCIAS

- [1] Daniela E. Angulo Ramirez, Gibson Rocha Meira, Marco Quattrone, Vanderley M. John, A review on reinforcement corrosion propagation in carbonated concrete – Influence of material and environmental characteristics, *Cement and Concrete Composites*, **Volume 140**, (2023), 105085, ISSN 0958-9465, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2023.105085>.
- [2] Tangwei Mi, Yongqiang Li, W. Liu, Z. Dong, Q. Gong, C. Min, F. Xing, Yaocheng Wang, S.H. Chu, The effect of carbonation on chloride redistribution and corrosion of steel reinforcement, *Construction and Building Materials*, **Volume 363**, (2023), 129641, ISSN 0950-0618.

CTS-P36 Evaluación electroquímica de probetas de mortero de recubiertas con un gel ORMOSIL hidrofóbico sometidas a carbonatación acelerada

Presentación Póster

A.A. Bacelis Jiménez¹, M.V. Dzib Vivas², W. A. Talavera Pech¹, T. Pérez López¹, J.A. Paat Estrella²

¹Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, Camp., México

²Facultad de Ciencias Químico Biológicas, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, Camp., México

E-mail: al063536@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial gran parte de las construcciones son elaboradas con concreto, un material empleado por su versatilidad [1]. El concreto reforzado (CR) es un material con propiedades como la alta resistencia a la compresión y baja resistencia a la tensión [2]. El dióxido de carbono es un agente externo que afecta la durabilidad del concreto, al introducirse por los poros y reaccionar con la humedad ambiental, lo que conlleva una reducción del pH y la corrosión del acero de refuerzo. La vida útil de las estructuras de concreto reforzado (CR) es un tema cada vez más relevante en la ingeniería, debido a las implicaciones socioeconómicas.

En la búsqueda de minimizar los daños ocasionados por la corrosión se han desarrollado diversos métodos para prevenir y mitigar la corrosión en CR, como los recubrimientos hidrofóbicos. Tal es el caso de este trabajo de investigación donde se realizará la evaluación electroquímica de probetas de mortero de cemento recubiertas con un gel ORMOSIL hidrofóbico sometidas a carbonatación acelerada

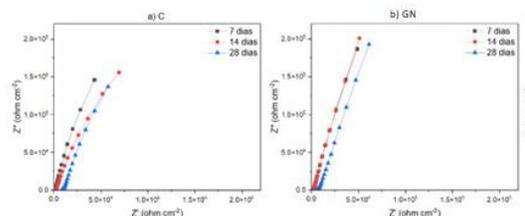
2. METODOLOGÍA

Se elaboraron probetas de mortero de cemento tipo Portland compuesto (CPC 30) que fueron recubiertas con un gel ORMOSIL y curadas en una solución saturada de Ca (OH)₂, durante 14 y 28 días. Posteriormente fueron expuestas hasta 30 días en una cámara de carbonatación acelerada. Para la caracterización electroquímica se utilizó la espectroscopía de impedancia electroquímica (antes de la exposición (7, 14 y 28 días de curado) y a los 15 y 30 días después de la exposición. Adicionalmente, se realizó la prueba del indicador de fenolftaleína a los 15 y 30 días de los ensayos acelerados.

3. RESULTADOS

Las gráficas de Nyquist obtenidas a partir de espectroscopia de impedancia electroquímica se observan en la Figura 1, estas indican que el proceso de corrosión de las varillas de refuerzo en las probetas está controlado por la difusión en todos los especímenes después de 15 y 30 días de curado, lo anterior debido a las películas pasivas formadas sobre las superficies del acero.

Figura 1. Diagrama de Nyquist para probetas de mortero a) sin recubrimiento y b) recubiertas a los 7, 14 y 28 días.



4. CONCLUSIONES

El acero de refuerzo de las probetas a las que se les aplicó el recubrimiento ORMOSIL hidrofóbico mostró un comportamiento similar a las muestras sin recubrimiento en los mismos períodos de tiempo, indicando la formación de una capa pasiva en la varilla y un proceso de corrosión controlado por difusión

5. REFERENCIAS

- [1] R.A. Villao Vera. (2021). *Actualidad de las técnicas de análisis de corrosión en estructuras de concreto reforzado*. E-IDEA Journal of Engineering Science, 3(8), 1–10.
[2] J. McCormac, R. Brown, *Diseño De Concreto Reforzado* 10ª Edición, 624, ALFAOMEGA, Colombia, (2018).

CTS-P37 Estudio de las propiedades de durabilidad de probetas de concreto con adiciones de fibras naturales mediante técnicas electroquímicas

Presentación Póster

J.J. Alvarado Pacheco^{1*}, A.P. Rojo Nuñez², J.L. Borges Cú³, M.V. Dzib Vivas⁴, A. Bacelis Jiménez³, O. May Tzuc¹, T. Perez-Lopez³, W.A. Talavera Pech³

¹ Facultad de Ingeniería, UACAM, Campeche, México.

² Empresa Concretos RICASA, Cancún, Quintana Roo, México.

³ Centro de Investigación en Corrosión, UACAM, Campeche, México.

⁴ Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, UACAM, Campeche, México

E-mail: al074299@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados en la actualidad, debido a sus propiedades mecánicas, químicas y bajo costo de producción [1]. Sin embargo, la vida útil de este material es un tema que cada vez toma más relevancia debido los entornos agresivos a los que se encuentra expuesto, por ejemplo, el proceso de carbonatación que compromete la durabilidad del concreto y que a su vez promueve el proceso de corrosión de la armadura de refuerzo, lo que implica afectaciones económicas en la reparación y mantenimiento de las estructuras de construcción [2].

2. METODOLOGÍA

Para este estudio se elaboraron probetas de concreto con relación agua/cemento de 0.6 (norma NMX-C-083-ONNCCE-2014), con dimensiones de 7.5 cm de diámetro y 15 cm de altura, y embebiendo una varilla de acero al carbono como refuerzo. De estas probetas, se realizaron cinco tipos de especímenes, un testigo de concreto convencional, dos agregando fibras de henequén y otras dos agregando fibras de bagazo de caña en ambos casos la cantidad de fibra que se agregó fue una de 600 g/m³ y otra de 900 g/m³. Las probetas fueron curadas hasta 28 días y posteriormente sometidas a un proceso de carbonatación acelerada.

Para evaluar la protección de la varilla de refuerzo se utilizó espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) antes y después de carbonatar.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el diagrama de Nyquist de las muestras a los 28 días de curado, se puede observar una tendencia similar en todos los casos

(hacia la pasivación de la varilla), también se puede que antes de carbonatar el proceso de corrosión está controlado principalmente por difusión.

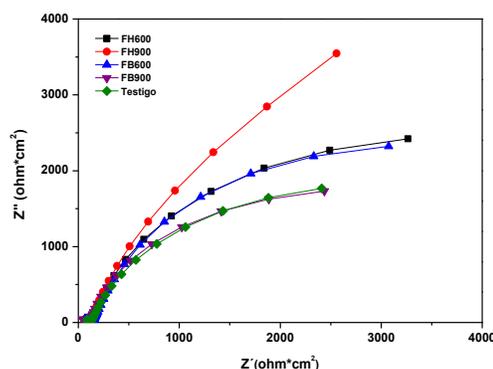


Figura 1. Diagrama de Nyquist de las muestras a los 28 días de curado.

4. CONCLUSIONES

La superficie de las muestras antes de la carbonatación mostró una tendencia a pasivarse de acuerdo con lo observado en el diagrama de Nyquist debido a que estos semicírculos tienden a abrirse contrario a lo que ocurre cuando es controlado por transferencia de carga.

5. REFERENCIAS

- [1] B. N. Al-Kharabsheh et al., "Basalt Fiber Reinforced Concrete: A Compressive Review on Durability Aspects", *Materials*, vol. 16, núm. 1, p. 429, ene. 2023.
- [2] A. Merah, "Concrete anti-carbonation coatings: a review", *J Adhes Sci Technol*, vol. 35, núm. 4, pp. 337–356, feb. 2021.

CTS-P38 Estudio electroquímico del Aluminio ante el proceso de corrosión microbiológica mediante técnicas electroquímicas

Presentación Póster

A.G. Canales Delgado^{1*}, A. Vásquez-Márquez², G. K. Pedraza-Basulto³, A. Carmona-Hernandez¹, R. Orozco-Cruz¹, A. Espinosa-Vázquez¹, R. Galván-Martínez

¹ Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

² Centro MICRONA, Universidad Veracruzana, Veracruz, México

³ Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campeche, México.

E-mail: gioacd29@outlook.com,

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de corrosión inducido por microorganismos (CIM), ha sido el tema de una extensa investigación durante las últimas décadas. Se ha demostrado que combatir la CIM es difícil, ya que puede tener lugar como un mecanismo de corrosión independiente y al mismo tiempo coexistir con otros mecanismos de corrosión localizada [1] que resultan difíciles de estudiar, como lo son las picaduras.

Existen diferentes aleaciones de aluminio (Al) que se usan en aplicaciones aeronáuticas debido a sus buenas propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión. Uno de los sectores de la industria aeronáutica que cobra particular atención, es la presencia de microorganismos en los sistemas de manejo de combustible de aviación, dado su impacto en la seguridad en el transporte de pasajeros [2]. Muchos trabajos publicados en corrosión de Al y sus aleaciones han sido asociados con la contaminación de combustibles aeronáuticos causado por hongos, debido a que los microorganismos en la interface agua-combustible pueden usar el combustible como sustrato oxidable y fuente de oxígeno disuelto [3].

2. METODOLOGÍA

Se realizó el aislamiento de una cepa fúngica obtenida del tanque de combustible de un helicóptero modelo N700CX. La selección de la cepa se realizó mediante una cinética en sólido usando PDA como medio de cultivo y midiendo crecimiento radial cada 24 horas por duplicado por 7 días. La incubación se realizó a 30°C.

Se utilizó una celda de corrosión constituida por un electrodo de referencia de Ag/AgCl, un contraelectrodo de grafito y un electrodo de trabajo de Al inmerso en un medio de cultivo en presencia y ausencia del hongo. El proceso de corrosión se analizó mediante técnicas electroquímicas, usando una secuencia de Potencial de Circuito Abierto (OCP) durante 30 min para estabilizar el potencial, una prueba

de Resistencia a la Polarización Lineal (RPL) de ± 15 mV vs el potencial de corrosión, y una prueba de Impedancia (EIE) con 10mV de amplitud.

3. RESULTADOS

El hongo tuvo una velocidad de crecimiento radial promedio de 0.52 mm/día y un crecimiento total en placa de 3.7 cm después de 140 horas (figura 1), clasificando a este hongo como de rápido crecimiento.



Figura 1. Crecimiento de la cepa fúngica.

En el proceso de corrosión se presentó un tipo de corrosión localizada y la velocidad de corrosión fue influenciada por la actividad de los microorganismos

4. CONCLUSIONES

Se logró el aislamiento de una cepa de hongos de un depósito de combustible y la actividad de este hongo influyó en la V_{corr} del Al.

5. REFERENCIAS

- [1] Blackwood, D., Corros. Mater. Degrad., 1 (2018) 59–76.
- [2] Torres Sanguino, Leal, Beatriz Cecilia; Páez, Daniela Anales de la Universidad Metropolitana. 13, 1 (2013),155-170.
- [3] Stamps BW, et al, Front. Microbiol. (2020) 11:167

CTS-P39 Estudio teórico de la capsaicina como inhibidor de corrosión

Presentación Póster

R. A. Moreno-Inzunza¹, J. A. Baldenebro-López¹, J. P. Palomares-Báez², D. Glossman-Mitnik³, A. Y. Gómez Pérez⁴, T. Pérez -López⁴

¹Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa. Prol. Ángel Flores y Fuente de Poseidón, S/N, C.P. 81223, Los Mochis, Sinaloa; México.

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

³Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C., Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial, C.P. 31136, Chihuahua, Chihuahua; México.

⁴Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche

⁵Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche

E-mail: autorquienrecibelasnotificaciones@servidor.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

La capsaicina es un tipo de capsaicinoide que constituye alrededor del 69% de todos estos, los cuales son responsables del sabor picante de un chile [1]. Sus propiedades óxido-reductoras la hacen un buen candidato para diversas aplicaciones tales como analgésico, antitumoral, antiinflamatorio, entre otras más. Sin embargo, debido al contexto actual, una aplicación prometedora es como inhibidor de corrosión. En este sentido, este estudio aborda el cálculo de las propiedades físicas, químicas y electrónicas de la capsaicina por medio de Teoría de Funcionales de la Densidad (DFT, de sus siglas en inglés). Se determinaron las propiedades estructurales, los niveles energéticos de los orbitales moleculares de frontera, el mapa de potencial electrostático y parámetros de reactividad química. Además, por medio de cálculos de DFT basados en el Enlace Fuerte (DFTB), se realizó un estudio de interacción sobre una superficie metálica de hierro (Fe) para la determinación de los modos de adsorción y su estabilidad sobre ésta.

2. METODOLOGÍA

La optimización de la estructura de la capsaicina se realizó con el paquete computacional Gaussian 16 con el nivel de cálculo M06/6-31G(d,p) tanto en fase gas como con solvente agua por medio del modelo de solvatación IEF-PCM. Posteriormente se realizó una simulación de la interacción y una dinámica molecular de una molécula de capsaicina con una superficie de hierro bcc en la dirección (110) a través del software DFTB+ haciendo uso de los parámetros *trans3d* y *mio*. Se utilizaron los puntos $k = 4 \times 4 \times 4$ para la optimización de la superficie y de $k = 1 \times 1 \times 1$ para la interacción.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observan los primeros resultados de la simulación molecular.

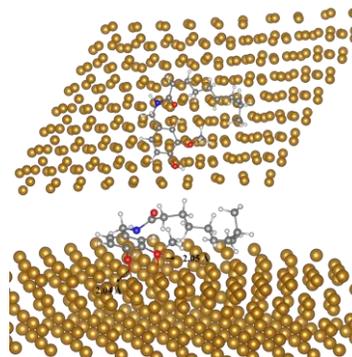


Figura 1. Dos perspectivas de la interacción simulada entre la superficie de hierro bcc en la dirección (110) y la capsaicina.

4. CONCLUSIONES

Los átomos de oxígeno son los que interactúan de manera directa con los átomos de la superficie, formando enlaces covalentes coordinados. Se puede notar también la interacción entre el anillo aromático con la misma superficie.

REFERENCIAS

[1] Q. Xiang et al. "Capsaicin—the spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms". Trends Food Sci. Technol. 116 755–765, 2021.

CTS-P40 Protección Anticorrosiva y Superhidrofóbica de Películas de TEOS/FAS Aplicadas sobre Sustratos de Acero

Presentación Póster

D. E. Arceo Gómez^{1, 2*}, R. Galván-Martínez², R. Orozco-Cruz²

¹Instituto Olmeca de Veracruz.

² UV-CA-245-Ingeniería de Corrosión y Protección-Instituto de Ingeniería-UV.

E-mail: davarceo@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El principal factor de degradación de los metales industriales que mayormente se exponen a condiciones ambientales con altos contenidos de cloruros (Cl⁻) o de compuestos de azufre (SO_x) es la corrosión atmosférica. La alternativa más común para disminuir la corrosión atmosférica son los recubrimientos ya que otorgan alta capacidad protectora. Sin embargo, debido a los defectos del recubrimiento, la radiación UV, el ingreso de agua que trae oxígeno disuelto provocan la ruptura del recubrimiento, por lo que se buscan nuevas alternativas que puedan combatir estos problemas. Una alternativa, es el proceso sol-gel, donde se pueden obtener películas delgadas hidrofobas con gran estabilidad química, control de la oxidación, antireflejantes y mayor resistencia a la corrosión en sustratos metálicos [1]. A partir de esto, surge la idea de desarrollar películas de TEOS funcionalizadas con fluoroalcoxilano (FAS) para brindar propiedades protectoras y superhidrofóbicas. El objetivo es evaluar la capacidad protectora e hidrofóbica de dos películas (xerogel y aerogel) de TEOS/FAS aplicados sobre sustratos de acero. La caracterización electroquímica se realizó empleando Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y Curvas de polarización potenciodinámica (PDP).

La medición del ángulo de contacto se realizó con un microscopio digital empleando el software Drop-Analysis LB-ADSA.

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de las películas de TEOS-FAS se utilizó la síntesis de Sakai *et al* (2012), con algunas modificaciones que consistió en mezclar 8 ml TEOS, 2.6 ml H₂O, 4.2 ml de etanol bajo condiciones de agitación a 150 rpm durante 2 h [2]. Para funcionalizar el sol, se añadieron cantidades de 5, 10 y 15 ml de FAS. Finalmente, se aplicaron sobre los sustratos de acero. De lo anterior, se realizaron dos tratamientos a las películas, una secándose a temperatura ambiente

(xerogel), mientras que la otra (aerogel) se secó a una temperatura de 100°C durante 2 h.

El análisis electroquímico consistió en evaluar las películas en una solución de NaCl al 3.5% empleando una celda convencional de tres electrodos. Las técnicas electroquímicas empleadas fueron: Curvas de polarización potenciodinámica y Espectroscopía de impedancia electroquímica.

3. RESULTADOS

El análisis electroquímico por curvas de polarización demostró que en las películas de aerogel (TEOS/FAS) presentaron una mayor protección en comparación a la película de xerogel. Esto último pudo confirmarse con los altos valores de resistencia obtenidos en EIS. Por otra parte, el ángulo de contacto demostró que fue superior para las películas de aerogel, donde obtuvieron valores de propiedades superhidrofóbicas, mientras que las películas de xerogel solo presentaron propiedades hidrofóbicas.

4. CONCLUSIONES

Las películas TEOS/FAS presentaron buenas propiedades protectoras sobre los sustratos de acero, siendo aptas para aplicarse para la protección de estructuras expuestas al ambiente y otorgarles propiedades anticorrosivas y repelentes al agua.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Echeverrie, L.F. Giraldo, B.L. López. *Scientia Technica*, 36, 169, (2007).
- [2] R.T. Sakai, F. M. Di L. da Cruz, H.G. de Melo, A. Benedetti, C.V. Santilli, P.H. Suegama. *Progress Organic Coating*, 74, 288, (2012).

CTS-P41 Efecto de un recubrimiento ORMOSIL con nanopartículas mesoporosas de SiO₂ depositado en acero al carbono expuesto en agua de mar natural

Presentación **Póster**

J.L. Borges Cú¹, T. Pérez López¹, A. A Bacelis Jiménez², W. A. Talavera Pech¹, E. Flores Cuevas², V. Rejón Moo²

¹Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, San Francisco de Campeche, Campeche, México

²Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida, Mérida, Yucatán.

E-mail: al050256@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acero al carbono es un material utilizado en diversas industrias, sin embargo, es propenso a presentar procesos de corrosión en diferentes medios, entre ellos destaca el agua de mar, el cual es agresivo para los metales debido a sus parámetros fisicoquímicos. Uno de los métodos de protección más utilizados para el acero al carbono es la aplicación de recubrimientos que fungen como una barrera para proteger la superficie del metal [1]. Adicionalmente, algunos recubrimientos han sido modificados añadiéndoles nanopartículas mesoporosas de SiO₂ para mejorar sus propiedades [2]. El objetivo de este trabajo es evaluar las primeras etapas del proceso de corrosión de acero al carbono 1045 con un recubrimiento ORMOSIL sintetizado por el método sol-gel y adicionado con nanopartículas mesoporosas de SiO₂ MCM-41 expuesto en agua de mar natural en Lerma, Campeche.

2. METODOLOGÍA

Para la caracterización electroquímica se monitoreó el potencial de circuito abierto y fue empleada espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE) y a 1, 3, 7, 15 y 30 días de inmersión en agua de mar natural.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se pueden observar los diagramas de Nyquist y módulo de la impedancia de las distintas muestras después de 30 días de inmersión. Se observa que el proceso de corrosión para la muestra testigo es controlado por transferencia de carga. Mientras que las muestras con una capa de V₂O₅ sin y con el recubrimiento ORMOSIL+MCM-41 presentaron un

control mixto de transferencia de carga y difusión de especies a través de productos de corrosión.

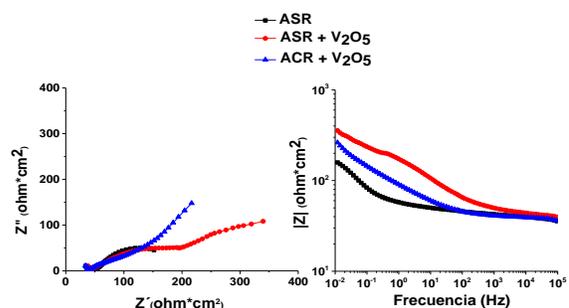


Figura 1. Diagramas de Nyquist y Bode módulo de impedancia correspondientes a 30 días de inmersión.

4. CONCLUSIONES

Mediante la EIE se determinó que las muestras con diferente recubrimiento presentan magnitud cercana en su resistencia a la corrosión, sin embargo, presentan distintos comportamientos en sus respectivos procesos de corrosión.

5. REFERENCIAS

- [1] Uc-Fernández, E. et al. (2022). Anticorrosive properties of a superhydrophobic coating based on ORMOSIL enhanced with MCM-41-HDTM nanoparticles for metals protection. *Journal of Coating Technology and Research*.
- [2] Pérez, H. et al. (2022). Use of Nanotechnology to Mitigate Biofouling in Stainless Steel Devices Used in Food Processing, Healthcare, and Marine Environment. *Toxics* 2022, 10, 35. *Toxics*, 10, 229.

CTS-P42 Análisis de la aplicación de un nanomaterial mesoporoso de partículas de óxido de silicio sobre las propiedades de durabilidad de muestras de concreto reforzado

Presentación Póster

Tatiana C. Torrez-Pérez^{1*}, Tania C. Torrez-Pérez¹, A. Bacelis-Jiménez¹, T. Pérez-López¹, W. A. Talavera-Pech¹, P. F. J. Cano-Barrita².

¹Laboratorio de Concreto, Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca.

E-mail: al056053@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

En lo que al sector de la construcción se refiere, el uso de nanopartículas de silicio se presenta como una opción factible, debido a su alta reactividad con las fases hidratadas del cemento portland, resultando en materiales con propiedades mejoradas e impactando positivamente en la durabilidad y vida útil [1]. Se presentan resultados de la aplicación de un recubrimiento con nanomaterial mesoporoso como alternativa del curado de muestras de concreto.

2. METODOLOGÍA

Se elaboraron muestras cilíndricas y prismáticas con una relación agua/cemento de 0.57, a las cuales se les aplicó un tratamiento superficial con nanopartículas de SiO₂ (suspensión en etanol al 0.1% peso/volumen). Se determinaron propiedades mecánicas mediante pruebas de compresión y se analizó la termodinámica y cinética de la interfase acero-concreto en diferentes periodos de exposición en diferentes ambientes en muestras carbonatadas y sin carbonatar. Fueron realizados ensayos de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica con amplitud de 10 mV y un barrido de 100 kHz a 0.01 Hz para realizar el seguimiento de la intercara concreto-acero.

3. RESULTADOS

Los resultados fueron procesados mediante diagramas de Bode y Nyquist para cada tipo de muestra. En el Gráfico 1, se aprecia un aumento progresivo de la resistencia a la polarización del sistema y una disminución del ángulo de fase, lo cual se relaciona con el crecimiento de la capa pasiva sobre el refuerzo [2].

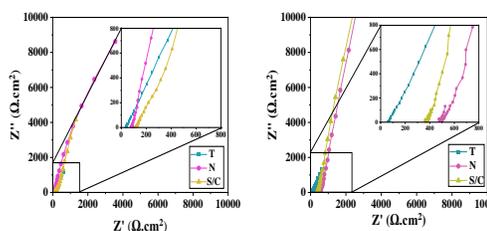


Figura 1. Diagramas de Nyquist para muestras de concreto reforzado (T, S/C, N) a 7 y 28 días de curado.

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con la técnica EIS aplicada a estructuras de concreto reforzado, se aprecia que para los 3 tipos de muestras un aumento progresivo de la resistencia a la polarización del sistema, lo cual indica el crecimiento de la capa pasiva sobre el refuerzo. En muestras tratadas con SiO₂ se observó una disminución hacia valores más negativos en el ángulo de fase, debido a que las nanopartículas promueven la formación de algunas variantes de C-S-H.

5. REFERENCIAS

- [1] I Al-Akhras, N. M. (2006). "Durability of metakaolin concrete to sulfate attack. Cement and Concrete". Research, Vol. 36, p. 1727 – 1734.
- [2] Correa, E., Montoya, R., Peñaranda, S., Echeverría F. y Castaño, J. 2008. "Deterioro atmosférico del concreto en ambientes urbanos colombianos de diferente agresividad". Universidad de Antioquia, Sede de Investigación Universitaria –SIU, Grupo de Corrosión y Protección.

CTS-P43 Análisis del efecto de la adición de fibra de henequén sobre las propiedades de durabilidad de muestras de concreto reforzado

Presentación Póster

Tania C. Torrez-Pérez^{1*}, Tatiana C. Torrez-Pérez¹, A. A. Bacelis- Jiménez¹, P. F. J. Cano-Barrita², T. Pérez-López¹.

¹Centro de Investigación en Corrosión, Laboratorio de Concreto, Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca.
E-mail: al056051@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El concreto reforzado es un material fundamental en la construcción moderna, conocido por su durabilidad y resistencia. Sin embargo, a pesar de estas cualidades, enfrenta desafíos significativos que pueden comprometer su integridad a largo plazo. Dos de los principales problemas que afectan al concreto reforzado son la carbonatación y la corrosión. Para abordar esta problemática, se ha implementado la incorporación de nuevos materiales en la pasta de concreto, como los provenientes de fuentes renovables y de origen natural. Un ejemplo notable son las fibras naturales, que han demostrado mejorar significativamente las propiedades mecánicas, como la resistencia a la flexión del concreto [1].

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se enfoca en analizar la termodinámica y cinética de la interfaz acero-concreto en muestras de concreto reforzado que han sido enriquecidas con fibras de henequén. Se elaboraron 4 series de diferentes proporciones (0%, 0.5%, 1% y 2% de fibras de henequén con respecto al peso de cemento), con una relación agua/cemento de 0.57, siguiendo los estándares de la ACI 211.1. Posterior al curado, se expusieron en una cámara de carbonatación acelerada (CCA) durante 15 y 30 días. El seguimiento electroquímico fue con Resistencia de Polarización Lineal (R_p) y Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE) con una amplitud de 10 mV y desde 100 kHz hasta 0.01 Hz.

3. RESULTADOS

En los ensayos mecánicos, se observó que la muestra control exhibe una menor resistencia a la flexión, en contraste con las muestras adicionadas con fibra de henequén que muestran valores más altos. Además, los resultados obtenidos a través de las

técnicas electroquímicas de R_p y EIE muestran un incremento gradual en la resistencia a la polarización de las muestras con la adición de fibras de henequén [2].

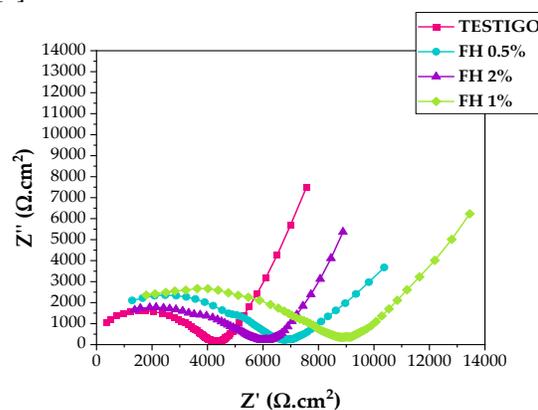


Figura 1. Diagrama de Nyquist para las muestras Testigo y adicionadas con fibras de henequén (FH 0.5%, FH 1% y FH 2%) a los 15 días en CCA.

4. CONCLUSIONES

La adición de las fibras de henequén puede contribuir a retardar la corrosión del acero de refuerzo, ya que retrasan el avance de la carbonatación y con ello la activación del refuerzo de acero.

5. REFERENCIAS

- [1] Flores Nicolás, A., Flores Nicolás, M., Uruchurtu Chavarín, J, *Efecto de la corrosión del concreto reforzado con adición de polvo de grafito y su evaluación en sus propiedades físicoquímicas*, vol. 11, pág. 18, (2021).
- [2] Chine Polito, B., Cuevas Kauffmann, R., Jiménez Salas, R. y Ortiz Quesada, G. *Estudio experimental de la carbonatación del concreto*, vol. 32, pág. 68-81, (2019).

CTS-P44 Desempeño ante la corrosión de aceros de refuerzo galvanizado y sin galvanizar, embebidos en concretos preparados con polvo de vidrio reciclado y expuestos a ambiente marino tropical

Presentación Póster

K. G. Duque Olivera¹, E. Rene Hoil¹, L. Díaz Ballote², L. Maldonado López², T. Pérez López³

1. Universidad Politécnica de Tapachula, Carretera Tapachula - Puerto Madero, Km. 24 + 300, C.P. 30830. Tapachula, Chiapas, México.
2. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida, Carretera Mérida - Progreso, Loma Bonita, C.P. 97205 Mérida, Yucatán, México.
3. Centro de Investigaciones en Corrosión CICORR, Av. Héroe de Nacozari 480, 24079 Campeche, Campeche, México. E-mail: luis.maldonado@cinvestav.mx

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo es comparado el desempeño a la corrosión de varilla galvanizada y sin galvanizar, en concretos con y sin adición de polvo de vidrio reciclado (PVR), expuestos a un ambiente marino natural en la costa norte de Yucatán. También se evaluó indirectamente la porosidad del concreto mediante la penetración de cloruros.

2. METODOLOGÍA

Con una relación agua cemento (a/c) de 0.40 y de 0.50 fueron preparadas muestras cilíndricas de 7.5 cm de diámetro y 15 cm de altura con acero galvanizado y sin galvanizar embebidos. Las muestras fueron expuestas, por 24 meses, a una distancia de 50 metros frente al mar. En las muestras con varilla fue medido el potencial de corrosión (E_{corr}) [1] y se calculó la densidad de corriente de corrosión (i_{corr}), por medio de la ecuación de Stern-Geary [2].

3. RESULTADOS

Para la relación a/c de 0.40, las muestras con acero de refuerzo galvanizado mostraron un potencial de corrosión más negativo que las muestras con acero sin galvanizar, además la sustitución de PVR no parece afectar significativamente el E_{corr} . Sin embargo, el acero galvanizado, si influye notablemente. Las muestras con la relación a/c de 0.50, muestran un comportamiento muy similar, aunque el efecto es más pronunciado. Los valores calculados de i_{corr} corroboran que no existe actividad de corrosión ya que no rebasan el valor de $0.1 \mu A/cm^2$ [3].

4. CONCLUSIONES

La corrosión de acero galvanizado y acero no galvanizado están en estado pasivo después de 24 meses de exposición.

El galvanizado promueve la pasivación del acero de refuerzo.

5. REFERENCIAS

- [1] C. Andrade, M. C. Alonso, J. A. González, in: N. S. Berke, V. Chaker, D. Whiting (Eds.), *Corrosion Rates of Steel in Concrete*, p. 29, ASTM STP 1065, Philadelphia, USA, 1990.
- [2] J. A. González, C. Andrade, *Br. Corros. J.*, 17, 21, 1982.
- [3] S. R. Yeomans, *Corrosion* 50, 72, 1994.

CTS-V01 Comportamiento electroquímico del acero AISI 304 embebido en concreto expuesto a cloruro de calcio y sulfato de magnesio

Presentación Virtual

B.P. Baltazar-García¹, L. Landa-Ruiz¹, A. Reyes¹, C. Méndez¹, F. Estupiñan-López², C. Gaona-Tiburcio²,
F. Almeraya-Calderón², M.A. Baltazar-Zamora^{1*}

¹Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana,
Circ. G. Aguirre Beltrán S/N, Lomas del Estadio, Xalapa, Veracruz, México, CP 91000

²Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME – CIIIA. Av. Universidad S/N.
Ciudad Universitaria. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

E-mail: mbaltazar@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

En lo que corresponde al deterioro e integridad de las Estructuras de Concreto Reforzado, la comunidad científica a nivel mundial considera la corrosión del acero de refuerzo como la principal causa de deterioro prematuro de dicha infraestructura, la cual tiene un impacto significativo en la integridad estructural, costos por miles de millones de dólares y que puede llegar a causar desastres afectando directamente a los miembros de nuestra sociedad [1]. Los agentes agresivos más importantes causantes de la corrosión del acero de refuerzo son los iones cloruros y los sulfatos, los cuales se encuentran en medios marinos, en suelos contaminados, aguas residuales, etc. [2]. Diversos investigadores han desarrollado en desde trabajos en situ y en laboratorio, simulando diferentes medios agresivos, tipos de concretos, materiales puzolánicos, aceros alternativos como refuerzo [3]. La presente investigación evalúa el comportamiento electroquímico del acero AISI 304 como refuerzo en concreto expuesto a una solución de Cloruro de Calcio y Sulfato de Sodio (CCSS) en una concentración del 5% (Ambiente altamente agresivo), el periodo de estudio fue de 150 días.

2. METODOLOGÍA

Se emplearon las técnicas electroquímicas de Potencial de Corrosión (ASTM C-876-15) [4] y LPR (ASTM G59)[5], para evaluar el comportamiento electroquímico del acero AISI 304 y AISI 1018.

3. RESULTADOS

Los resultados de E_{corr} después de 150 días de exposición indican un 10% de riesgo de corrosión para el acero AISI 304, al ser expuesto al medio altamente agresivo, ver Fig. 1.

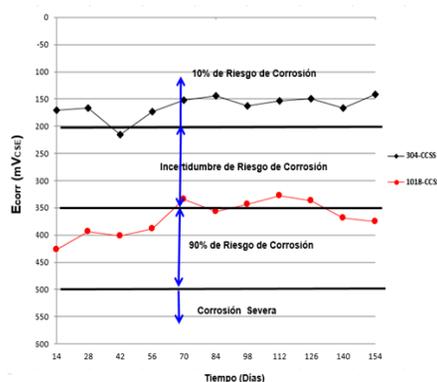


Fig. 1. E_{corr} especímenes medio agresivo.

4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran un excelente desempeño contra la corrosión del acero AISI 304 al ser expuesto en un ambiente altamente agresivo.

5. REFERENCIAS

- [1] L. Landa-Ruiz et al. Physical, Mechanical and Durability Properties of Ecofriendly Ternary Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash and Silica Fume. *Crystals*. **11**, p. 1, 2021.
- [2] A. Landa-Sánchez et al. Corrosion Behavior of Steel-Reinforced Green Concrete Containing Recycled Coarse Aggregate Additions in Sulfate Media. *Materials (Basel)*. **13**, p. 1, 2020.
- [3] L. Landa-Ruiz et al. Electrochemical Corrosion of Galvanized Steel in Binary Sustainable Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) and Silica Fume (SF) Exposed to Sulfates. *Applied Sciences*. **11**, p. 1, 2021.
- [4] ASTM C-876-09: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM, (2009).
- [5] ASTM G 59-97(2014), Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements. ASTM, (2014).

CTS-V02 Resistencia a la corrosión del acero AISI 304 como refuerzo en concreto inmerso en solución al 5% de NaCl

Presentación Virtual

B.P. Baltazar-García¹, L. Landa-Ruiz¹, A. Reyes¹, C. Méndez¹, V.M. Moreno-Landeros², G. Santiago-Hurtado², C. Gaona-Tiburcio², F. Almeraya-Calderón², M.A. Baltazar-Zamora^{1*}

¹Facultad de Ingeniería Civil - Xalapa, Universidad Veracruzana,

Circ. G. Aguirre Beltrán S/N, Lomas del Estadio, Xalapa, Veracruz, México, CP 91000

²Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME – CIIIA. Av. Universidad S/N.

Ciudad Universitaria. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México

E-mail: mbaltazar@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión del acero de refuerzo es un problema muy significativo tanto en lo económico como en lo social, con requerimientos en gastos de mantenimiento y rehabilitación por millones de dólares, teniendo como el ambiente marino como el área en donde se presentan el mayor número de estructuras dañadas por este fenómeno patológico, debido a la presencia en grandes concentraciones del ion cloruro, para la mayoría de expertos el principal agente agresivo o catalizador de la corrosión del refuerzo presente en los elementos estructurales de las diferentes infraestructuras [1-2]. Este problema se ha abordado desde varias perspectivas por la comunidad, desde la propuesta de concretos con inclusión de materiales alternos, ensayos simulando diversos medios agresivos, trabajos en campo, refuerzos alternativos al acero de bajo carbono, etc. [3]. Se contempló en la presente investigación realizar la evaluación de la resistencia a la corrosión del acero inoxidable AISI 304 en concreto ordinario inmerso en una solución con una concentración de 5% de NaCl, medio marino altamente agresivo, el periodo de evaluación fue de 150 días.

2. METODOLOGÍA

Se emplearon las técnicas electroquímicas de Potencial de Corrosión (ASTM C-876-15) [4] y LPR (ASTM G59)[5], para evaluar el comportamiento electroquímico del acero AISI 304 y AISI 1018.

3. RESULTADOS

Los resultados de E_{corr} después de 150 días de exposición indica en promedio un 10% de riesgo de corrosión para el acero AISI 304, al ser expuesto al medio altamente agresivo, solución al 5% de NaCl, ver Fig. 1.

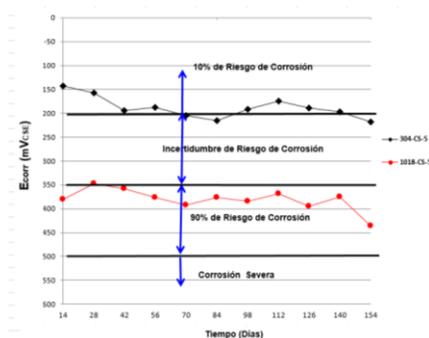


Fig. 1. E_{corr} especímenes medio agresivo.

4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran un excelente desempeño contra la corrosión del acero AISI 304 al ser expuesto en un ambiente altamente agresivo.

5. REFERENCIAS

- [1] M.A. Baltazar-Zamora et al. Effect of silica fume and fly ash admixtures on the corrosion behavior of AISI 304 embedded in concrete exposed in 3.5% NaCl solution. *Materials*. **12**, p.1, 2019.
- [2] H. Ariza-Figueroa et al. Corrosion behavior of AISI 304 stainless steel reinforcements in SCBA-SF ternary ecological concrete exposed to $MgSO_4$. *Materials (Basel)*. **13**, p. 1, 2020.
- [3] L. Landa-Ruiz et al. Electrochemical Corrosion of Galvanized Steel in Binary Sustainable Concrete Made with Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) and Silica Fume (SF) Exposed to Sulfates. *Applied Sciences*. **11**, p. 1, 2021.
- [4] ASTM C-876-09: Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete. ASTM, (2009).
- [5] ASTM G 59-97(2014), Standard Test Method for Conducting Potentiodynamic Polarization Resistance Measurements. ASTM, (2014).

CTS-V03 Estudio espectrométrico y electroquímico de un baño Cr III base sulfatos

Presentación Virtual

J.C. Avalos Yépez¹, J. Torres González², G. Orozco Gamboa¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.

²Centro de Investigación en Química Aplicada

E-mail: javalos@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El cromado hexavalente es un proceso que ha sido muy restringido debido a su toxicidad por el uso del Cr VI [1]. Debido a esto, se ha tratado de reemplazar el Cr VI utilizando sales precursoras de cromo III. Desde la década de 1990 se empezó a trabajar en diversas formulaciones de cromo III con este fin, sin embargo, muchas de ellas se enfocaron en caracterizar los electrodepósitos de Cr obtenidos a ciertas condiciones experimentales o probando nuevas formulaciones. Nuestro trabajo se enfoca en determinar las especies que conforman el baño de cromo trivalente base sulfatos utilizando técnicas espectroscópicas como UV-Vis y FTIR-ATR, lo cual no ha sido tan explorado [2], así también el estudio electroquímico a través de voltametría cíclica para el baño propuesto.

2. METODOLOGÍA

Se preparó una disolución de Cromo trivalente base sulfato, adicionando inicialmente el ligando, seguido de las sales conductoras, ácido bórico y finalizando con la sal de sulfato de cromo. Posteriormente, se estudió del orden de adición para ver la evolución de la formación de complejos por medio de la técnica de espectroscopia ultravioleta visible (UV-Vis). Además, también se realizó el estudio de los componentes del baño y mediante el seguimiento de los modos vibracionales de los grupos funcionales a través de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier con módulo de reflexión total atenuada (FTIR-ATR en inglés).

Para las pruebas de voltametría cíclica (VC) se corrieron a velocidades de 10 y 5 mV/s⁻¹.

3. RESULTADOS

En los estudios de UV-vis se observó la formación de complejos de cromo trivalente en las regiones de longitud de onda de 420 y 557 nm, lo cual indica la formación de dímeros y trímeros de complejos de

cromo trivalente [3, 4]. Así mismo, se observa la aparición de un pico en la región de 280 nm el cual se asocia a la presencia de cromo hexavalente.

En los estudios FTIR-ATR, se pudo observar la modificación de las vibraciones de las moléculas que componen el baño y su interacción al adicionar cada componente hasta agregar el cromo trivalente. se puede observar en las zonas de bajo de 600 cm⁻¹ la aparición de picos asociados a vibraciones de cromo-oxígeno.

Los resultados en VC mostró una alta corriente capacitiva en la onda de reducción asociada a la alta fuerza iónica de la disolución.

4. CONCLUSIONES

Los estudios UV-vis confirman que el método de preparación del baño utilizado logra formar dímeros y trímeros de complejos de cromo III los cuales se reportan como los más ideales para la electroreducción de cromo III para depósitos de cromo trivalente. Los estudios de FTIR-ATR demuestran que al adicionar el cromo al final muchas especies cambian su señal de vibración, viéndose así que para la señal del modo de vibración del OH del oxalato desaparece, lo cual se atribuye a la formación del complejo de cromo.

Se observó que los potenciales reales para la reducción de Cr³⁺ a Cr²⁺ y de Cr²⁺ a Cr⁰ se desplazan de los potenciales teóricos, esto se atribuye a la fuerza iónica alta de nuestra disolución.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Baral, R. Engelken, W. Stephens, J. Farris, & R. Hannigan, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, (2006), **50**(4), 496
- [2] C. Liu, L. Jin, J. Q. Yang, F. Z. Yang & Z. Q. Tian, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **882**, 114987, (2021).
- [3] S. Fujishige, Y. Kawashima, N. Yoshida, H. Nakan *Journal of Physical Chemistry A*, **117**(34), 8314 (2013).
- [4] H. Stunzi, W. Marty, *Inorganic Chemistry*, **22**(15), 2145, (1983).

CTS-V04 Evaluación electroquímica del recubrimiento vinílico aplicado en acero al carbono en la atmósfera de Poza Rica

Presentación: **Virtual**

B. Basilio Melchor¹, G. Lugo Islas¹, E. Gallardo Castán¹, N. García Navarro¹,

A.E. Galicia Badillo¹, A. B. Zúñiga Alejandre¹

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica-Tuxpan, Av.

Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución, Poza Rica Veracruz, México C.P. 93390.

E-mail: glugo@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión atmosférica es la causa más frecuente de la destrucción de los metales y aleaciones. El estudio de la corrosión es de gran importancia ya que tiene importantes repercusiones en los metales, no solo se tienen afectaciones de apariencia, sino que también económicas y físicas las cuales pueden desencadenar accidentes. Por tal motivo se ha impulsado el desarrollo de los métodos de protección anticorrosiva, así como también de distintas técnicas que permitan calcular la velocidad de corrosión. En el presente trabajo se evalúa la degradación electroquímica del acero al carbono con recubrimiento vinílico, mediante técnicas electroquímicas con el fin de conocer su comportamiento en la atmósfera de Poza Rica, Veracruz [1, 2].

2. METODOLOGÍA

Se prepararon muestras de acero al carbono utilizando un recubrimiento vinílico como método de protección anticorrosiva, expuestas a la atmósfera de Poza Rica durante un periodo de 90 días, para la evaluación se empleó una celda electroquímica con NaCl al 3% en peso como electrolito a fin de tener las condiciones más agresivas. Las técnicas electroquímicas utilizadas corresponden a Resistencia a la Polarización Lineal (R_p), Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE) y curvas de polarización (CP) [3].

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos a partir de técnicas electroquímicas para el acero al carbono con recubrimiento vinílico, se muestran parámetros específicamente la densidad de corriente de corrosión y la velocidad de corrosión. Los resultados de EIE muestran el deterioro de la

del recubrimiento en función del tiempo de exposición, mientras que las curvas de polarización indican un control mixto.

Tabla 1. Resultados para el acero al carbono con recubrimiento vinílico expuesto en la atmósfera de Poza Rica.

Tiempo, Días	i_{corr} , (mA/cm^2)	V_{corr} (mpy)
15	0.0053	101.7470
30	0.5258	128.1654
45	0.5314	76.1600
60	0.5283	75.9754
75	0.4988	79.4392

4. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos el método de protección no protege al acero de la corrosión, debido a que la película polimérica se hidrata permitiendo el ingreso de agua, oxígeno y agentes contaminantes a la interfase. La disminución de la velocidad de corrosión puede ser consecuencia de la acción de pigmentos del recubrimiento que cumplen con el sellado de poros en función del tiempo de exposición [1-3].

5. REFERENCIAS

- [1] M. Morcillo Linares, *La corrosión térmica del acero al carbono en ambientes costeros*, p. 28, CSIC, Madrid, (2018).
- [2] Islas, G. L., Castán, Melo, L. M. F., et al (2017). *Electrochemical Evaluation of Coating Systems Exposed in the Atmosphere of Poza Rica, Veracruz*. ECS Transactions, 76(1), 61–67. <https://doi.org/10.1149/07601.0061ecst>
- [3] FERNANDEZ, J. G. *Control de la corrosión: Estudio y medida por técnicas electroquímicas*. CSIC-CSIC, (1981).

CTS-V05 Evaluación electroquímica del recubrimiento alquidálico aplicado en el acero al carbono expuesto en la atmosfera de Poza Rica

Presentación Virtual

S. Bravo Vallejo¹, E. Gallardo Castán¹, G. Lugo Islas¹, N. García Navarro¹,
A.E. Galicia Badillo¹, A. B. Zúñiga Alejandre¹

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica-Tuxpan, Av.
Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución, Poza Rica Veracruz, México C.P. 93390.

E-mail: egallardo@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión presente en atmósferas marinas e industriales es de las más agresivas para la mayoría de los materiales por las reacciones de oxidación y reducción que se producen a nivel interfase, donde las condiciones de humedad, temperatura y tiempo de exposición son las principales variables promotoras para que se produzca y acelere el proceso de la corrosión electroquímica. Por ello, en la actualidad existen varios procesos que ayudan a inhibir los efectos de la corrosión, un ejemplo son los recubrimientos, que le aportan al metal un mecanismo de protección efecto barrera para retardar o ralentizar el proceso de corrosión; logrando así prolongar un poco más la vida útil de estos metales. El acero al carbono sin recubrir, se corroe con una velocidad relativamente alta en ambientes urbanos, industriales y marinos y con baja velocidad en ambientes rurales no contaminados. En el presente trabajo se evalúa la degradación electroquímica del acero al carbono con un recubrimiento alquidálico mediante técnicas electroquímicas con el fin de conocer su comportamiento en la atmósfera de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz [1-2].

2. METODOLOGÍA

El acero al carbono con el recubrimiento alquidálico aplicado se expuso en la atmósfera de la ciudad de Poza Rica durante un periodo de 105 días, para la evaluación electroquímica se empleó una celda de tres electrodos y con Na₂SO₄ 0.1 M como electrolito. Las técnicas electroquímicas aplicadas a diferentes momentos de exposición fueron Resistencia a la Polarización Lineal (Rp), Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE) y curvas de polarización (CP).

3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de

las técnicas electroquímicas, para el acero al carbono recubierto. La velocidad de corrosión se incrementa a medida que transcurre el tiempo de exposición debido a la hidratación de la película polimérica. Sin embargo, los pigmentos del recubrimiento se activan y sellan los poros del recubrimiento, a partir de los 60 días por lo que se tiene un mejor desempeño de la pintura.

Tabla 1. Resultados para el acero al carbono con recubrimiento alquidálico expuesto en la atmósfera de Poza Rica.

Días de exposición	V _{corr} , mm/año	V _{corr} , mpy
15	0.1173	4.6185
30	1.1949	47.0443
45	0.0341	0.1346
60	1.2004	4.7261
75	1.2284	48.3624
105	1.2255	48.2511

4. CONCLUSIONES

La hidratación del recubrimiento alquidálico genera la formación de productos de corrosión en la superficie del acero, que le otorgan protección ante la agresividad de la atmosfera de Poza Rica, donde predominan las características de una atmósfera industrial y marina.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Morcillo Linares, *La corrosión térmica del acero al carbono en ambientes costeros*, p. 28, CSIC, Madrid, (2018).
- [2] A. J. Vázquez Vaamonde & J. J. De Damborenea González, *Ciencia e ingeniería de la superficie de los materiales metálicos*, p. 411, CSIC.

CTS-V06 Degradación de materiales metálicos en una ciudad costera del norte del estado de Veracruz

Presentación: **Virtual**

I. Pelcastre Santiago¹, E. Gallardo Castán¹, G. Lugo Islas¹, K.I. Hernández Castelán¹, N. García Navarro¹, A.E. Galicia Badillo¹

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Campus Poza Rica-Tuxpan, Av. Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución, Poza Rica Veracruz, México C.P. 93390.

E-mail: egallardo@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El uso de metales por el hombre es una alternativa necesaria para la satisfacción de algunas de sus necesidades en forma de productos o de servicios. Comúnmente los metales se ponen en contacto con el aire, agua y suelo, por así requerirlo las condiciones o procesos donde se utilizan, esta exposición ocasiona alteraciones en sus características o propiedades, ya que se hace inevitable el proceso de corrosión debido a la presencia simultánea de agua (electrolito) y de oxígeno (oxidante). En el presente trabajo se evalúan probetas metálicas de Cu, Fe y Zn para calcular la velocidad de corrosión, utilizando métodos electroquímicos [1].

2. METODOLOGÍA

Se emplearon muestras de Cu, Fe y Zn expuestas a la atmósfera durante tres estaciones (verano- otoño-invierno), para su evaluación se utilizó una celda electroquímica con una solución acuosa de Na₂SO₄ 0.1 M como electrolito. Las técnicas aplicadas son Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE), Resistencia la polarización (Rp) y Curvas de polarización (CP).

3. RESULTADOS

En los datos registrados en la tabla 1 se puede observar que los tres metales presentan diferentes velocidades de corrosión en las tres estaciones del año. El hierro presenta velocidades de corrosión mayores a las del cobre que es menos activo que el hierro de acuerdo a la ubicación en la tabla de potenciales estándar, sin embargo, el zinc cuyo potencial es menor al del hierro, presenta velocidades de corrosión menores ya que los productos resultado del proceso de corrosión actúan como capa protectora.

Tabla 1. Velocidad de corrosión en base a la técnica de Resistencia a la Polarización.

Material	Estación del año	Rp (Ωcm ²)	I _{corr} x10 ⁶ (A/cm ²)	V _{corr} (mm/año)
Hierro	0 exp	257	14.882	0.1744
	Verano	139	27.399	0.3175
	Otoño	238	19.882	0.2304
	Invierno	141	26.232	0.3040
Cobre	0 exp	4749	0.060	0.0006
	Verano	38611	0.086	0.0009
	Otoño	12476	0.361	0.0041
	Invierno	9819	0.427	0.0049
Zinc	0 exp	1501	0.087	0.0013
	Verano	6044	0.707	0.0105
	Otoño	17622	0.218	0.0032
	Invierno	8872	0.323	0.0048

4. CONCLUSIONES

El hierro presenta velocidades de degradación en las tres estaciones del año (verano-otoño-invierno) mayores a las del cobre, lo cual es lógico debido a que el cobre es menos activo que el hierro. Sin embargo, el zinc con un potencial menor al hierro presenta velocidades de corrosión menores, lo que tiene que ver con los productos resultado del proceso de corrosión que sufre el metal, es decir los óxidos de zinc protegen más al material metálico que los óxidos de hierro [2].

5. REFERENCIAS

- [1] J. Genescá & J. Ávila, *Más allá de la herrumbre*, p.28, editorial Fondo de Cultura Económica, México, (1996).
[2] M. Morcillo M. (2001). Corrosión y protección de metales en las atmósferas de Ibero América.

CTS-V07 Desarrollo de nanocompositos polianilina/quitosano (PANI/CTS) y TiO₂-PANI/CTS como recubrimientos anticorrosión: síntesis y caracterización

Presentación Virtual

F. R. Rangel-Olivares^{1*}, E. M. Arce-Estrada¹, R. Cabrera-Sierra²

¹Instituto Politécnico Nacional, ESQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, UPALM, Ed. 7, CDMX, C. P. 07738, México.

² Instituto Politécnico Nacional, ESQIE, Departamento de Ingeniería Química Industrial, UPALM, Ed. 7, CDMX, C. P. 07738, México.

E-mail: frangelo1600@alumno.ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las sustancias orgánicas y de origen natural representan una buena aproximación en el desarrollo de nuevas alternativas ecológicas contra la corrosión [1], ya que la implementación de nanocompositos poliméricos como recubrimientos anticorrosión resulta un método eficiente [2, 3]. Así, el objetivo de este trabajo fue sintetizar nanocompositos PANI/CTS y TiO₂-PANI/CTS para ser evaluados como recubrimientos anticorrosión en un acero 1018.

2. METODOLOGÍA

La PANI y nanocompositos fueron sintetizados vía polimerización oxidativa de la anilina e *in situ* por mezcla rápida, respectivamente. Los recubrimientos fueron elaborados mediante la dispersión de los polímeros y nanocompositos en una resina alquídica (RA) sobre el acero 1018.

3. RESULTADOS

Los análisis por FTIR y DRX indicaron la formación de los nanocompositos, así como su cristalinidad. Mediante SEM y EDS se confirmó la obtención de los nanocompositos, además de una distribución uniforme del TiO₂ en la red del polímero.

Tabla 1. Parámetros EIS para recubrimientos y acero inmersos en solución de NaCl al 3.5 %.

Muestra	R_{ct} ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	
	3 h	720 h
Acero	813	2041
RPACTS	1.022×10^5	3.615×10^4
RTiPACTS	8.541×10^4	2.432×10^4

Por TGA y DSC se observó que los nanocompositos poseen mayor resistencia a la descomposición térmica debido a que poseen un mayor grado de

entrecruzamiento. Mediante EIS y Tafel se demostró que los recubrimientos elaborados a base de nanocompositos (RPACTS y TiPACTS) presentan mejores propiedades anticorrosión en comparación a los realizados con polímeros (PANI y CTS) de manera individual.

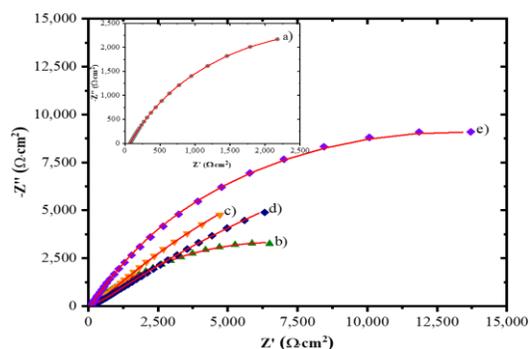


Figura 1. Diagramas de Nyquist obtenidos a 720 h de inmersión para: a) acero, b) RPANI, c) RCTS, d) RPACTS y e) RTiPACTS.

4. CONCLUSIONES

Todos los recubrimientos evaluados en este trabajo presentan buenas propiedades anticorrosión, destacando el desempeño del recubrimiento RTiPACTS, el cual exhibe las eficiencias de protección más elevadas por tiempos prolongados

5. REFERENCIAS

- [1] B. D. B. Tiu, and R. C. Advincula. *Reac. Funct. Polym.* 2015, 95, 25–45.
- [2] J. Carneiro, J. Tedim, M. G. S. Fe. *Prog. Org. Coat.*, 2015, 89, 348-356.
- [3] P. P. Deshpande, N. G. Jadhav, V. J. Gelling, and D. Sazou. *J. Coat. Technol. Res.* 2014, 11, 473-494.

CTS-V08 Efecto inhibidor empleando 2-Mercaptobencimidazol (2-MBI) en vidrios metálicos Ni-Nb

Presentación Virtual

A.G. Soriano Carranza¹, A. Espinoza Vázquez², I.A. Figueroa Vargas¹, F.J. Rodríguez Gómez³.

¹Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04510, México.

²Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

³Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México.

E-mail: iqmsoriano@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El 2-Mercaptobencimidazol (2-MBI) se ha utilizado como inhibidor de la corrosión en aleaciones base aluminio, acero al carbono, zinc y cobre, donde ha mostrado una mayor eficiencia de inhibición (EI) que otros inhibidores orgánicos para otras superficies metálicas. Sin embargo, la EI depende de los materiales, los electrolitos y las condiciones atmosféricas [1]. Se ha reportado que el inhibidor 2-MBI puede absorberse en la superficie del acero al carbono alcanzando un 98% de efectividad [2].

Por otra parte, los vidrios metálicos son aleaciones novedosas que presentan una estructura de corto alcance; debido a su baja dimensionalidad son ideales para aplicaciones en dispositivos electrónicos y sistemas microelectromecánicos (MEMS). La ausencia de límites de grano, su composición y estructura homogéneas forman una capa pasiva más resistente a la corrosión tanto homogénea como localizada [3], pudiendo afectar el mecanismo de adsorción del inhibidor, por lo que se propone estudiar el uso del inhibidor en sistemas vítreos.

2. METODOLOGÍA

Los vidrios metálicos se sintetizaron a través de la técnica del Melt Spinner. La evaluación electroquímica se realizó en la siguiente secuencia: a) potencial a circuito abierto para estabilizar el potencial, b) espectroscopía de impedancia electroquímica y c) curvas de polarización, sobre un sistema de 3 electrodos y NaCl al 3%wt como electrolito. Las concentraciones de 2-MBI trabajadas son 0,10,20,50 y 100 ppm.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se observa el diagrama de Nyquist que tiene arcos tanto capacitivos como resistivos que

son característicos de sistemas altamente resistentes a la corrosión. Conforme se incrementa la concentración del inhibidor, se incrementa el diámetro del semicírculo.

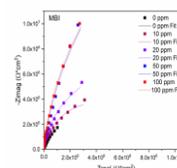


Figura 1. Diagrama de Nyquist para los vidrios metálicos con inhibidor 2-MBI en NaCl 3% a diferentes concentraciones.

4. CONCLUSIONES

El inhibidor orgánico 2-MBI ha demostrado tener un buen efecto inhibidor en superficies vítreas, siendo 50 y 100 ppm las que presentan el mayor efecto inhibidor incrementando los valores de R_{tc} , por lo que es aceptable su uso en vidrios metálicos.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Chacko, M., & J. Nayak. *Materials Today: Proceedings*, **2(4-5)**, 2728, (2015).
- [2] M.E. Olvera-Martínez, Mendoza-Flores, F.J. Rodríguez-Gómez, J. Genesca. *Materials and Corrosion*, **64(6)**, 522, (2013).
- [3]. A.S Soriano-Carranza, I.A. Figueroa, A.E. Vázquez, F.R Gómez, *Journal of Materials Engineering and Performance*, **33(9)**, 1, (2024)

CTS-V09 Determinación de la tasa de corrosión local en aleaciones de aluminio a través de análisis numérico y de imágenes

Presentación Virtual

T. Canales¹, A. Ruiz-García², J. Genescá², R. Montoya^{2*}

¹ Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Edificio D, Primer Piso, Circuito de los Institutos s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, CDMX, 04510, México.

² Unidad de Investigación y Tecnología Aplicadas, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Apodaca, Nuevo León, 66629, México.

*E-mail: rmontoyal@unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La corrosión galvánica en aleaciones de aluminio representa un desafío crítico en diversas industrias debido a su uso como materiales estructurales ligeros. La unión de metales en contacto directo con un electrolito común promueve la corrosión galvánica del metal con el potencial de corrosión más negativo. Para abordar este problema, se han desarrollado modelos matemáticos y sensores basados en electrolitos de gel de agar, los cuales permiten estudiar estos materiales y sus frentes ácidos derivados de su degradación [1]. Al emplear electrolitos gelificados dopados con cromóforos como el aluminón, es posible rastrear y cuantificar especies químicas de Al(III) en pares galvánicos mediante imágenes RGB [2]. Este estudio utiliza aluminón inmovilizado en electrolitos de agar para investigar la distribución transitoria de especies químicas relacionadas con la disolución e hidrólisis de dos aleaciones de aluminio de relevancia industrial sometidas a arreglos galvánicos. Además, se comparan los resultados experimentales obtenidos con cálculos derivados de un modelo de elementos finitos para validar y profundizar en el entendimiento de los procesos de corrosión galvánica en presencia de aleaciones de aluminio.

2. METODOLOGÍA

Para la simulación, se utilizó el programa comercial Comsol Multiphysics, que emplea el método de los elementos finitos (FEM, por sus siglas en inglés) para implementar un modelo de corriente terciaria. Se evaluaron dos aleaciones de aluminio: AA7075 y AA2024. La celda galvánica se compuso de un cátodo de acero al carbono unido a un ánodo de la aleación de aluminio seleccionada. Se prepararon geles de agar al 1.5% m/v a partir de soluciones acuosas de NaCl 0.06 M, añadiendo 0.1 wt% de cromóforo al gel. Estos geles, de espesor milimétrico, se posicionaron sobre el sistema bimetalico para facilitar el seguimiento del proceso de corrosión. Experimentalmente, la distribución de especies químicas se obtuvo

registrando imágenes del proceso de corrosión galvánica con una cámara digital y analizando los valores RGB de cada imagen con el software Fiji.

3. RESULTADOS

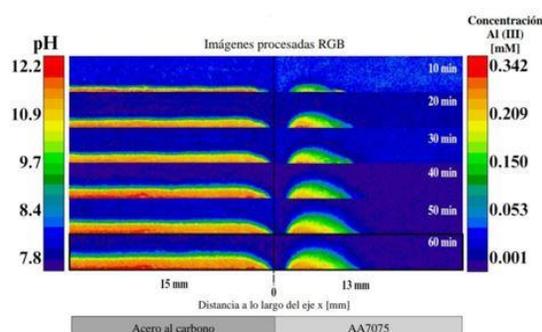


Figura 1. Imágenes procesadas mediante RGB para el sistema galvánico acero/AA7075. La línea central representa la unión metálica.

4. CONCLUSIONES

El gel dopado con aluminón es capaz de detectar concentraciones de Al(III) de 0.07-0.3 mM. Se utilizaron exitosamente métodos de imagen RGB y MEF para crear mapas 2D que muestran la concentración de Al(III).

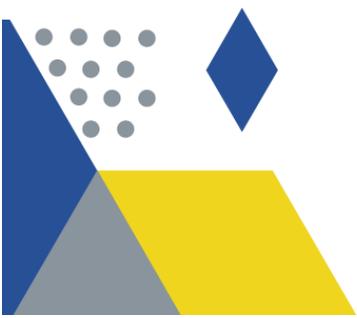
5. REFERENCIAS

- [1] R. Montoya, A. G. Ruiz-García, A. Ortiz-Ozuna, B. Ramírez-Barat, and J. Genesca, *Materials and Corrosion*, **72**, 1259, (2021).
- [2] V. Esquivel-Peña, A. Ruiz-García, J. Genescá, and R. Montoya, *Journal of Solid-State Electrochemistry*, **27**, 3041, (2023).



Electroquímica Analítica

(EA)



EA-O01 Propiedades electroquímicas y detección sensible de Rojo Allura sobre GCE/MWCNTs

Presentación Oral

A. Serna Riojas¹, M. Galicia García^{1*}, J. Torres Pérez¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas.

E-mail: al187294@alumnos.uacj.mx

1. INTRODUCCIÓN

El colorante sintético Rojo Allura (RA), del tipo azoico, se aplica en la industria farmacéutica, textil y alimenticia. No obstante, no existen regulaciones de la disposición de éstos, por lo tanto, es relevante la detección y cuantificación de colorantes de esta naturaleza a bajas concentraciones de forma exacta, precisa, reproducible y sencilla en diferentes matrices. La modificación química de electrodos con nanomateriales para utilizarse como sensores electroquímicos, se han constituido recientemente como opción viable para cuantificar al RA en disoluciones acuosas. Sin embargo, no se han reportado trabajos en México donde se cuantifique al colorante en disoluciones estándar y se aplique en muestras reales al sensor modificado [1,2].

2. METODOLOGÍA

Se describió el comportamiento electroquímico (efecto pH y velocidad de barrido) del RA con GCE en disolución *buffer* de acetatos (SBA) 0.1 M a pH 4. Se construyó una curva de calibración con la técnica de voltamperometría de onda cuadrada (SWV) con estándares de 10, 20, 40, 60, 80 y 100 ppm con GCE y se calculó el LOD y LOQ. Se activó y modificó la superficie del GCE con MWCNTs previamente funcionalizados y se caracterizó al sensor modificado con EIS y CV. Luego, se construyó una curva de calibración con (SWV) con estándares de RA a 0.5, 1, 5, 10, 20 y 40 ppm y se obtuvo el LOD y LOQ. El GCE/MWCNTs se aplicó en muestras reales para cuantificar al RA.

3. RESULTADOS

Se determinó que la oxidación electroquímica del RA es irreversible controlado por adsorción (mayormente) y ocurre en el grupo hidroxilo de la molécula por la transferencia de 1 protón y 1 electrón. La modificación permitió obtener LOD y LOQ hasta

en cuatro órdenes de magnitud menor (1.29 y 4.30 ppm, respectivamente) que anterior a su modificación. Se aplicó al GCE/MWCNTs en bebidas comerciales y se obtuvieron porcentajes de recuperación >95% y RSD<5%, demostrando la selectividad y precisión del sensor.

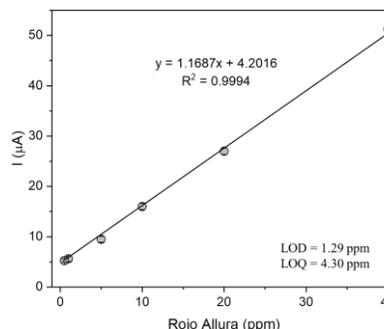


Figura 1. Curva de calibración de RA de 0.5 a 40 ppm en SBA 0.1 M a pH 4 con GCE/MWCNTs.

4. CONCLUSIONES

El GCE/MWCNTs mostró mayor sensibilidad que el GCE, además de selectividad y precisión tras su aplicación en muestras reales.

5. REFERENCIAS

- [1] T. D. Nguyen, M. T. Nguyen, J. Lee. *Inorganics*, **1** (2023).
- [2] S. Siddiquee, A. M. S. Shafwanah. *Safety Issues Beverage Production*, **18**, 335, (2020).

EA-O02 Sensor electroquímico para metiltionina: Azul de Metileno sobre grafito/AuNPs

Presentación Oral

I. Ibarra Escandón¹, M. Galicia García^{1*}, Katya A. Carrasco Urrutia¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas.

E-mail: al208700@alumnos.uacj.mx

1. INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento y desarrollo de las industrias está ligado a cuestiones medioambientales, debido a la cantidad de moléculas orgánicas e inorgánicas tóxicas desechadas sin un tratamiento adecuado. En particular, el azul de metileno (AM) es un colorante ampliamente utilizado en la industria, con efectos adversos en la salud humana y la vida acuática. Se han establecido varias estrategias para eliminar al AM de los cuerpos de agua, sin embargo, la validación del método requiere de un monitoreo preciso y sensible [1]. Por lo tanto, es menester disponer de técnicas con características de simplicidad, sensibilidad, selectividad y rentabilidad que permitan la cuantificación de estas sustancias en sistemas acuosos, entre las que destacan las técnicas electroquímicas, tales como las técnicas voltamperométricas.

2. METODOLOGÍA

Se desarrolló un sensor electroquímico de carbón vítreo (ECV) con amplificación de señal en base a la electrodeposición de nanopartículas de oro (AuNPs). La respuesta del ion metiltionina se mejoró optimizando los parámetros: electrolito soporte, pH, tiempo de deposición, concentración de AM. La electrodeposición de AuNPs sobre la superficie de ECV se dio mediante la técnica de cronoamperometría (CP). El comportamiento electroquímico sobre ECV/AuNPs se analizó mediante espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), voltamperometría cíclica (VC) y voltamperometría de onda cuadrada (VOC). A partir de voltamperogramas a diferentes concentraciones de AM en solución *buffer* de fosfatos (SBF) 0.1 M a pH 6 como electrolito soporte, se construyó una curva de calibración en función de la corriente pico contra la concentración y se determinó el límite de detección (LOD) y el límite de cuantificación (LOQ).

3. RESULTADOS

El área electroactiva de ECV/AuNPs se determinó mediante VC mediante la ecuación de Randles-Sevcik. Se determinó que la superficie ECV/AuNPs mejoró significativamente la señal, puesto que, el sensor adquirió una mayor superficie electroactiva con mejores características conductoras en 0.2159 cm², un valor 1.99 veces mayor que en ECV.

El sensor electroquímico se aplicó para la determinación cuantitativa de AM a bajas concentraciones mediante VOC en soluciones con diferentes concentraciones del colorante. La curva analítica demostró un intervalo lineal de 0.5 a 40 ppm con un LOD y LOQ de 2.44 y 8.15 ppm, respectivamente.

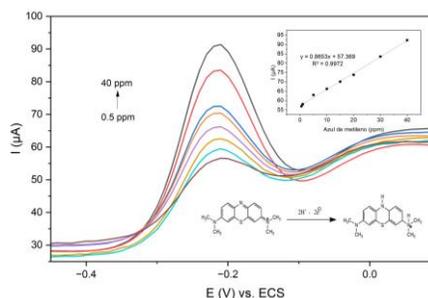


Figura 1. Voltamperogramas de onda cuadrada de 0.5 a 40 ppm de AM empleando a EC/AuNPs en SBF 0.1 M pH 6. Inserto: Curva de calibración.

4. CONCLUSIONES

El sensor diseñado demostró características prometedoras de sensibilidad y selectividad en la cuantificación de AM.

5. REFERENCIAS

[1] M. Hayat, A. Shah, J. Nisar, I. Shah, A. Haleem, M. Ashiq. *Catalysts*, **12**, 306, (2022).

EA-O03 Efecto de la porosidad de electrodos modificados con hexacianoferrato en la impedancia de difusión de especies iónicas.

Presentación Oral

I. I. Monroy Solís¹, E. R. Larios Durán¹, M. Bárcena Soto¹

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

E-mail: iztvan.monroy0212@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los hexacianoferratos de metales de transición son materiales atractivos en el ámbito energético. Su estudio a través del uso de electrodos de grafito modificados son una de las opciones más comúnmente usadas [1]. El bajo costo de fabricación implica generar electrodos de trabajo porosos debido a la baja compactación. Pese a su uso habitual, la influencia de los poros en la impedancia de difusión no es conocida ni teóricamente estudiada [2]. Su interpretación es normalmente realizada bajo el modelo convencional de impedancia de Warburg [2].

Este trabajo explora la inserción de iones de potasio en un electrodo modificado de pasta de carbono con hexacianoferrato de níquel y potasio (KNiHCF) con baja compactación y, consecuentemente, alta porosidad y en una mina de grafito con alta compactación y, consecuentemente, baja porosidad impregnada del material electroactivo. En ambos casos, se desarrollará un modelo fisicomatemático de la impedancia para la determinación de coeficientes de difusión de especies iónicas en estado sólido y líquido.

2. METODOLOGÍA

El KNiHCF fue sintetizado por coprecipitación y mezclado con grafito para formar el electrodo modificado de pasta de carbono. En el segundo electrodo, la mina de grafito fue impregnada mecánicamente con el KNiHCF. Se midieron espectros de impedancia para ambos electrodos a distintas concentraciones de un electrolito de KNO_3 . Los datos obtenidos fueron procesados para su análisis.

3. RESULTADOS

La figura 1a), correspondiente al electrodo de pasta de carbono, muestra dos regímenes difusivos. Dentro de los 50-0.1 Hz se observa una zona independiente de la frecuencia indicando difusión ordinaria [4] atribuible al transporte en el líquido. En

el rango de 0.1-0.001 Hz, la difusión en el sólido es mostrada. Además, al considerar solo el transporte de los iones potasio dentro del KNiHCF se espera que el ángulo de fase sea independiente de la concentración.

La figura 1b) asignada a la mina de grafito exhibe un solo régimen difusivo causado por la difusión en el sólido, de acuerdo con lo mencionado anteriormente. Este caso no exhibe la difusión en el líquido, ya que el potasio no atraviesa los canales tortuosos del electrodo de pasta de carbono, haciendo esta etapa más rápida respecto al escenario anterior (Figura 1a)).

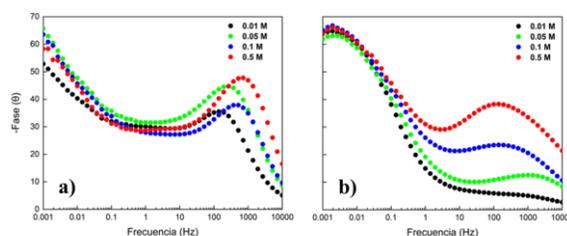


Figura 1. Diagramas de Bode-Fase de a) electrodo de pasta de carbono (alta porosidad), b) mina de grafito (baja porosidad).

4. CONCLUSIONES

La alta porosidad en el electrodo de pasta de carbono hace dominante el transporte del ion potasio en el líquido a causa de la tortuosidad que debe atravesar el ion de inserción. La definición de dos regímenes difusivos hace factible el modelado de la impedancia de difusión, tanto en la fase líquido como en la fase sólida.

5. REFERENCIAS

- [1] D. Cericola & M. E. Spahr, *Electrochimica Acta*, **191**, 558, 2016
- [2] J. Huang, *Electrochimica Acta*, **281**, 170, 2018.
- [3] J. Bisquert & A. Compte, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **499**(1), 112, 2001.

EA-O04 Mediciones termométricas de sistemas electroquímicos en corriente directa y alterna: ventajas y desventajas

Presentación Oral

S. G. Hernández Rizo^{1*}, E. R. Larios Durán¹, M. Bárcena Soto².

¹Departamento de Ingeniería Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

²Departamento de Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

E-mail: sghrizo@gmail.com, erika.lduran@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Cuando los electrones pasan a través de la interfase electroquímica, ocurre una transferencia de calor que conduce a cambios de la temperatura ΔT^* en la superficie del electrodo de trabajo WE [1]. Las variaciones de temperatura en un WE pueden medirse con técnicas termométricas y electroquímicas. En este trabajo se presenta un breve resumen de la termometría aplicada a celdas electroquímicas y su desarrollo hasta su aplicación en régimen alterno. Se presentan resultados experimentales del sistema de ferricianuro/ferrrocianuro en cloruro de potasio como electrolito soporte en régimen directo DC, así como en régimen alterno AC. Los resultados obtenidos permiten hacer un análisis cualitativo de los alcances de las mediciones y las ventajas y/o desventajas en función de la información obtenida, duración y dificultad, entre otros factores de las técnicas aplicadas en DC y AC.

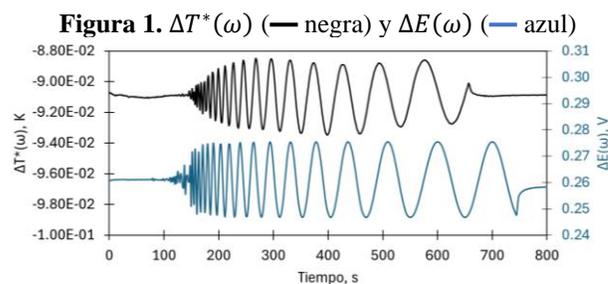
2. METODOLOGÍA

Se usó una celda electroquímica encaquetada con un electrodo de referencia de Ag/AgCl, un electrodo de oro como contraelectrodo y un WE que consiste en el acoplamiento de un termistor de $R = 10 \text{ k}\Omega$ a $25 \pm 0.05 \text{ }^\circ\text{C}$ y una lámina de platino sujeta con un hilo de platino. La celda se llena con $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0.1 M / $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0.1 M en KCl 0.1 M como electrolito soporte y se mantiene a $25 \pm 0.005 \text{ }^\circ\text{C}$ con un recirculador digital. Se realizan mediciones de voltametría cíclica VC, cronopotenciometría, cronotermometría y espectroscopía de impedancia electroquímica EIS para determinar ΔT^* en función de la frecuencia ω .

3. RESULTADOS

Se midieron cronotermometrías, aplicando un pulso de corriente de $\pm 15 \text{ }\mu\text{A}$. Con corriente catódica se produjo una respuesta endotérmica, mientras que

con corriente anódica la respuesta fue exotérmica [2]. Después, se miden VC y ciclotermodigramas. A partir de un modelo matemático y la respuesta experimental se calcula el calor intercambiado en el sistema. Por último, se realizaron mediciones de EIS. La Figura 1 muestra la respuesta de ΔT^* a la perturbación $\Delta E(\omega)$ aplicada al WE de 100 kHz-10 mHz.



De los datos obtenidos se calcula la función de transferencia de $VIT(\omega) = \Delta T^*(\omega) / \Delta E(\omega)$ [1] que se usa para calcular: $\Delta S(\omega)$, $\Delta G(\omega)$ y $\Delta H(\omega)$ [3].

4. CONCLUSIONES

Se establecen las ventajas, desventajas y diferencias entre las mediciones a DC y AC de diversas técnicas electroquímicas. Se discuten los resultados e información obtenidos por cada técnica.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Sanchez-Amaya et al. *J Electrochem Soc*, **168**, 126501 (2021).
- [2] P. Boudeville. *Inorganica Chim Acta*, **226**, 69 (1994).
- [3] S. G. Hernández-Rizo et al. *Journal of Solid State Electrochemistry*. **27**, 3177 (2023)

EA-O05 Detección electroquímica de sucralosa en productos alimenticios y bebidas energéticas utilizando electrodos de carbón vítreo modificados con nanopartículas de Ag electrodepositadas mediante la técnica de doble pulso potenciostático

Presentación Oral

J. Manríquez^{1*}, L.L. Martínez-Rodríguez¹, H.J. Granados-Flores², J.A. García-Melo², S. Sepúlveda-Guzmán³, E. Bustos¹, A.M. Stortini⁴

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Sanfandila, 76703, Pedro Escobedo, Querétaro, Mexico; ²Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji, Av. Universidad Tecnológica 1000, El Carmen, 42830, Tula de Allende, Hidalgo, Mexico. ³Centro de Innovación, Investigación y Desarrollo en Ingeniería y Tecnología, FIME, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apodaca, 66629, Nuevo León, Mexico; ⁴Department of Molecular Sciences and Nanosystems, Università Ca' Foscari Venezia, Via Torino 155, 30170, Venezia Mestre, Italy.

*E-mail: jmanriquez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los edulcorantes artificiales se utilizan para preparar productos alimenticios o bebidas energéticas. La sucralosa (SUC), por ejemplo, es popular porque es 600 veces más dulce que la sacarosa, soluble en agua en un intervalo de pH amplio, estable al calor, no volátil y quiral. [1,2] La cuantificación de SUC se ha realizado típicamente usando cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) con detección de índice de refracción y cromatografía de intercambio aniónico de alto rendimiento (HPAEC) con detección amperométrica pulsada. Sin embargo, estas técnicas de alto costo implican largos procesos de detección porque implican extensos protocolos de preparación de muestras. [2-4] En contraste, la cuantificación amperométrica de sucralosa de bajo costo se ha llevado a cabo utilizando electrodos de carbono vítreo (GCE) modificados por partículas de Cu₂O. [5]

2. METODOLOGÍA

En este trabajo, presentamos la cuantificación por voltamperometría cíclica de SUC usando GCE modificados con nanopartículas de Ag (GCE/AgNPs) electrodepositadas mediante la técnica de doble pulso potenciostático. [6] Nuestros resultados demostraron que la detección de sucralosa fue posible en AgNPs electrodepositadas (tamaño de 165±14 nm) mediante un proceso de adsorción-desorción (constante de equilibrio $K = 355.19 \pm 10.69$), seguido de un proceso de reducción electroquímica (vía $n = 2.08 \pm 0.03$ transferidos).

3. RESULTADOS

Una revisión de la Tabla 1 revela que la concentración de sucralosa [SUC] en muestras varias fue experimentalmente obtenida usando GCE/AgNPs con desviaciones estándar (DE) significativamente bajas (no se muestran los voltamogramas cíclicos para el análisis de muestras por triplicado 3X).

Tabla 1. [SUC] experimentalmente determinada en tres productos alimenticios y una bebida energética.

muestra	[SUC] _{etiqueta}	[SUC] _{exp} ± DE _{3X}
Splenda™	1.20% mg/mg	(1.18±0.01)% mg/mg
Gloria™	1.20% mg/mg	(1.18±0.01)% mg/mg
NutraLight™	2.00% mg/mg	(1.18±0.01)% mg/mg
Suerox™	0.14 mg/mL	(0.12±0.01) mg/mL

4. CONCLUSIONES

Los GCE/AgNPs preparados pueden cuantificar la SUC contenida en productos alimenticios y bebidas energéticas sin interferencias causadas por otros componentes en las muestras.

5. REFERENCIAS

- [1] S. Voss et al., *Anal. Methods*, **11**, 2790 (2019). [2] Li et al., *J. Econ. Sci. Res.*, **2**, 50 (2019). [3] V.P. Hanco, *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 4375 (2004). [4] C. Kobayashi et al., *J. Food Hyg. Soc. (Shokuhin eiseigaku zasshi)*, **42**, 139 (2001). [5] Patent CN104713927A, China, 2015. [6] J.A. Banda-Alemán, *J. CO₂ Utilization*, **27**, 459 (2018).

EA-O06 Estudio de la reducción bio-catalítica de H_2O_2 en CV/MWCNT/GOx

Presentación Oral

F. Hernández-Ramírez¹, G. Valdés-Ramírez^{1*}, L. Galicia¹

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

E-mail: j.fco_96@hotmail.com, gabrivra@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La cuantificación de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) es crucial en sistemas biológicos de importancia médica y en procesos industriales [1]. Los métodos analíticos convencionales permiten medir H_2O_2 con alta precisión, sin embargo, requieren tiempos prolongados de análisis, costos elevados y personal especializado. Los biosensores electroquímicos emergen como una alternativa atractiva, presentan respuestas rápidas, lineales, límites de detección bajos y permiten el análisis de muestras sin tratamientos previos [2]. En este trabajo se presenta el desarrollo de un biosensor a base de Nanotubos de Carbón de Pared Múltiple (MWCNT) y enzima Glucosa Oxidasa (GOx) para la detección de H_2O_2 .

2. METODOLOGÍA

En esta investigación se utilizó un electrodo de carbón vítreo (ECV) modificado con MWCNT (ECV/MWCNT) y GOx (ECV/MWCNT/GOx). En una celda de tres electrodos, utilizando Ag/AgCl como electrodo de referencia, barra de grafito como electrodo auxiliar y como electrodo de trabajo las plataformas generadas, usando una solución electrolítica de buffer de fosfatos (PB) a pH 7.4 y de concentración 50 mM. La detección de H_2O_2 se realizó empleando la técnica de amperometría aplicando un potencial constante de -600 mV.

3. RESULTADOS

Se realizaron adiciones sucesivas de H_2O_2 en incrementos de 0.4 mM, las respuestas amperométricas para la reducción de H_2O_2 fueron obtenidas a pH 7.4 imponiendo un potencial constante de -600 mV (Figura 1). La respuesta electroquímica correspondiente a la detección de H_2O_2 en la plataforma ECV/MWCNT/GOx presenta mayor corriente de reducción en comparación con la plataforma ECV/MWCNT. La presencia de la GOx incrementa la señal de la reducción del H_2O_2 , los parámetros electroanalíticos obtenidos con

ECV/MWCNT/GOx son: sensibilidad ($20.68 \pm 0.87 \mu A/mM$), límite de detección ($0.55 \pm 0.05 mM$) y límite de cuantificación ($1.83 \pm 0.16 mM$).

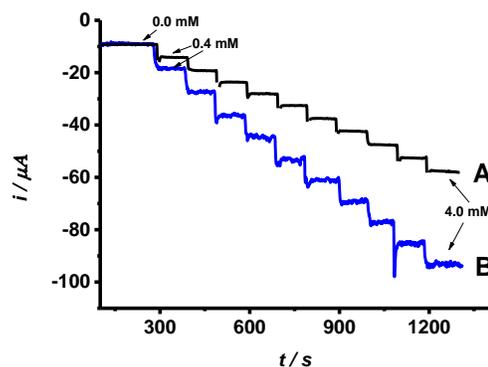


Figura 1. Amperogramas para la detección de diferentes concentraciones de H_2O_2 usando PB imponiendo un potencial de -600 mV vs Ag/AgCl. (A) respuesta utilizando ECV/MWCNT, (B) respuesta utilizando ECV/MWCNT/GOx.

4. CONCLUSIONES

La sensibilidad para la detección de H_2O_2 utilizando el sistema con ECV/MWCNT es de $12.19 \pm 0.12 \mu A/mM$ mientras que para el sistema con ECV/MWCNT/GOx es de $20.68 \pm 0.87 \mu A/mM$, se observa que la presencia de GOx incrementa la sensibilidad en un 70 % para la detección del analito, lo cual es atribuido a un efecto bio-catalítico de la GOx en la reducción de H_2O_2 .

5. REFERENCIAS

- [1] W. Wang, Z. Ma, Q. Shao, J. Wang, L. Wu, X. Huang, Z. Hu, N. Jiang, J. Dai, L. He, *Nanoscale*, (2024). DOI:10.1039/D4NR01328J.
- [2] S. Q. Yu, P. Li, H. J. Li, L. J. Shang, R. Guo, X. M. Sun, Q. Q. Ren, *Biosensors* **14**, 261, (2024).

EA-O07 Estudio electroquímico del 5-fluorouracilo en medio acuoso

Presentación Oral

E. A. Cruz-González¹, D. S. Guzmán-Hernández^{2*}, J. Juárez-Gómez¹, M. Palomar-Pardavé³, S. Corona-Avenida³, M. T Ramírez Silva¹.

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

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

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

*E-mail: dsguzman@conacyt.mx

1. INTRODUCCIÓN

El 5-fluorouracilo (5-FU) se encuentra entre los fármacos anticancerígenos más consumidos en el mundo, este puede detectarse constantemente en el medio ambiente y es considerado como un disruptor endócrino [1]. En este trabajo se presenta la caracterización electroquímica del 5-FU a diferentes valores de pH para el desarrollo de una metodología de cuantificación.

2. METODOLOGÍA

Todos los reactivos son de grado analítico: 5-fluorouracilo (Sigma Aldrich), HCl (J.T. Baker $\geq 35\%$), NaOH (J.T. Baker $\geq 95\%$), H₃PO₄ (J.T. Baker $\geq 85\%$), KH₂PO₄ (Técnica Química $\geq 95\%$), Na₂HPO₄ (J.T. Baker $\geq 99.17\%$) y Na₃PO₄ (Aldrich $\geq 96\%$). Se utilizó potenciostato Épsilon Bassi con una celda electroquímica convencional de tres electrodos: electrodo de trabajo de pasta de carbón (EPC), contra electrodo un alambre de platino y un electrodo de referencia Ag/AgCl (sat).

3. RESULTADOS

En la figura 1 se presentan una familia de voltamperogramas cíclicos a diferentes valores de pH (6 a 13) sobre un EPC vs Ag/AgCl saturado, en los que se observa un pico anódico como respuesta a la oxidación del 5-FU, el cual se desplaza a potenciales menores conforme incrementa el pH. Se determinó que el proceso que limita la transferencia de carga es difusivo [2].

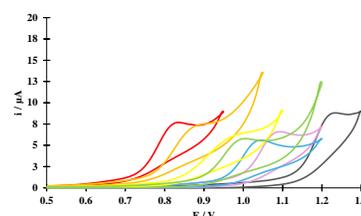


Figura 1. Familia de voltamperogramas cíclicos en el sistema EPC/5-FU 95.06 μM para diferentes valores de pH.

Como resultado del análisis de voltamperometría cíclica se determinaron los parámetros de desempeño analítico de cuantificación a pH 6 y 9 mediante voltamperometría diferencial de pulso. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Parámetros de desempeño analítico de cuantificación de 5-FU a diferentes valores de pH.

pH	Sensibilidad ($\mu\text{A}\mu\text{M}^{-1}$)	LOD (μM)	LOQ (μM)
6.007	0.117 ± 0.003	2.11 ± 0.78	7.02 ± 0.75
9.037	0.094 ± 0.002	1.75 ± 0.65	5.82 ± 0.63

4. CONCLUSIONES

Se caracterizó el 5-FU a diferentes valores de pH. Se determinó que la difusión es el proceso que limita la transferencia de carga y se obtuvieron los parámetros de desempeño analítico de cuantificación.

5. REFERENCIAS

- [1] P. Da Cunha De Medeiros. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 100, 104122, (2023).
[2] D.K. Grosser, *Cyclic Voltametry: Simulation and Analysis of Reaction Mechanisms*, 43, VCH, New York, (1993).

EA-008 Reactividad electroquímica de cafeína sobre grafito modificado con el compuesto $\text{TiO}_2\text{-Ni(OH)}_2$

Presentación Oral

M. M. Dávila Jiménez⁽¹⁾, A. R. López Cruz⁽¹⁾, O. Ornelas Dávila^{*(1)}, N. R. Silva González⁽²⁾

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

² Instituto de Física, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

E-mail: mdavila.uap.mx@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La cafeína (CAF) es un componente importante en algunos preparados farmacéuticos y de algunas bebidas como el café y té [1]. La CAF también se ha investigado para nuevas rutas de síntesis [2,3]. La detección de CAF en matrices complejas [4] también es importante. Además de ser un micro contaminante emergente, la CAF, tiene una alta estabilidad química, por lo que su reactividad electroquímica depende de muy diversos parámetros: composición del medio, pH, diseño de sistema electroquímico, entre otros. Investigaciones sobre oxidación electroquímica de CAF se reporta en medios acuosos ácidos. En el presente trabajo reportamos, la reactividad electroquímica del compuesto y de CAF, empleando electrolitos de diversa composición química y pH.

2. METODOLOGÍA

El grafito se impregno con el nanocompuesto $\text{TiO}_2\text{-Ni(OH)}_2$ dispersado en ETOH. Estudios electroquímicos se realizaron a pH diferentes en KOH, Na_2SO_4 y H_2SO_4 .

3. RESULTADOS

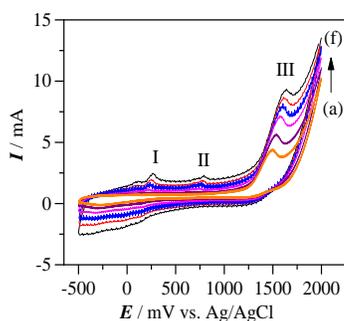


Fig. 1. Respuesta por VMC del electrodo compuesto en $0.1\text{M Na}_2\text{SO}_4 + 5\text{ mM de Cafeína (pH 9)}$ a velocidades de barrido de 0.1 (a), 0.2 (b), 0.4 (c), 0.6 (d), 0.8 (e) y 1.0 V/s (f).

El área superficial electroquímicamente activa del electrodo de grafito modificado con el nanocompuesto

fue de 2 cm^2 . En medio básico (0.1 NaOH), no se observó pico de oxidación de la CAF. La presencia de 5 mM de CAF , no afecta la reacción del par redox $\text{Ni}^{+2}/\text{Ni}^{+3}$. La oxidación de CAF en Na_2SO_4 (pH 9), se inicia según condiciones de trabajo y la corriente de pico máxima de oxidación, alrededor de $1.4\text{-}1.7\text{ V}$, dependiendo del pH, del medio y de velocidad de barrido de potencial (Fig.1). La actividad electroquímica del electrodo compuesto, es estable.

4. CONCLUSIONES

La aparición de diversos picos de oxidación (I-III) para $v > 0.2\text{ V/s}$, indican la oxidación de productos resultantes de la oxidación de CAF (III). Estudios por VMC y cronoamperometría por tiempos prolongados evidencian una alta estabilidad, durabilidad y reactividad electroquímica del electrodo de grafito modificado con el material compuesto.

5. REFERENCIAS

- [1] S. M. Saraiva, et al., *Pharmaceuticals*, 16, 1067, (2023), 1-35.
- [2] M. Feroci, et al., *Electrochem* 1, (2020), 44-55.
- [3] G. Ebrahimzadeh, et al., *Journal of Environmental Management* 283, 111971, (2021).
- [4] Ž. Z. Tasić, et al., *Sensors*, 22, 9185, 1-31, (2022).

EA-O09 Diseño de una plataforma biosensora GCE/MWCNT/HRP para su aplicación en la detección de H₂O₂

Presentación Oral

E. Ortiz Santos¹, M.L. Lozano Camargo², L. Galicia^{1*}

¹Departamento de Química, Área de Electroquímica, Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa (UAM-I) San Rafael Atlixco 186, Col Vicentina C.P. 09340 Ciudad de México1.

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

E-mail: elviszitroz@gmail.com, lgl@xanum.uam.mx.

1. INTRODUCCIÓN

La detección precisa de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) ha recibido atención debido a su importante papel en el monitoreo farmacéutico, alimentario, ambiental e industrial [1]. Por lo que es necesario desarrollar métodos fiables, rápidos y sencillos para la determinación de H₂O₂. La peroxidasa de rábano picante (HRP) es una enzima muy utilizada para detectar y reducir el H₂O₂, esto se debe a que su cofactor presenta propiedades Redox, además de emplearse para la desintoxicación ambiental por la oxidación de diversas sustancias orgánicas naturales. Por otra parte, la HRP es una de las enzimas más frecuentemente estudiadas y aplicadas en la biodetección en diferentes procesos [1,2].

2. METODOLOGÍA

Para este estudio, se empleó una solución electrolítica de 0.05 M de buffer de fosfato de sodio a pH 7.4, para caracterizar la plataforma GCE/MWCNT, se utilizó la voltamperometría cíclica para la caracterización electroquímica del par redox de la HRP sobre MWCNT y en presencia de H₂O₂ en solución.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 A) se muestra el comportamiento electroquímico del par redox HRP_(ox)/HRP_(red) de la enzima en un valor de potencial de E°_{HRP(ox)/HRP(red)} = 0.108 V vs Ag/AgCl_(sat) y 1B) Voltamperometría cíclica de 2 mM de H₂O₂ en presencia de HRP, se observa la reducción catalítica de H₂O₂ la cual inicia alrededor de 0.30 V.

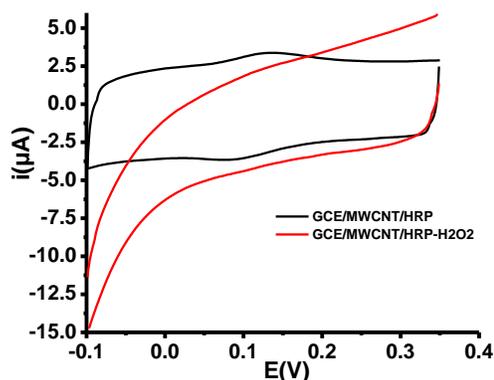


Figura 1. Voltamperometría cíclica de A) GCE/MWCNT/HRP B) GCE/MWCNT/HRP-H₂O₂ registrados utilizando 0.05M de buffer de fosfato pH 7.4 a velocidad de barrido lineal de 100 mV/s en una ventana de potencial de -0.10 a 0.350 V.

4. CONCLUSIONES

Se encontró el valor del potencial del par redox asociado a la HRP_(ox)/HRP_(red) en E° = 0.108 V. La bioplataforma GCE/MWCNT/HRP se aplicó para estudiar la reducción de H₂O₂, se observó la señal para este proceso de reducción inicia alrededor de 0.30 V. La respuesta electroquímica para la reducción H₂O₂ sobre la bioplataforma muestra características electrocatalíticas por lo que estos resultados fueron la base para desarrollar un biosensor electroquímico para cuantificar H₂O₂ en diferentes procesos.

5. REFERENCIAS

Libros

- [1] T. L. Poulos *Químico. Rev*, **114**, 3919 —3962, (2014).
- [2] N. Talapphet & Huh., *Journal Of Analytical Chemistry*, 79(1), 57-64, 2024.

EA-O10 Detección electroquímica de sodio en extractos de suelo empleando electrodos serigrafados de carbono modificados con nanotubos de carbono y azul de Prusia

Presentación Oral

E. Bustos¹, V.J. González-Nava¹, S. Solís-Valdés², J. Manríquez¹, S. Sepúlveda³, A. Stortini⁴

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

²Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México, CGeo-UNAM Campus Juriquilla. Blvd. Juriquilla 3001, 76230, Querétaro, México.

³Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, FIME, Universidad Autónoma de Nuevo León, UANL, Ave. Pedro de Alba s/n, Ciudad Universitaria, 66455 San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

⁴Universidad Ca' Foscari, Dorsoduro 3246, 301232 Venece, Italy.

E-mail: ebustos@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La detección de sodio en el suelo es de suma importancia, debido a que cuando hay una sodificación se inhibe el crecimiento de la planta [1]. Por tal motivo, en este trabajo se desarrolló la detección electroquímica de sodio en extractos de suelo empleando electrodos serigrafados de carbono modificados con nanotubos de carbono y azul de Prusia (AP|NC|C), permitiendo la detección de este ión en campo de una manera asequible, rápida y comparable con el método tradicional de absorción atómica con flama (AAF).

2. METODOLOGÍA

Se construyeron los electrodos serigrafados AP|NC|C, los cuales se emplearon para la construcción de las curvas de calibración correspondientes de sodio (Na⁺), obteniendo los límites de detección y cuantificación correspondientes, y posteriormente realizar la detección de Na⁺ con amperometría utilizando extractos de suelo provenientes de Hidalgo, México. Las superficies desnudas y modificadas, se caracterizaron por técnicas espectroscópicas como XPS y Raman, microscópicas como SEM-EDX, y electroquímicas como EIE y VC.

3. RESULTADOS

La detección electroquímica de Na⁺ empleando los extractos de suelo y las superficies desnudas y modificadas de AP|NC|C, cuyos valores se compararon con los obtenidos con AAF, cuyos resultados fueron comparables entre 1 y 4 cmol Kg⁻¹

suelo, brindando la ventaja los electrodos serigrafados AP|NC|C para su uso en campo, de una manera asequible y rápida.

4. CONCLUSIONES

Se logró la detección de Na⁺ en extractos de suelo empleando los electrodos serigrafados AP|NC|C, mostrando una comparabilidad con la AAF, dando la oportunidad de realizar la detección en campo de manera asequible y rápida.

5. REFERENCIAS

[1] R. Kumar, A. Singh, A. Kumar, R. Kumar, M.K. Mehla, A. Kumar, Salinity and sodicity stresses differentially influence growth and physiology in sapota (*Achras zapota L.*), *South African Journal of Botany*, 160 (2023) 739-748.

EA-O11 Desarrollo de una metodología voltamperométrica para la cuantificación de aflatoxina B1 basada en electrodos modificados con polidopamina

Presentación Oral

A. Villagran Manilla¹, L. H. Mendoza Huizar¹, C. A. Galán Vidal¹, D.S. Guzmán Hernández², G. A. Álvarez Romero^{1*}

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hgo. C.P. 42184.

² Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa. Área de Química Analítica. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc, Iztapalapa, Ciudad de México, CDMX, C.P. 09340.

E-mail: giaan@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las aflatoxinas (AF) son micotoxinas producidas por la especie *Aspergillus flavus*. Estas toxinas pueden contaminar una amplia gama de alimentos, tales como las semillas oleaginosas. La AF que se presenta con mayor frecuencia en alimentos es la aflatoxina B1 (AFB1) y es considerada como la más letal debido a que presenta efectos carcinógenos, además de bioacumulación progresiva en el cuerpo humano [1,2].

2. METODOLOGÍA

Se realizó la determinación de AFB1 en almendra, nuez y pistache, mediante calibración por adición patrón. Posteriormente se procedió a la validación de la metodología propuesta a través del porcentaje de recuperación. Y finalmente, se caracterizó la superficie del electrodo sin modificar (ECV) y el modificado con polidopamina (ECV-PDA) mediante microscopías y análisis por impedancia electroquímica.

3. RESULTADOS

En trabajos anteriores, se presentó la optimización univariable del tiempo de contacto y pH del electrolito soporte. Así como la determinación de los parámetros analíticos y la optimización de la técnica de cuantificación mediante un diseño de experimentos. Debido a esto, se utilizó voltamperometría de onda cuadrada (VOC) para la determinación de AFB1 en almendra, nuez y pistache, **Tabla 1**. Para cada muestra se encontraron valores de AFB1 dentro del límite máximo permitido en las normas ($20 \mu\text{g kg}^{-1}$) [3]. Posteriormente se evaluó que la metodología propuesta es confiable y estadísticamente aceptable para la cuantificación de AFB1 en estas muestras.

La caracterización de los electrodos se realizó con un análisis morfológico mediante microscopía óptica, microscopía electrónica de barrido (SEM) con un

mapeo elemental utilizando espectroscopía de dispersión de energía (EDS). Además del estudio por impedancia electroquímica. Todas estas técnicas constataron que la modificación del electrodo es favorable, además de demostrar que existe una interacción entre la PDA y la AFB1. Asimismo, se determinó el área electroactiva para el ECV y el ECV-PDA, lo cual resultó en 0.0303 y 0.0455 cm^2 , respectivamente.

Tabla 1. Cuantificación y porcentaje de recuperación de AFB1 en semillas oleaginosas.

[AFB1] ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Almendra	Nuez	Pistache
%R	94.4	93.1	96.8

4. CONCLUSIONES

La VOC demostró ser eficaz para cuantificar AFB1 en almendra, nuez y pistache, con resultados que se encuentran dentro del límite normativo de $20 \mu\text{g kg}^{-1}$. La validación confirmó la viabilidad y confiabilidad del método. El análisis morfológico y electroquímico demostró que la modificación del electrodo aumentó la eficiencia de detección de AFB1.

5. REFERENCIAS

- [1] R. Krska, et al. Mycotoxin analysis: an update. *Food Additives and Contaminants* 25(2), 152, (2008).
- [2] Y. Grosse, et al. Chemical agents and related occupations. A review of human carcinogens. p. 1 *Lancet Oncol*, Lyon, France, (2009).
- [3] Diario Oficial de la Federación. NOM-188-SSA 2002, Productos y Servicios. Control de aflatoxinas en cereales para consumo humano y animales. Especificaciones sanitarias. (2002).

EA-P01 Modelado fisicomatemático de la impedancia de difusión de especies iónicas en cristales de hexacianoferrato de metales de transición en electrodos modificados

Presentación **Póster**

I. I. Monroy Solís¹, E. R. Larios Durán¹, M. Bárcena Soto¹

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

E-mail: iztván.monroy0212@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

La inserción electroquímica es una característica de los hexacianoferratos de metales de transición que los consolidan como materiales para baterías, adsorción de iones de interés y electrocatalisis [1]. La inserción de iones es un fenómeno controlado por difusión, el cual puede ser interpretado por modelos de impedancia. El modelado debe incluir tanto la difusión en el líquido como en el sólido para el correcto análisis de estos sistemas.

El presente trabajo brinda un acercamiento apegado al fenómeno real, proponiendo una expresión de impedancia en términos de una fase líquida (electrolito) y una sólida, es decir, el electrodo.

La contribución difusiva en fase líquida se ha desarrollado en la teoría de adsorción [2], tal que:

$$Z_{Ad} = R_{Ad} + \frac{1}{j\omega C_{Ad}} + \frac{\sigma_{Ad}}{\sqrt{j\omega}} \quad (1)$$

Mientras que, la difusión en el sólido es descrita por una difusión anómala acotada [3,4]:

$$Z_{Ds} = \frac{RT}{\bar{n}F[A^+]} \frac{\coth\left(\frac{(j\omega)^{\frac{y}{2}} l}{\sqrt{D_{As^+}}}\right)}{\sqrt{D_{As^+}} (j\omega)^{\frac{y}{2}}} \quad (2)$$

2. METODOLOGÍA

La expresión de impedancia total fue simulada en MATLAB. Los parámetros fueron variados a prueba y error hasta obtener espectros similares a los experimentales medidos para electrodos de alta porosidad y de baja porosidad.

3. RESULTADOS

La figura 1a) muestra un diagrama de Bode-Fase simulado para un electrodo de baja porosidad. En esta gráfica se considera coeficiente y distancia de difusión del sólido como constantes con el cambio de la

concentración, mientras que los parámetros de adsorción se asumieron con valores despreciables.

La figura 1b) muestra el diagrama de Bode-Fase simulado para un electrodo poroso. Los datos de difusión en el sólido se mantuvieron constantes, al tratarse del mismo material. En cambio, los parámetros de adsorción fueron significativos para este caso. Esto muestra la aparición de una meseta asociada a la contribución de los poros, la cual añade dominancia a la difusión en el líquido.

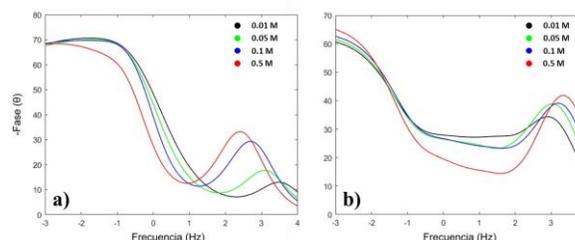


Figura 1. Simulación de diagramas de Bode-Fase para a) electrodo no poroso $R_{Ad}=40k\Omega$, $\sigma_{Ad}=13k\Omega s^{-1/2}$, b) electrodo poroso $R_{Ad}=4k\Omega$, $\sigma_{Ad}=2k\Omega s^{-1/2}$. (Parámetros para 0.1 M, $l=35$ nm, $D_{As^+}=8\times 10^{-13}cm^2/s$).

4. CONCLUSIONES

La variación de parámetros de adsorción permite ponderar la contribución de la porosidad sin afectar la parte atribuida a la difusión en el sólido, lo que sugiere una correcta interpretación de los datos experimentales.

5. REFERENCIAS

- [1] R. Sciacca, S. Zamponi, M. Berrettoni & M. Giorgetti, *Journal of Solid State Electrochemistry*, **26**, 63, 2022.
- [2] Z. Kerner & T. Pajkossy, *Electrochimica acta*, **47**, 2055, 2002.
- [3] J. Song, & M. Z. Bazant, *Journal of The Electrochemical Society*, **160**, A15, 2012.
- [4] J. Bisquert & A. Compte, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **499**, 112, 2001.

EA-P02 Sobre el montaje experimental para la determinación de propiedades termo electroquímicas como funciones de transferencia

Presentación Póster

S. G. Hernández Rizo^{1*}, E. R. Larios Durán¹, M. Bárcena Soto².

¹Departamento de Ingeniería Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

²Departamento de Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

E-mail: sghrizo@gmail.com, erika.lduran@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

La termometría es un método calorimétrico que permite detectar la variación de temperatura interfacial ΔT^* durante la transferencia de carga en un electrodo de trabajo WE [1]. Si se acopla un termistor a este (WET), se puede medir ΔT^* , con resolución de hasta 0.1 mK. ΔT^* puede asociarse al calor electroquímico molar de Peltier Π que es el calor reversible intercambiado por el sistema. De esta manera, se han reportado datos de algunos pares redox en corriente continua DC [2] y en corriente alterna AC, bajo un potencial sinusoidal modulado, $\Delta E(\omega)$ [3]. En AC los datos se han interpretado como la función de transferencia denominada variación de temperatura interfacial $VIT(\omega) = \Delta T^*(\omega)/\Delta E(\omega)$. Se ha reportado que VIT en correlación con la espectroscopía de impedancia electroquímica EIS permite calcular $\Pi(\omega)$. No obstante, ¿Cuál es la estrategia experimental y de tratamiento de señales para la determinación de la VIT? ¿Qué tipo de termistores se pueden implementar al WE y en qué sistemas es viable realizar mediciones en AC? En este trabajo se responden de manera didáctica estas preguntas.

2. METODOLOGÍA

Se construyó un WET acoplando un termistor NTC (Negative Temperature Coefficient) tipo MC65 de resistencia nominal de 10 k Ω a 25 ± 0.05 ° C (Amphenol Thermometrics) a una lámina de platino sujeta con un hilo de platino. La parte del WET en contacto con el electrolito consiste en una semi esfera de 1.7 mm de diámetro. El WET junto con un termistor que mide la temperatura del electrolito se conecta a un puente de Wheatstone de diseño propio. El montaje de equipos consiste en la interconexión de: 1) un multímetro que digitaliza y amplifica el voltaje de salida del puente, 2) un potencióstato Autolab PGSTAT302N que genera las señales DC y AC para las mediciones y 3) un baño de temperatura controlada

PolyScience AP15R-30-A11B con el que una celda encaquetada se mantiene a 25 ± 0.005 °C. Este montaje se probó con una solución modelo de $K_3Fe(CN)_6$ 0.1 M/ $K_4Fe(CN)_6$ 0.1 M en KCl 0.1 M como electrolito soporte.

3. RESULTADOS

Se logró acondicionar un WET de Pt con un área expuesta semiesférica de 4.54 mm². Esta área es hasta 50 veces más pequeña con respecto a electrodos previamente reportados [1]. El WET se caracterizó con el puente de Wheatstone ajustando su respuesta a una ecuación lineal. Por su parte, se caracteriza el montaje experimental mediante cronotermometrías, voltametrías cíclicas y ciclotermogramas. Además, se establece una estrategia para calcular la función de transferencia VIT mediante tratamiento de señales.

4. CONCLUSIONES

Se presenta y se valida con éxito un montaje experimental para medir con alta resolución ΔT^* en régimen directo y alterno. En función de los resultados se propone estudiar en un futuro otros sistemas electroquímicos, i.e. disolución de hierro en medio ácido, hexacianoferratos, baterías de litio, entre otros.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Sanchez-Amaya. *ECS Advances*, **1**, no. 2, p. 020504 (2022).
- [2] P. Boudeville. *Inorganica Chim Acta*, **226**, 69 (1994)
- [3] M. Sanchez-Amaya et al. *J Electrochem Soc*, **168**, n 12, p. 126501 (2021)

EA-P03 Determinación de bisfenol-A mediante voltamperometría de onda cuadrada con un electrodo de pasta de carbón modificado con nanopartículas de plata

Presentación **Póster**

S.J. Vazquez Vargas¹, G. Valdés-Ramírez^{1*}

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

E-mail: gabrivra@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El Bisfenol A (BPA) es un compuesto químico el cual forma parte de muchas áreas de nuestro día a día, en la industria se utiliza para la creación de ciertos tipos de plásticos y resinas, tales como el policarbonato y las resinas epoxi, las cuales se encuentran en una gama muy amplia de productos, incluidos envases de bebidas, botellas de agua, revestimientos de latas para alimentos, partes de automóviles, dispositivos médicos, teléfonos, papel térmico y muchas otras cosas más. En los últimos años se le ha dado más enfoque a la investigación de este compuesto puesto que su ingesta resulta perjudicial para la salud humana ya que actúa como disruptor endocrino provocando grandes daños hormonales a la humanidad [1,2]. En este trabajo, se utiliza un electrodo de pasta de carbón (EPC) modificado con nanopartículas de plata (AgNPs), (EPC/AgNPs) para la detección electroquímica de BPA en muestras de papel térmico.

2. METODOLOGÍA

Para la detección del BPA en un medio acuoso, a pH=1.91, el estudio se realizó utilizando la técnica electroquímica de voltamperometría cíclica (VC) y voltamperometría de onda cuadrada (SWV). Se utilizó una celda de tres electrodos con un electrodo Hg/Hg₂SO₄ (sat) como electrodo de referencia, una barra de grafito como electrodo auxiliar y un electrodo EPC/AgNPs como electrodo de trabajo. Con un estudio por VC, se realizó un estudio a pH ácido para confirmar que el proceso redox en el sistema de estudio, es controlado por difusión. Posteriormente, la determinación de BPA se realizó por SWV.

3. RESULTADOS

Los resultados de voltamperometría indican que el proceso redox es controlado por difusión. La

cuantificación de BPA se realizó por SWV, los resultados muestran que en un intervalo de concentración de 0.83 a 15.38 ppm de BPA, se observa una respuesta lineal con los siguientes parámetros de desempeño: límite de detección (LOD), límite de cuantificación (LOQ), y el intervalo dinámico lineal (LOL) que se resumen en la Tabla 1. Posteriormente el electrodo se utiliza para cuantificar BPA en una muestra de papel térmico, para ello se realiza una extracción sólido líquido.

Tabla 1. Parámetros de desempeño por curva de calibración de BPA.

LOD (ppm)	LOQ (ppm)	LOL (ppm)	Sensibilidad (µA/ppm)
2.32	7.72	(2.32, 15.38)	0.359

4. CONCLUSIONES

El electrodo modificado con AgNPs, permite realizar la cuantificación de BPA en medio ácido y, utilizarlo para determinar BPA en muestras de papel térmico realizando una extracción sólido-líquido, por lo que el electrodo podrá ser utilizado para la cuantificación de BPA en otras muestras de interés.

5. REFERENCIAS

- [1] Dhouha Jemmeli, E. M. (2020). Highly sensitive paper-based electrochemical sensors for reagent free detection of bisphenol A. ELSEVIER, 1-7.
- [2] Noémie Elgrishi, K. J. (2017). A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. CHEMICAL EDUCATION, 197-206.

EA-P04 Nanomateriales de Cu-Zn para la detección electroquímica de creatinina en saliva artificial

Presentación Póster

K. Montoya Cano¹, L. Álvarez Contreras², M. Guerra Balcázar³, N. Arjona^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C.

²Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S. C.

³División de Investigación y Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro

E-mail: w.velazquez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La síntesis de nanomateriales bimetalicos y su aplicación en salud ha sido de suma importancia para la detección de diferentes biomoléculas asociadas a enfermedades específicas como la glucosa, urea, creatinina entre otras. La creatinina es una molécula nitrogenada conocido como un producto de desecho proveniente de la transaminación de la arginina y glicina en los riñones [1,2]. La cuantificación de la creatinina es necesario para el control temprano y en etapa avanzada de manera no invasiva para pacientes con daño renal. El cobre es un metal maleable, de bajo costo y no es tóxico. Por ello, se usó para la modificación de sensores no enzimáticos, pero se oxida fácilmente. Por lo tanto, se han usado metales como el zinc para estabilizar el cobre. En este trabajo, se realizaron electrodepositos de nanomateriales de Cu-Zn para la detección electroquímica de creatinina en saliva artificial.

2. METODOLOGÍA

Se usaron electrodos serigrafados (SPE) de carbón vítreo donde se electrodepositó el nanomaterial de Cu-Zn. Posteriormente, se adicionaron diferentes concentraciones de creatinina para obtener la curva de calibración y, finalmente se cuantificó creatinina en saliva artificial

3. RESULTADOS

De acuerdo con la figura 1, se observa como al adicionar creatinina la corriente de pico anódico del bimetalico Cu-Zn disminuye por la formación de complejos $[Cu(Cre)_2]^+$ y $[Cu(Cre)_4]^{2+}$ en la superficie y en solución respectivamente. La detección electroquímica de creatinina con un material bimetalico de Cu-Zn permitió mayor estabilidad que el electrodo solo modificado con Cu, permitiendo que la medición en saliva sea óptima y sensible [3].

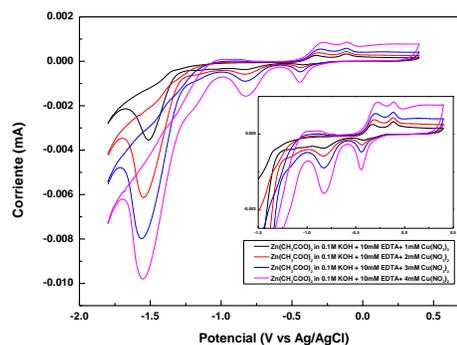


Figura 1. Electrodepositos de Cu-Zn a diferentes concentraciones de cobre.

4. CONCLUSIONES

En conclusión, se encontró que los nanomateriales bimetalicos Cu-Zn incrementan la estabilidad del depósito de Cu debido a la interacción metal/ soporte permitiendo una detección temprana de creatinina más sensible y óptima en comparación con el electrodo modificado con solo cobre para pacientes con daño renal.

5. REFERENCIAS

- [1] T. P. Rohring, *Postmortem Toxicology*, 132. 147, El Sevier, USA, (2019).
- [2] S. Kalashin *et al*, *ACS Biomaterials Science & Engineering*, **6**, 5895, (2020).
- [3] E. Castillo *et al*, *ECS*, **168**, 062513, (2021).

EA-P05 Caracterización electroquímica de bisfenol A mediante voltamperometría cíclica para su detección en aguas

Presentación Póster

A. Morales-Martínez¹, E. García-Reyes¹, D. S. Guzmán-Hernández^{2*}, J. Juárez-Gómez¹, M. Palomar-Pardavé³, S. Corona-Avenidaño³, M. T Ramírez Silva¹

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

² CONAHCYT-Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, CP 09340, CDMX, México.

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

*E-mail: dsguzman@conacyt.mx

1. INTRODUCCIÓN

El bisfenol A (BA) es un disruptor endocrino capaz de imitar o bloquear los receptores y alterar las concentraciones hormonales y su metabolismo. Aunque se consume en dosis bajas, puede estimular las respuestas celulares y afectar las funciones corporales [1]. En este trabajo se presenta la caracterización electroquímica del BA por medio de voltamperometría cíclica (VC), utilizando un electrodo de trabajo de pasta de carbono (EPC) para su detección en aguas.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó BA de grado analítico Sigma-Aldrich. Se utilizó un potenciostato Epsilon Bassi con una celda electroquímica de tres electrodos: electrodo de trabajo un EPC, como contra electrodo un alambre de platino y un electrodo de referencia Ag/AgCl (sat).

3. RESULTADOS

Se caracterizó BA a diferentes valores de pH por medio de VC. En la figura 1 se aprecia que conforme el pH aumenta el potencial de pico anódico del BA disminuye; así mismo se llevó a cabo un estudio de velocidades de barrido de potencial para los diferentes valores de pH de estudio y se determinó la transferencia de carga hacia el electrodo. Finalmente, mediante voltamperometría diferencial de pulso (VDP) se determinaron los parámetros de desempeño analítico de cuantificación a pH 7 para BA.

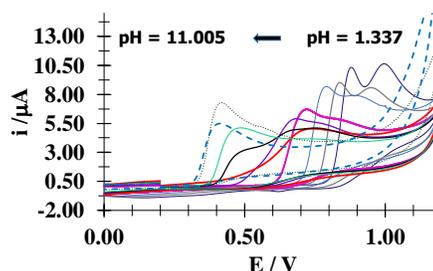


Figura 1. Familia de VC's sobre un EPC vs Ag/AgCl (sat) para BA 45.64 μM , en línea continua pH ácidos, en línea punteada pH básicos.

Tabla 1. Parámetros de desempeño analítico de cuantificación de BA.

Método	Sensibilidad ($\mu\text{A} \cdot \mu\text{M}^{-1}$)	LOD (μM)	LOQ (μM)
VDP/EPC	(0.1233 \pm 0.0022)	(2.16 \pm 0.79)	(7.18 \pm 0.91)

4. CONCLUSIONES

Se caracteriza el BA a mediante VC a diferentes valores de pH en medio acuoso y se determina que la transferencia de carga al EPC se lleva a cabo mediante un proceso difusivo y se obtienen los parámetros de desempeño analítico de cuantificación.

5. REFERENCIAS

[1] Abraham, A., & Chakraborty, P. (2020). A review on sources and health impacts of bisphenol A. *Reviews on environmental health*, 35(2), 201–210.

EA-P06 Estudio electroquímico de la molécula modelo azitromicina en la interfase agua|1,2-dicloroetano

Presentación Póster

L. G. López-Martínez, J. Amador-Hernández y M. Velázquez-Manzanares*

Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila.

Bldv. V. Carranza s/n, Saltillo Coahuila, 25280, México.

E-mail: miguel_velazquez@uadec.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de las interfases entre dos disoluciones electrolíticas inmiscible (ITIES, siglas en inglés) ha aportado información de gran importancia en las áreas de química y biología. A través de la ITIES se puede obtener información termodinámica, como es el potencial de transferencia de especies electroactivas, así como explorar su cinética de transferencia, entre otros. Por ello, ITIES se ha utilizado en el estudio de la transferencia de moléculas orgánica ionizables como las triazinas [1] y la transferencia facilitada de metales iónicos [2], así como el comportamiento de fármacos como la amoxicilina [3].

La azitromicina (AZY) es un antibiótico de alto espectro perteneciente a la familia de los macrólidos, utilizado en el tratamiento de gran variedad de enfermedades infecciosas causadas por bacterias aeróbicas gram-positivas y negativas, principalmente [4]. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento electroquímico del antibiótico AZY en el sistema agua|1,2-dicloroetano.

2. METODOLOGÍA

Los estudios electroquímicos se realizaron en una celda de 4-electrodos con 1,2-dicloroetano (1,2-DCE) como fase orgánica, mediante voltamperometría cíclica (VC). Se usaron tetrakis-4-clorofenilborato de tetrafenilarsénico (TPAsTPBCl) y HCl como electrolitos en fase orgánica y acuosa, respectivamente.

3. RESULTADOS

En la Fig. 1 se muestra el VC donde puede apreciarse la transferencia de AZY, distinguible de la línea base (sin AZY); el proceso de transferencia ocurre a la mitad de la ventana de potencial (línea sólida). Además, el proceso tiene un comportamiento reversible. A partir de esta señal se obtuvieron el potencial de transferencia de onda media, así como la energía de Gibbs requerida para transferir la AZY a

través de la interfase entre los dos líquidos.

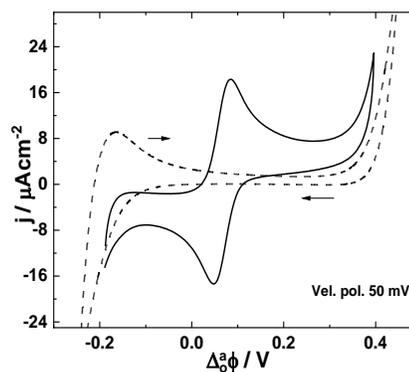


Fig. 1. VC de la transferencia del AZY (0.1mM) en la interfase agua|1,2-DCE.

4. CONCLUSIONES

Los experimentos de VC realizados mostraron la transferencia del AZY a través de la ITIES, al igual que permitieron estimar parámetros termodinámicos.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Velázquez-Manzanares, J. Amador-Hernández, C. Cisneros-Cisneros, and K.A Heredia-Lezama. *J. Electrochem. Soc.*, 155 (10), 218 (2008).
- [2] M. M. N. Ahmed, F. S. Bodowara, W. Zhou, J. F. Pentead, J. L. Smeltz, and P. Pathirathna. *RSC Adv.*, 12, 1077 (2022).
- [3] I. Basaez, I. Peric, C. Aguirre, and P. Vanysek, *Bol. Soc. Chil. Quím.*, 46 (2), 203 (2001).
- [4] M. S. Kanatani, B. J. Guglielmo, and B. Joseph Guglielmo. *West J. Med.*, 160(1), 31 (1994).

EA-P07 Determinación de Aflatoxina B1 usando un sensor voltamperométrico basado en nanopartículas de óxido de cobre

Presentación Póster

K. Olguin Contreras¹, D. Hernández Ramírez², A. Castañeda Ovando¹, C. A. Galán Vidal¹, M. Franco Guzmán³, G. A. Álvarez Romero^{1*}

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Química, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Col. Carboneras, Mineral de la Reforma, Hgo, México. C.P. 42184.

² Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Área Académica de Química. Avenida Universidad No.1, Nanchital, Veracruz, México. C.P. 96360

³ Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de Materiales, Área de Ingeniería de Materiales, Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México. C.P. 02200

E-mail: giaan@uaeh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las aflatoxinas (AF) son micotoxinas producidas por hongos del género *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus* principalmente, conocidas por su alta toxicidad y carcinogenicidad en humanos y animales, especialmente las variantes B1, B2, G1 y G2.¹

La AFB1 es la más prevalente y peligrosa en alimentos contaminados, siendo crucial su detección precisa y rápida. Métodos tradicionales como HPLC² son precisos pero costosos y lentos. En contraste, los métodos electroquímicos como las voltamperometrías han demostrado ser alternativas de menor costo con alta sensibilidad, selectividad y rapidez³. El uso de sensores electroquímicos no enzimáticos basados en materiales inertes como las nanopartículas (NPs) de óxidos metálicos destacan por su robustez y estabilidad, facilitando su aplicación en la determinación de Aflatoxina B1.

2. METODOLOGÍA

Todos los experimentos se realizaron en una celda electroquímica convencional para tres electrodos. Por VC se evaluó el comportamiento electroquímico del sensor propuesto, un electrodo de pasta de carbono modificado con NPS-CuO en presencia y ausencia de AFB1 a pH alcalinos, de igual manera, se realizó la optimización de parámetros como: el pH, el % de CuO en el EPC y la velocidad de barrido. Se realizó un estudio de los procesos electroquímicos sobre la superficie del electrodo de trabajo. La metodología incluyó la construcción de una curva de calibración (con estándares de AFB1) para determinar LQ Y LD. Para validar la metodología, se realizaron análisis en muestras reales de maíz, cacahuete y leche.

3. RESULTADOS

Respecto la caracterización electroquímica del DMC (plantilla dummy de AFB1) usando el sensor Nps-CuO/EPC a pH 12, se observó una onda anódica intensa asociada a la oxidación de Cu^{2+} a Cu^{3+} presente en el CuO sobre la superficie del EPC, al momento de agregar DMC al sistema se observó una pasivación de la señal analítica, la cual asociamos directamente a la concentración de DMC presente en el sistema. La ecuación de regresión lineal encontrada en la curva de calibración con la metodología propuesta fue $y = 1.0067 [\text{AFB1}] + 17.275$. Se obtuvieron valores de LD Y LQ de 8.023 ng L⁻¹ y 26.74 ng L⁻¹ respectivamente.

4. CONCLUSIONES

La metodología propuesta presentó linealidad, alta sensibilidad, bajos límites de detección y cuantificación, además permitió la detección y cuantificación de AFB1 en muestras de maíz cacahuete y leche con porcentajes de recuperación cercanos al 100%.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Carvajal, *TIP*, **16**, 109, (2013).
- [2] Y. Xiong, K. Pei, Y. Wu, H. Duan, W. Lai, y Y. Xiong. *Sensors and Actuators B: Chemical*, **267**, 320, (2018).
- [3] L. Á González Aguilar, G. A. Álvarez Romero, A. Castañeda Ovando, B. Chávez Flores, S. Hernández León, & M. Franco Guzmán, *Revista Tendencias e Docencia e Investigación en Química*, (2022).

EA-P08 Estudio electroquímico de interacción de SDS con dimetridazol para su cuantificación en agua

Presentación Póster

C.A. Rivera-Villegas¹, A.O. Gómez-Dávila¹, D. S. Guzmán-Hernández^{2*}, J. Juárez-Gómez¹, M. Palomar-Pardavé³, S. Corona-Avendaño³, M. T Ramírez Silva¹

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

² CONAHCYT-Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, CP 09340, CDMX, México.

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

*E-mail: dsguzman@conacyt.mx

1. INTRODUCCIÓN

El dimetridazol (DMZ) es un potencial agente antimicrobiano que es utilizado contra organismos anaeróbicos y protozoos que afectan la producción de aves de corral. [1]. El dodecil sulfato de sodio (SDS) es una molécula surfactante con la capacidad de formar micelas [2]. Por lo que en este trabajo se presenta el estudio de la interacción de SDS con DMZ mediante voltamperometría cíclica (VC) y de diferencial de pulso (VDP) sobre un electrodo de pasta de carbono (EPC), con la finalidad de mejorar los parámetros de desempeño analítico de cuantificación de DMZ en medio acuoso.

2. METODOLOGÍA

Todos los reactivos son de grado analítico: DMZ (sigma-aldrich), SDS (sigma-aldrich). Se utilizó un potenciostato Épsilon Bassi con una celda electroquímica convencional de tres electrodos: electrodo de trabajo un EPC, contra electrodo un alambre de platino y un electrodo de referencia Ag/AgCl (sat).

3. RESULTADOS

Se caracterizó a pH 1 DMZ sobre un EPC donde presenta un potencial de pico catódico en -0.43 V y se determina que la transferencia de carga se lleva a cabo mediante un proceso difusivo. Se propone el uso SDS para la formación de micelas entorno al DMZ y se encuentra la concentración micelar crítica en 1.2 mM, además se demuestra que cambia la transferencia de carga hacia el EPC siendo adsorptiva-difusiva. En presencia de SDS el pico catódico de DMZ se presenta

en -0.27 V y la corriente de pico catódico incrementa cien veces, ver figura 1.

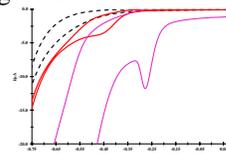


Figura 1. VC sobre un EPC vs Ag/AgCl (sat) / DMZ 282 μM , en línea continua roja sin SDS, línea continua rosa con SDS 2.7 mM y marcador pH 1.

Mediante VDP se determinan los parámetros de desempeño analítico de cuantificación de DMZ en presencia y ausencia de SDS, ver tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de desempeño analítico de cuantificación de DMZ en ausencia y presencia de SDS.

Método	Sensibilidad ($\mu\text{A}\mu\text{M}^{-1}$)	LD (μM)	LC (μM)
VDP/EPC	0.0686 ± 0.0029	21 ± 12	71 ± 41
VDP/EPD con SDS	0.411 ± 0.020	1.65 ± 0.70	5.48 ± 0.61

4. CONCLUSIONES

Se determina que la transferencia de carga al EPC en presencia de SDS se lleva a cabo mediante un proceso mixto (difusión-adsorción) y se obtienen los parámetros de desempeño analítico de cuantificación.

5. REFERENCIAS

- [1] A. B. A. Boxall, L. Fogg, P. A. Blackwell, P. Kay, E. J. Pemberton. Review of Veterinary Medicines in the Environment. Technical Report P6-012/8/TR. 20-262 (2002).
- [2] D. H. Boal, *Mecánica de la Célula*, p. 25 Universidad de Cambridge Press, Reino Unido, (2012)

EA-P09 Estudio sobre la electrooxidación de la glucosa usando electrodos modificados de carbono vítreo/cobre con óxidos de cobre

Presentación Póster

V. H. Gómez García¹, J. C. Aguilar Cordero¹

¹Departamento de Química Analítica, Facultad de Química UNAM.

E-mail: victorgomezg000@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La Federación Internacional de la Diabetes (IDF) estima que para el año 2040 el número de personas que padecerá esta enfermedad ascenderá a 642 millones [1]. Por tal motivo, el monitoreo y la detección eficaz de glucosa en sangre u otros fluidos corporales se ha vuelto una preocupación y a su vez un desafío para la comunidad científica. Las nuevas investigaciones apuntan a prescindir de los métodos enzimáticos y en su lugar utilizar nanoestructuras que permitan la detección de este azúcar [2].

En el caso de los materiales de cobre, el mecanismo de reacción en la oxidación de la glucosa no es del todo claro. Hasta el momento se ha aceptado ampliamente la idea de la presencia de especies de Cu(III) como oxidantes. Sin embargo, Barragan y col. [3] indican que la naturaleza semiconductor del CuO junto con la formación de radicales son la razón de la electrocatálisis. Por tal motivo, se plantea la formación de radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$), dadas las condiciones de reacción, en la oxidación de este azúcar. Los estudios realizados con DMSO como trampa de radicales, indican que existe una relación inversamente proporcional entre la cantidad de DMSO que se añade y la corriente de oxidación de la glucosa, lo que parece indicar que efectivamente la presencia de $\bullet\text{OH}$ es fundamental en el proceso catalítico.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de partículas de óxido de cobre sobre electrodos de carbono vítreo se llevó a cabo utilizando una disolución 0.025 M de $\text{CuNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ y $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ 0.5 M a pH 8.2. Para realizar el depósito se empleó la técnica de cronoamperometría de pulsos, con un potencial inicial de 0.9 V a un potencial final de 1.2 V durante 300 s. Un electrodo de Ag/AgCl ($E^\circ = 0.22$ V vs ENH) y una barra de grafito se emplearon como electrodos de referencia y contraelectrodo, respectivamente. Posteriormente se evaluó la respuesta en disoluciones 1 mM de glucosa en NaOH 0.1 M con los electrodos modificados mediante

voltamperometría de barrido lineal (LSV). Para finalizar, se hicieron adiciones de DMSO a la celda electroquímica para observar cómo variaba la corriente a diferentes concentraciones de este compuesto.

3. RESULTADOS

La condición óptima para el depósito de CuO fue un potencial de 1.2 V vs. Ag/AgCl. Los resultados empleando los electrodos modificados al ir agregando alícuotas de DMSO se muestran en la Figura 1.

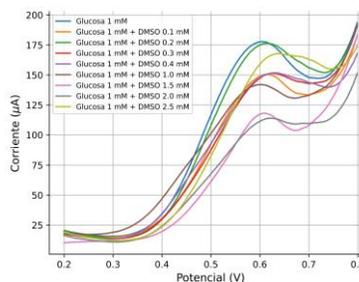


Figura 1. LSV a diferentes concentraciones de DMSO.

4. CONCLUSIONES

Los resultados preliminares indican que el DMSO reacciona con los radicales $\bullet\text{OH}$ planteados en un inicio, lo que implica que su participación en el mecanismo de oxidación de glucosa es clave.

5. REFERENCIAS

- [1] D. Hawang, S. Lee, M. Seo, T. Chung, *Analytica Chimica Acta*, **1033**, 1, (2018).
- [2] U. Silva, J. Velásquez-Reales, P. Chávez, J. Cordero, *International Journal of Electrochemical Science*, **17**, 1, (2022).
- [3] J. Barragan, S. Kogikoski, E. Da Silva, L. Kubota, *Analytical Chemistry*, **90**, 3357, (2018).

EA-P10 La espectroscopia Raman como herramienta para el análisis de materiales carbonosos empleados en fabricación de electrodos

Presentación Póster

Mendoza Figueroa J.S.^{1*}, Rojas Castillo G.J.¹, Ramos Sánchez G.¹

¹ Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa

E-mail: silvestre.mendoza.figueroa@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La espectroscopia Raman es una técnica analítica que permite la energía de vibración de los enlaces moleculares arrojando información sobre la estructura de materiales. Los materiales carbonosos son utilizados en la fabricación de ánodos en baterías ion Na, uno de los requerimientos a estudiar durante la obtención de estos materiales es la evaluación del grado de defectos en la estructura del carbón, arrojado datos sobre la estructura amorfa de este [1]. En los materiales carbonosos anódicos se requiere que el material carbonoso presente un alto grado de desorden para que permita una intercalación eficiente de iones sodio. El espectro Raman de los materiales carbonosos permite de manera sencilla determinar el grado de defectos y además observar los efectos en la estructura de este material cuando interactúa con iones y otros componentes [2]. En este trabajo se propone el uso de la espectroscopia Raman como método sensible para estudiar estructura de materiales carbonosos con potencial de uso en fabricación de electrodos a partir de materiales orgánicos revalorizados como el sargazo, además de establecer la técnica como método de estudio de mecanismo de intercalación de iones Na en estos materiales. [1,2].

2. METODOLOGÍA

A partir de sargazo seco se procedió a realizar la pirólisis del material a distintas temperaturas y posteriormente se obtuvieron los espectros Raman de los diferentes materiales carbonosos. Dichos materiales fueron utilizados para fabricación de ánodos y se caracterizó su respuesta electroquímica, posteriormente se realizó un análisis Raman in situ de la celda electroquímica para observar la modificación del material carbonoso por efecto de intercalación de iones.

3. RESULTADOS

Se obtuvieron materiales carbonosos a partir de

pirólisis a 500, 600 y 800 °C, posteriormente se obtuvieron los espectros Raman de dichos materiales y se realizó un análisis de la intensidad de bandas D y G, arrojando que el material carbonoso obtenido a 800°C presenta una relación de intensidades ID/IG= 1.18 (figura 1), dicho índice es cercano al encontrado en el carbón duro (ID/IG= 1.20) comúnmente usado en la fabricación de ánodos. En la actualidad se encuentra caracterizando la respuesta electroquímica de dicho material y su caracterización por espectroscopia Raman in situ para observar los fenómenos de intercalación de iones en el material obtenido.

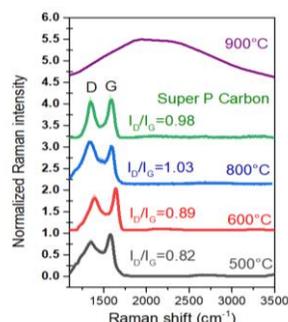


Figura 1. Espectros Raman de materiales carbonosos obtenidos a diferentes condiciones de pirólisis.

4. CONCLUSIONES

La espectroscopia Raman es una herramienta útil para monitorear la fabricación de materiales carbonosos con potencial de uso en fabricación de ánodos, además de facilitar el análisis de mecanismo de intercalación de iones.

5. REFERENCIAS

- [1] F.N. Shafiee, et al., *Heliyon*, **10**, e29512, (2024).
[2] V.B. Mohan, et al., *Advance Materials Letters*, **7**, 421, (2016).

EA-P11 Desarrollo de un inmunosensor electroquímico basado en sustratos de aluminio decorados con nanotubos de carbono y dendrímeros poliamidoamina, para la detección de troponina I cardíaca

Presentación Póster

L. S. Cahuantzi¹, M. A. González Fuentes², A. Méndez Albores*¹

¹Posgrado en Ciencias Ambientales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

²Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

E-mail: alia.mendez@correo.buap.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades cardiovasculares (ECVs) constituyen la principal causa de mortalidad a nivel mundial, por lo que un diagnóstico e intervención médica oportuna incrementa el pronóstico de vida de las personas. La troponina I cardíaca (cTnI), es considerada el biomarcador de oro, sin embargo, la mayoría de metodologías de cuantificación de cTnI presentan protocolos de uso complejos, utilizan reactivos costosos y consumen mucho tiempo. [1]. Es por ello que los inmunosensores electroquímicos (IE) se han convertido en una excelente alternativa debido a la posibilidad de una medición en tiempo real, robusta, rápida y eficiente. En este trabajo, se plantea el desarrollo de un IE para la detección de cTnI utilizando como sustrato de captura Al decorado con nanotubos de carbono de pared múltiple (MWCNTs) y dendrímeros PAMAM-NH₂, con anclaje de anticuerpo monoclonal anti-troponina I cardíaca (AN-cTnI).

2. METODOLOGÍA

Placas de aluminio fueron decoradas con MWCNTs por el método electroforético y luego modificadas con dendrímeros PAMAM-NH₂ mediante *electrografting*. Posteriormente se inmovilizó AN-cTnI mediante la química EDC/NHS. La siguiente etapa consistió en añadir albúmina de suero bovino (BSA) a los electrodos con la finalidad de bloquear sitios activos que no reaccionaron en la etapa anterior. Finalmente, se incubó el electrodo modificado en una disolución del biomarcador y se analizó el comportamiento del electrodo por voltamperometría de pulso diferencial (DPV) empleando K₃[Fe(CN)₆] como sonda redox.

3. RESULTADOS

En la Fig. 1 se muestran las DPVs obtenidas sobre el inmunosensor, con diferentes concentraciones de

cTnI. Se observa que la corriente de pico disminuye conforme aumenta la concentración de cTnI, lo cual indica la formación del inmunocomplejo (antígeno-anticuerpo) y que el electrodo modificado responde a la presencia del biomarcador.

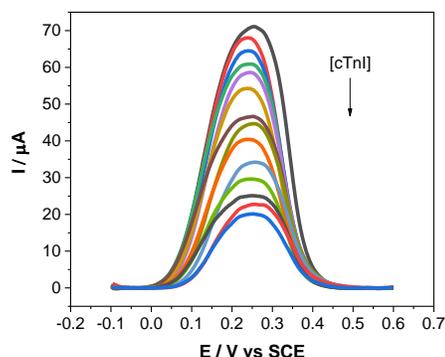


Figura 1. Voltametrías de pulso diferencial para la detección de cTnI, sobre sustrato de Al/MWCNTs-PAMAM-NH₂-AN-cTnI-BSA, utilizando K₃[Fe(CN)₆] 5mM.

A partir de los datos de la Fig. 1, se construyó la curva de calibración de ΔI vs Log [cTnI] (no mostrada), donde ΔI corresponde a la diferencia entre la corriente de pico en ausencia de cTnI y la obtenida con cada concentración de la misma. En la región de [cTnI] comprendida de 5 a 50 ng mL⁻¹, se obtuvo un límite de detección de 0.015 ng mL⁻¹.

4. CONCLUSIONES

Se modificaron electrodos de Al con MWCNTs, dendrímeros PAMAM-NH₂ anticuerpos de cTnI. Se encontró que el electrodo modificado es sensible a la concentración de cTnI, con un LOD de 0.015 ng mL⁻¹, por lo que es un buen candidato para emplearse en la detección y cuantificación de este biomarcador.

5. REFERENCIAS

[1] Reyes-Retana, J. A., Duque-Ossa, L. C. *Current problems in cardiology*, 46, 100739 (2021).

EA-P12 Modificación de electrodos de grafeno inducido por láser con concanavalina A para la determinación de Holo-transferrina

Presentación Póster

A. J. Hernández-Martínez¹ & J. C. Aguilar-Cordero¹

¹UNAM, Ciudad Universitaria. Facultad de Química, Departamento de Química Analítica.

E-mail: alfredocation@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La transferrina es una glicoproteína encargada del transporte del hierro en el cuerpo, cuantificación de esta en el suero puede usarse para caracterizar desórdenes principalmente inflamatorios, como los que se presentan durante cuadros de COVID-19 [1], también es útil en el diagnóstico de enfermedades hepáticas [2]. La concanavalina A (ConA) es parte de una familia de proteínas llamadas lectinas, que tienen la capacidad de identificar glicoproteínas. Los electrodos de grafeno inducido por láser (LIG) se obtienen de la carbonización de un polímero -que frecuentemente es una poliimida- mediante un láser. Se ha reportado el uso de electrodos LIG en biosensores [3] por lo que los hace una alternativa muy atractiva en esta investigación.

2. METODOLOGÍA

El sustrato es una cinta adhesiva de poliimida (cinta Kapton), pegada sobre un trozo de hoja de acetato. Los electrodos se caracterizan mediante espectroscopia de impedancia electroquímica y voltamperometría cíclica.

Para fijar la Concanavalina A en la superficie se realiza una activación de los grupos carboxilo de electrodo con *N*-(3-dimetilaminopropilo)-*N'*-etilcarbodiimida y *N*-hidroxisuccinimida, luego se sumergen en una disolución de Concanavalina A (ConA) para posteriormente se exponer a una disolución con albumina de suero bovino.

Se exponen los electrodos a las disoluciones de Holo-transferrina en periodos de 30 min. Se evalúa la actividad mediante espectroscopia de impedancia electroquímica.

3. RESULTADOS

Ajustando los datos obtenidos de resistencia a la transferencia de carga de los diagramas de la figura 1 a una isoterma de Langmuir, resulta que el valor de K_d (constante de disociación de la interacción

ConA/Holo-TFR) es de 50 nM, resultando ser 50 veces más alta que la reportada en estudios ELISA [5], pero dentro del intervalo de constantes de unión específica de proteínas.

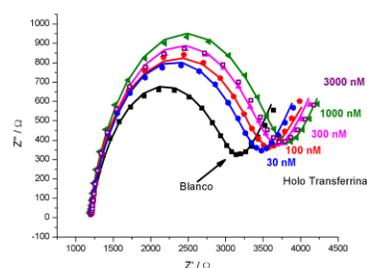


Figura 1. Diagramas de Nyquist de un electrodo LIG modificado con ConA en una disolución de hexacianoferrato(II/III) en buffer PBS expuesto a disoluciones de Holo-TFR en periodos de 30 min.

4. CONCLUSIONES

Se consiguió producir electrodos de grafeno inducido por láser cuyas propiedades electroquímicas coinciden con lo reportado en la literatura. Los electrodos modificados con Concanavalina A mostraron tener actividad frente a Holo-TFR. Se determinó que la constante del equilibrio de disociación ConA/Holo-TFR es 50 nM.

5. REFERENCIAS

- [1] C. Claise, J. Saleh, M. Rezek, S. Vaultont, C. Peyssonnaud, & M. Edeas. *International Journal of Infectious Diseases*, **116**, 74. (2022).
- [2] H. Saito. *Nagoya Journal of Medical Science*, **76**(3-4), 235. (2014).
- [3] Z. Wan, N. T. Nguyen, y. Gao, & Q. Li. *Sustainable Materials and Technologies*, **25**, e00205. (2020).
- [5] D. Mislovičová, J. Katrlík, E. Paulovičová, P. Gemeiner, & J. Tkac. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **94**, 163. (2012).

EA-P13 Estudio de acetaminofén con nanopartículas de oro electrodepositadas sobre un electrodo de pasta de carbono en medio acuoso

Presentación Póster

S. E. Luna-Torres¹, D. S. Guzmán-Hernández^{2*}, J. Juárez-Gómez¹, M. Palomar-Pardavé³, M. Romero-Romo³, M. T. Ramírez Silva¹

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

² CONAHCYT-Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, CP 09340, CDMX, México.

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

*E-mail: dsguzman@conacyt.mx

1. INTRODUCCIÓN

El acetaminofén (ACT) es un analgésico capaz de degradarse en diversos metabolitos, como derivados aromáticos o ácidos orgánicos. Algunos de ellos, como hidroquinona y benzoquinona, son tóxicos para seres humanos y otros organismos [1]. Es por ello que se han reportado diversas metodologías para su cuantificación en medio acuoso; en este trabajo se propone el estudio de acetaminofén (ACT) por voltamperometría cíclica (VC), utilizando un electrodo de pasta de carbono (EPC) modificado con nanopartículas de oro (EPC-nAu) para su cuantificación en agua.

2. METODOLOGÍA

ACT reactivo de grado analítico Sigma-Aldrich. Se utilizó un potenciostato IVIUM CompactStat con una celda electroquímica de tres electrodos: electrodo de trabajo EPC, un alambre de platino como contra electrodo y un electrodo de referencia Ag/AgCl (sat).

3. RESULTADOS

Se llevó a cabo la modificación del EPC mediante electrodeposición de nanopartículas de oro en un solvente eutéctico profundo Reline [2]. En la Figura 1 se observa el VC a pH 7 de ACT sobre un EPC (línea negra) comparado con el VC de ACT sobre un EPC-nAu (línea roja) y se presenta un desplazamiento de potencial para el pico anódico. Mediante un estudio de velocidades de barrido de potencial se determinó la transferencia de carga hacia el EPC y EPC-nAu. Se cuantificó ACT sobre el EPC y EPC-nAu. Los parámetros de desempeño analítico muestran una mejora en la sensibilidad usando el EPC-nAu.

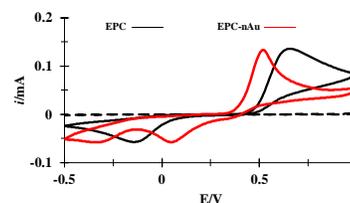


Figura 1. VC's de ACT μM sobre EPC vs Ag/AgCl (línea negra) y sobre un EPC-nAu (línea roja).

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

Método	Sensibilidad ($\text{mA}\cdot\text{mM}^{-1}$)	LD (mM)	LC (mM)
VC/EPC	(0.034 ± 0.001)	(0.173 ± 0.003)	(0.576 ± 0.003)
VC/EPC-nAu	(0.089 ± 0.003)	(0.164 ± 0.007)	(0.545 ± 0.007)

4. CONCLUSIONES

Se cuantificó ACT mediante VC a pH 7 en medio acuoso y se determinó que la transferencia de carga al EPC se lleva a cabo mediante un proceso adsorptivo y para el EPC-nAu mediante un proceso difusivo. Se observa una mejora en la sensibilidad usando EPC-nAu

5. REFERENCIAS

- [1] H. N. P. Vo, G. K. Le, T. M. H. Nguyen, X. T. Bui, K. H. Nguyen, E. R. Rene, R. Mohan, *Chemosphere*, 236, 12439, (2019).
- [2] E. Godoy-Colina, S. Corona-Avenidaño, M. Romero-Romo, J. Aldana González, A. López-Yañez, M. T. Ramírez Silva, M. Palomar-Pardavé, *ECS Transactions*, 110, 325, (2023).

EA-P14 Caracterización electroquímica de Bisfenol E para su detección en aguas

Presentación Póster

E. García-Reyes¹, A. Morales-Martínez¹, D. S. Guzmán-Hernández^{2*}, J. Juárez-Gómez¹, M. Palomar-Pardavé³, S. Corona-Avendaño³, M. T Ramírez-Silva¹

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

² CONAHCYT-Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Departamento de Química, Av. San Rafael Atlixco #186, Col. Vicentina, CP 09340, CDMX, México.

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

*E-mail: dsguzman@conacyt.mx

1. INTRODUCCIÓN

El bisfenol E (BE) (bis (4-hidroxifenil) etano, es una sustancia química disruptora endócrina que puede detectarse en el agua potable, lo que presenta riesgos para la salud humana y el medio ambiente [1].

En este trabajo se presenta la caracterización electroquímica de BE por medio de voltamperometría cíclica (VC), utilizando un electrodo de trabajo de pasta de carbono (EPC) para su detección en aguas potables.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó BE de grado analítico Sigma-Aldrich y un potenciostato Epsilon BASi con una celda electroquímica de tres electrodos: electrodo de trabajo EPC, contraelectrodo alambre de platino platinado y electrodo de referencia de Ag/AgCl sat.

3. RESULTADOS

Se caracterizó BE a diferentes valores de pH por medio de VC. En la figura 1 se aprecia que conforme el pH aumenta el potencial de pico anódico disminuye y determinó la transferencia de carga hacia el EPC; así mismo se determinaron los parámetros de desempeño analítico de cuantificación a pH 4.

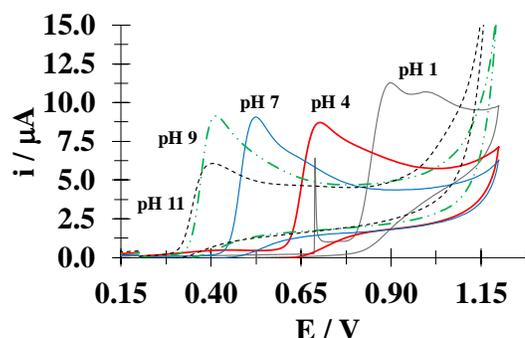


Figura 1. Familia de VC's sobre un EPC vs Ag/AgCl (sat) para BE 19.76 μM a diferentes valores de pH mostrados en la figura.

Tabla 1. Parámetros de desempeño analítico de cuantificación de BE.

Método	Sensibilidad ($\mu\text{A}\cdot\mu\text{M}^{-1}$)	LD (μM)	LC (μM)
VC/EPC	(0.0367 ± 0.0006)	(15.56 ± 5.85)	(51.87 ± 18.32)

4. CONCLUSIONES

Se caracteriza BE mediante VC a diferentes valores de pH en medio acuoso y se determina que la transferencia de carga al EPC se lleva a cabo mediante un proceso difusivo y se obtienen los parámetros de desempeño analítico de cuantificación.

5. REFERENCIAS

[1] B. Tian, N. Wu, X. Pan, Z. Wang, C. Yan, V. Sharma, R. Qu. *Water Research*, **210**, (2022).

EA-P15 Cuantificación electroquímica simultánea de diclofenaco, paracetamol, piridoxina y cafeína en muestras farmacéuticas usando una red neuronal artificial

Presentación Póster

M Franco Guzmán^{1*}, M A Romero Romo^{1*}, M del Valle², M E Palomar Pardavé¹, J A Cobos Murcia³, G A Álvarez Romero⁴

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Departamento de materiales, Área de Ingeniería de Materiales. A. San Pablo 180, Delegación Azcapotzalco, Ciudad de México. C.P. 02200. México.

²Universidad Autónoma de Barcelona, Departamento de Química, Unidad de Química Analítica, Bellaterra, Barcelona. C.P. 08193. España.

³Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5. Mineral de la Reforma, Hidalgo, C.P. 42184. México.

⁴Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Química. Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5. Mineral de la Reforma, Hidalgo, C.P. 42184. México.

E-mail: francoguzmanm@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El diclofenaco es uno de los AINEs de mayor consumo a nivel mundial que se puede encontrar en medicamentos solo o acompañado de otros AINEs o sustancias para potenciar su efecto [1]. En la actualidad existen diversas técnicas que permiten cuantificarlo en diversas matrices. Sin embargo, se sigue trabajando en desarrollar metodologías que permitan cuantificarlo de manera simultánea con otras especies presentes en las muestras, ya que la mayoría de la veces existe un efecto de interferencia entre ellas[2]. Es por ello, que en este trabajo se presenta el desarrollo de una metodología voltamperométrica acoplada al uso de redes neuronales artificiales para la cuantificación simultánea, exacta y precisa de diclofenaco, paracetamol, piridoxina y cafeína en muestras farmacéuticas.

2. METODOLOGÍA

Primero se estudió el perfil electroquímico del diclofenaco, paracetamol, piridoxina y cafeína de forma individual y juntos. Posteriormente se construyó una matriz de experimentos que incluye estándares y muestras farmacéuticas mediante un diseño factorial completo (3^4) y se realizaron los experimentos aplicando Voltamperometría de Pulso Diferencial. Finalmente se introdujeron los datos al módulo de la Red Neuronal Artificial y se buscaron las funciones, algoritmo y parámetros de entrenamiento que permitieran tener el mejor ajuste entre los datos esperados y los obtenidos para las etapas de entrenamiento y prueba para cada analito.

3. RESULTADOS

Se evaluó el perfil electroquímico de las sustancias de interés y se obtuvo la matriz de los voltamperogramas para el entrenamiento de la red. Hasta el momento las funciones Purelin y Tansig para la capa oculta y el algoritmo de entrenamiento Levenberg-Marquardt son los que mejores valores de R han arrojado para el entrenamiento y la prueba de los cuatro analitos estudiados.

4. CONCLUSIONES

La cuantificación simultánea de los cuatro analitos hasta ahora parece ser posible usando la metodología planteada. Sin embargo, tenemos que seguir trabajando para mejorar los valores de R y obtener buenos porcentajes de recuperación en la validación.

5. REFERENCIAS

- [1] V. Chumpitaz-Cerrate, J. Sánchez-Huamaní, L. Chávez-Rimache, Y. Castro-Rodríguez, C. Franco-Quino, *Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial*, **41**, 68, (2019).
- [2] G.Y. Aguilar-Lira, J.E. López-Barriguete, P. Hernandez, G.A. Álvarez-Romero, J.M. Gutiérrez, *Sensors*, **23**, 421, (2023).

EA-P16 Determinación de paroxetina utilizando electrodos de pasta de carbono modificados con nanopartículas de oro

Presentación Póster

S. I. Rivera-Hernández^a, J. I. Aldana-González^a, S. Corona-Avendaño^a, D. Hernández-Pérez, M. E. Palomar-Pardavé^a, M. A. Romero-Romo^a,

^a Área Ingeniería de Materiales. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Av San Pablo Xalpa 180, San Martín Xochinahuac, Azcapotzalco, 02128 Ciudad de México, CDMX.

Correo: jia@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los trastornos mentales año con año incrementan debido a diferentes factores como: biológicos, globales, sociales, e incluso genéticos, por lo que, cada vez es más común que la población ingiera fármacos para tratar los diferentes padecimientos, como ansiedad, depresión, trastornos de la conducta alimentaria y las neurodivergencias. Los fármacos que se prescriben suelen ser benzodiazepinas o Inhibidores Selectivos a la Recaptación de la Serotonina (ISRS), este último grupo se destaca, porque, presentan una menor cantidad de efectos secundarios, sin embargo, dado que el consumo aumenta, su desecho por vía urinaria y por mal manejo de los fármacos también se ve incrementado, por lo que, se consideran contaminantes emergentes [1]. Por ello, es fundamental contar con métodos de cuantificación robustos, como lo son las técnicas electroquímicas, ya que, presentan ventajas como el uso de diferentes electrodos de trabajo, siendo uno de los más utilizados los electrodos de pasta de carbono (EPC) que pueden ser modificados en su superficie con facilidad con distintos materiales, como las nanopartículas metálicas, que pueden ser sintetizadas vía electroquímica, empleando como medio a los disolventes eutécticos profundos (DES) [2].

2. METODOLOGÍA

Los experimentos electroquímicos se llevaron a cabo, utilizando un potenciostato/galvanostato BIOLOGIC SP-300 EC-Lab Empleando como celda electroquímica, un contraelectrodo de grafito, un electrodo de referencia de Ag/AgCl sat y un EPC modificado con nanopartículas de oro.

3. RESULTADOS

En la Figura 1, se muestra el perfil electroquímico de la paroxetina, en donde, al realizar el barrido en sentido

anódico a una velocidad de barrido de 20 mv/ s, se observa en 0.98 V, un pico anódico, asociado a la oxidación del grupo alquilbenceno a quinona con la transferencia de 2 electrones, al invertir el sentido del barrido no se observaron señales catódicas, por lo que se establece que el proceso electroquímico es no reversible.

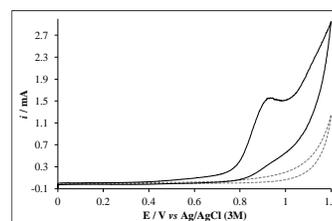


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos para los sistemas: [0.1 M PBS]/EPC (---) y [0.1 M PBS/0.05 mM Paroxetina], pH=7.0.

4. CONCLUSIONES

Es posible la modificación de la superficie del EPC con nanopartículas de oro obtenidas vía electroquímica empleando DES y con el EPC es viable la determinación y cuantificación de la paroxetina.

5. REFERENCIAS

1. G. E. Barbosa Eyler, *Vertex Revista Argentina de Psiquiatría*, Vol. 34, No. 161, p. 61-66, 2023
2. J. Juárez-Gómez, M.T., Ramírez-Silva, D. S. Guzmán-Hernández, M. Romero-Romo, M. E. Palomar-Pardavé. "Food Chemistry", Vol. 332, No. 1, 127409

EA-P17 Determinación electroquímica de extractos fenólicos extraídos de *Justicia spicigera* utilizando electrodos de carbono modificados

Presentación Póster

S. I. Rivera-Hernández^a, J. I. Aldana-González^a, S. Corona-Avenidaño^a, D. Hernández-Pérez, M. E. Palomar.Pardavé^a, M. A. Romero-Romo^a,

^a Área Ingeniería de Materiales. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Av San Pablo Xalpa 180, San Martín Xochinahuac, Azcapotzalco, 02128 Ciudad de México, CDMX.

Correo: jiag@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La población mexicana ha utilizado por siglos a la medicina tradicional, ya que, a los compuestos de origen natural se le atribuyen diversas propiedades; una de las especies más empleadas ha sido el muicle (*Justicia spicigera*), que es un arbusto nativo de México y Centroamérica de hojas perennes con flores naranjas tubulares y que se suele consumir en forma de infusión para el tratamiento de enfermedades como la diarrea e hipertensión. El problema de la herbolaria radica en que los compuestos no se encuentran purificados y aislados, por lo que, se podrían presentar efectos secundarios, por ello es de suma importancia identificar y cuantificar los componentes del arbusto. En la literatura se ha encontrado, que, debido a la actividad antioxidante del muicle, puede ser útil en el tratamiento de enfermedades como la diabetes, cáncer, crisis convulsivas, ansiedad, además de poseer efectos inmunomoduladores [1]. Dentro de los compuestos fenólicos que se encuentran en el muicle destaca la kaempferitrina, que pertenece a los flavonoides. Los flavonoides pueden oxidarse, por lo que es posible su cuantificación en extractos por medio del uso de los métodos electroquímicos, ya que, son técnicas robustas y que permite el uso de una gran variedad de electrodos de trabajo, en donde destacan por uso, los de materiales carbonáceos, como el de carbón vítreo y los electrodos de pasta de carbono (EPC) [2], que pueden ser modificados en su superficie con facilidad con diferentes materiales, como polímeros conductores, o nanomateriales como los nanotubos de carbono o las nanopartículas metálicas, y estos materiales pueden ser obtenidos vía electroquímica representando una ventaja más, por lo que, en este trabajo se presenta la determinación y cuantificación de extractos fenólicos obtenidos a partir del muicle.

2. METODOLOGÍA

Los experimentos electroquímicos se llevaron a cabo, utilizando un potenciostato/galvanostato BIOLOGIC SP-300 EC-Lab Empleando como celda electroquímica, un contraelectrodo de grafito, un electrodo de referencia de Ag/AgCl sat y un EPC modificado con nanopartículas de oro.

3. RESULTADOS

Se obtuvieron extractos acuosos y en Disolventes Eutécticos Profundos y se realizó el barrido en sentido anódico, en donde se observó un pico de oxidación, el cual se asocia a la oxidación del grupo dihidroxi a quinonas con la transferencia de dos electrones.

4. CONCLUSIONES

Por medio del uso de los electrodos de carbono es posible la determinación y cuantificación de extractos fenólicos obtenidos en medio acuoso y disolventes eutécticos profundos.

5. REFERENCIAS

1. D. Naróg, A. Sobkowiak *Molecules*. 2023 Nov 16;28(22):7618. doi: 10.3390/molecules28227618. PMID: 38005343; PMCID: PMC10674230
2. J. Juárez-Gómez, M.T., Ramírez-Silva, D. S. Guzmán-Hernández, M. Romero-Romo, M. E. Palomar-Pardavé. "*Food Chemistry*", Vol. 332, No. 1, 127409

EA-P18 Sensor electroquímico multianalítico de metales pesados en agua

Presentación **Póster**

O. Rivas Hernández,¹ C. Silva Carrillo^{1*}, E. A. Reynoso Soto^{2*}, R. M. Félix Navarro,² M. del Pilar Haro,¹
J. E. Castillo Quiñones¹

¹Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería/ Universidad Autónoma de Baja California, CP22390,
Tijuana, México

²Centro de Graduados e Investigación en Química/ Instituto Tecnológico de Tijuana / Tecnológico
Nacional de México, CP 22430, Tijuana, México

E-mail: carolina.silva.carrillo@uabc.edu.mx, edgar.reynoso@tectijuana.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua es un grave problema en la región, ya que no cumplen con los límites permisibles, esto incluye a los metales pesados que son sumamente nocivos para los seres vivos [1]. Diversas técnicas analíticas son empleadas para la determinación de metales pesados en agua, aunque estos presentan diversas desventajas como; alto costo de equipos, análisis tardado, dificultades en la preparación de muestras, entre otras. [2]. Los sensores electroquímicos de nanoestructuras de dióxido de titanio (NT-TiO₂) son una gran opción, por sus ventajas de ser económicos, tiempo de respuesta rápido, límite de detección bajo y alta sensibilidad, además de una alta afinidad por cationes [3].

2. METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis de NT-TiO₂ por vía hidrotermal en un medio alcalino a diferentes concentraciones. El TiO₂ comercial se colocó en un reactor de teflón a 80 °C por 4 horas. Una vez obtenidas las NT-TiO₂ se caracterizaron fisicoquímicamente por DRX, IR y SEM. Para realizar la detección de Cd²⁺, Hg²⁺ y Pb²⁺ en agua se utilizó la voltamperometría de redisolución anódica (VRA).

3. RESULTADOS

Se obtuvieron nanoestructuras de TiO₂ irregulares con fase anatasa, y una gran concentración de oxígeno en la superficie. El NT-TiO₂ mostró una gran sensibilidad y selectividad para la determinación simultánea de Cd²⁺, Pb²⁺ y Hg²⁺ en solución acuosa por VRA como se observa en la Figura 1.

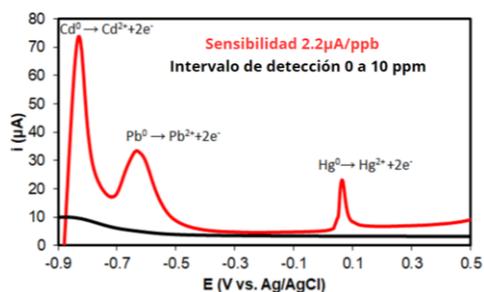


Figura 1. Voltamperometría de redisolución anódica lineal de nanoestructuras de TiO₂ en presencia de Cd(II), Pb(II) y Hg(II).

4. CONCLUSIONES

Se desarrolló un material nanoestructurado de TiO₂ por el método hidrotermal. Se obtuvieron nanoestructuras de TiO₂ con fase anatasa. Estos nanomateriales se utilizaron como sistemas de determinación electroquímica de iones Cd²⁺, Pb²⁺ y Hg²⁺ en agua.

5. REFERENCIAS

- [1] N. Liu, X. Chen, J. Zhang, and J. W. Schwank, *Catalysis Today*, **225**, 34, (2014).
- [2] B. Sharma and S. ta Tyagi, *Journal of Laboratory Chemical Education*, vol. **2013**, 54, (2013).
- [3] J. R. Stetter, W. R. Penrose, and S. Yao, *Journal of The Electrochemical Society*, **150**, S11 (2003)

EA-P19 Diseño de un sistema para la remoción de cadmio, cobre, zinc y plomo en aguas residuales por electrocoagulación

Presentación Póster

C. S. Rubio Coronado¹, F. Martínez Martínez¹, A.G. González Gutiérrez¹

¹Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México

E-mail: clara.rubio0065@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la elevada contaminación de los cuerpos de agua se ha convertido en una problemática ambiental y de salud pública debido al aumento de casos de enfermedades por la presencia de altas concentraciones de metales pesados en el agua de uso doméstico, siendo la industria la principal fuente de contaminación [1,2].

Según el INEGI, durante 2021 tan solo se trató el 40% de las aguas residuales generadas en el país y el resto permaneció como aguas crudas, por otro lado, en Jalisco, durante el 2023 solo el 51.2% de los municipios contaban con el servicio de tratamiento para aguas residuales [3].

2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución estándar de 1 ppm de cadmio, cobre, zinc y plomo y se recolectaron muestras reales del Río Grande Santiago, previo al tratamiento, se determinaron los metales y las concentraciones presentes por medio de polarografía por el método de adición de estándar en el caso de las muestras reales, se midió el pH inicial de ambos tipos de muestra.

La electrocoagulación se llevó a cabo empleando un reactor de Bach con electrodos de aluminio de latas recicladas para el ánodo y electrodos de hierro para el cátodo.

Posterior al tratamiento se midieron nuevamente las concentraciones de los metales y el pH final.

Después del tratamiento se compararon las concentraciones iniciales con las finales para determinar la eficiencia del sistema.

3. RESULTADOS

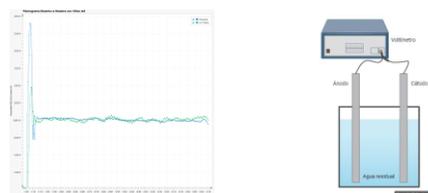


Figura 1. (a) Polarograma de una muestra de agua con 180µL de solución estándar, (b) Arreglo experimental.

La electrocoagulación es un método viable técnico y económico para la remoción de metales presentes en aguas residuales.

4. CONCLUSIONES

Por el método de electrocoagulación fue posible la remoción de los metales de Cd, Zn, Pb y Cu. Los cuales fueron corroborados por el método de polarografía. Así también, se determinaron las condiciones óptimas de remoción considerando el pH, temperatura, potencial y densidad de corriente.

5. REFERENCIAS

- [1] Mendoza-Cano, O.; Sánchez-Piña, R. A.; Barrón-Quintana, J.; Cuevas-Arellano, H. B.; Escalante-Minakata, P.; Solano-Barajas, R. Potential Health Risks from Consumption of Water with Arsenic in Colima, Mexico. *Salud Publica Mex* 2017, 59 (1), 34-40. <https://doi.org/10.21149/8413>.
- [2] Secretaría de Gobernación. Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997; 1997. http://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863357&fecha=14/01/1998&print=true (accessed 2023-10-23).
- [3] Comisión Nacional del Agua. Estadísticas Del Agua En México 2021; México, 2022.

EA-P20 Estudio electroquímico para la cuantificación de acetaminofén utilizando un electrodo base carbono modificado con nanopartículas de oro y ciclodextrina

Presentación Póster

C. I. Tapia-Miranda¹, S. Corona-Avendaño¹, S. I. Rivera-Hernández, M.E Palomar-Pardavé¹, M. A. Romero-Romo¹, M. T. Ramírez-Silva²

¹Área Ingeniería de Materiales. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Av San Pablo Xalpa 180, San Martín Xochinahuac, Azcapotzalco, 02128 Ciudad de México, CDMX.

²Departamento de Química. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Leyes de Reforma 1ra Secc, Iztapalapa, 09340 Ciudad de México, CDMX

E-mail: scav@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El paracetamol, también conocido como acetaminofén, es un tratamiento seguro y efectivo para diversos malestares como fiebre, tos, resfriados, así como dolores musculares, crónicos, de cabeza y de espalda. Por lo general, el uso de este fármaco parece ser seguro cuando se ingiere en dosis terapéuticas adecuadas. Sin embargo, tomar altas dosis de acetaminofén puede ocasionar efectos adversos en el cuerpo, como daño renal y hepático. Además, se ha determinado que, debido a su amplio uso en la actualidad, estos fármacos son considerados como contaminantes químicos emergentes que pueden causar efectos desfavorables en el ecosistema. [1.2]. Bajo este contexto, es extremadamente necesario el desarrollar métodos de detección y cuantificación de dichos fármacos en muestras de fluidos biológicos y muestras ambientales. Ante la necesidad de desarrollar métodos sensibles y eficientes para la detección y cuantificación de este fármaco en muestras biológicas y ambientales, las técnicas electroquímicas ofrecen una alternativa atractiva. A diferencia de las técnicas analíticas convencionales como la cromatografía y la espectrofotometría, las técnicas electroquímicas proporcionan una adquisición rápida de datos, bajos costos de equipo y, en muchos casos, no requieren un pretratamiento de la muestra, lo que simplifica y agiliza el análisis. Por lo que, en este trabajo se presenta el uso de un electrodo de pasta de carbono (EPC) modificado con diferentes materiales para la determinación de acetaminofén.

2. METODOLOGÍA

Para los experimentos electroquímicos se empleó una celda electroquímica típica de tres electrodos, un contraelectrodo de platino, un electrodo de referencia de Ag/AgCl (3 M NaCl) y como electrodo de trabajo un EPC, y se empleó un potenciostato-galvanostato Biologic 300 EC-Lab.

3. RESULTADOS

Se realizó voltamperometría cíclica (VC) para determinar el perfil electroquímico del acetaminofén, para ello se realizó el barrido en sentido anódico en una ventana de potencial de -0.5 a 1.0 V, en donde, en 0.63 V se observa el pico anódico asociado a la oxidación a una quinona con la transferencia de dos electrones, al invertir el sentido del barrido se observa cerca de 0.0 V un pico catódico, en donde la quinona se reduce para obtener nuevamente al acetaminofén. Dada la separación entre ambos picos, se considera que el proceso electroquímico es no reversible. (Figura 1).

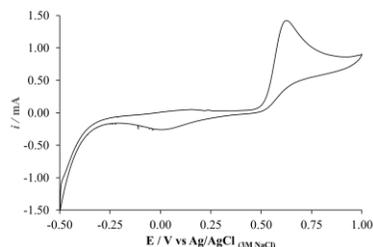


Figura 1. Voltamperograma cíclico para el sistema 0.05 mM acetaminofén/0.1 M NaCl/ EPC. pH 6.0.

4. CONCLUSIONES

Debido a que el acetaminofén presenta actividad electroquímica es posible su determinación vía electroquímica utilizando EPC, los cuales pueden ser modificados con materiales como el grafeno, la ciclodextrina y nanomateriales.

5. REFERENCIAS

- [1] Sathisha, A., & Swamy, B. E. K. (2018). *Anal. Bioanal. Electrochem*, 10, 1437-1448.
- [2] Kang, X., Wang, J., Wu, H., Liu, J., Aksay, I. A., & Lin, Y. (2010). *Talanta*, 81(3), 754-759.

EA-P21 Estudio espectro-electroquímico para determinar la capacidad oxidante de partículas contaminantes PMx

Presentación Póster

S. Corona-Avenidaño^a, S. I. Rivera-Hernández^a, Violeta Mugica-Álvarez^b Fernando Milla^b, M. A. Romero-Romo^a, M.E. Palomar.Pardavé^a

^a Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av San Pablo Xalpa 180, San Martin Xochinahuac, Azcapotzalco, 02128 Ciudad de México, CDMX.

^a Área de Ingeniería de Materiales, Departamento de Materiales.

^b Área de Química Aplicada, Departamento de Ciencias Básicas.

mepp@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Como es bien sabido el incremento en partículas contaminantes ha ido en aumento, debido a la gran cantidad que se emiten a la atmósfera, lo que provoca una mala calidad del aire, ocasionando enfermedades en vías respiratorias inferiores y efectos a la salud de las personas, en particular de la partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, estas partículas pueden viajar grandes distancias extendiendo la contaminación y pueden entrar al cuerpo humano por inhalación, ingestión o a través de la piel por el polvo que se puede llegar a depositar de las partículas re-suspendidas. Además de estas características es posible que tengan la capacidad de actuar como agentes oxidantes de compuestos orgánicos, es por ello que en este trabajo se realiza un estudio con estas PM_x, para cuantificar su capacidad para oxidar a moléculas orgánicas, en particular la dopamina, DA.

2. METODOLOGÍA

Los experimentos electroquímicos se llevaron a cabo, utilizando un potenciostato/galvanostato BIOLOGIC SP-300 EC-Lab Empleando como celda electroquímica, un contraelectrodo de grafito, un electrodo de referencia de Ag/AgCl sat y un Electrodo de pasta de carbono, para el estudio espectrofotométrico, se utiliza un espectro Perkin-Elmer. En ambos estudios se utilizan las partículas recolectadas en soluciones de dopamina (Sigma-Aldrich).

3. RESULTADOS

En la Figura 1, se muestra el espectro de la DA 3x10⁻⁵M en ausencia y presencia (después de 30 minutos) de las PM_x, en donde en el primer caso se observa la banda características de la DA, cuya absorbancia

máxima se ubica en 280 nm, al incluir las partículas contaminantes al sistema, esta banda disminuye su absorbancia, este efecto es más clara en la tendencia mostrada en el inserto de la figura, donde se muestra la absorbancia a 280nm en función del tiempo de muestreo que fue 120 minutos, lo cual evidencia la influencia por la presencia de esta partículas.

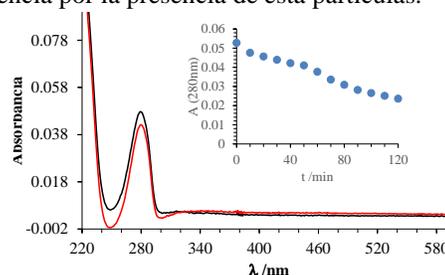


Figura 1. Espectro de absorción 3x10⁻⁵M DA (—) en ausencia y (—) presencia de la PM_x pH=3.0, en el inserto se muestra la tendencia de la Absorbancia (280nm) en función del tiempo (120min).

4. CONCLUSIONES

Las PM_x tienen la capacidad de oxidar a moléculas orgánicas, en particular a la DA, lo cual es evidente al obtener una disminución en la banda espectral característica de la DA.

5. REFERENCIAS

1. Glencross, D. A., Ho, T. R., Camiña, N., Hawrylowicz, C. M., & Pfeffer, *Free Radical Biology and Medicine*, Vol. 151, p.p 56-68, 2020.
2. Luo, X., Bing, H., Luo, Z., Wang, Y., & Jin, L. (2019). *Environmental Pollution*, Vol. 255, pp. 56-68, 2020.

EA-P22 Determinación electroanalítica de capsaicina sobre electrodos modificados con polipirrol sobreoxidado empleando diferentes dopantes secundarios

Presentación **Póster**

O. I. Vega López¹, L. M. Torres Rodríguez^{1*}, A. Montes Rojas¹

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

E-mail: luzmaria@uaslp.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los polímeros conductores electrónicos, como su nombre lo indica tienen la capacidad de permitir el paso de los electrones, razón por la cual también se conocen como metales sintéticos. Entre los más conocidos están el polipirrol (Py). Sin embargo, cuando es sometido a un proceso de sobreoxidación, se generan nuevos grupos funcionales ionizables de carga negativa [1], de esta forma pasan de ser conductores electrónicos a conductores iónicos y es conocido como polipirrol sobreoxidado (OPPy). En cuanto a las aplicaciones de este material destaca su uso como electrodo modificado para la cuantificación de distintos analitos, su principal ventaja es que disminuye considerablemente las interferencias aniónicas presentes en muestras reales. En este trabajo es utilizado se estudia como la variación de las condiciones de síntesis afectan a parámetros de detección y cuantificación en la determinación de un compuesto de interés económico como lo es la capsaicina (CP).

2. METODOLOGÍA

La modificación de los electrodos se realizó en dos pasos: la electrosíntesis de PPy sobre un electrodo de disco de Pt en una solución de pirrol 0.01 mol L⁻¹ y la sobreoxidación del mismo para obtener el OPpy a potencial constante en una solución de NaClO₄ 0.01 mol L⁻¹. Un segundo electrodo se modificó siguiendo lo anterior descrito, pero antes de la sobreoxidación se realizó un tratamiento que consistió en realizar 200 ciclos de barrido de potencial en ácido canfor sulfónico (HCS) con el fin de propiciar un cambio en la conformación molecular del polímero [2], y después se procedió a sobreoxidar el polímero. En ambos se realizaron 15 adiciones de CP y se estudió su respuesta voltamperométrica a partir de la cual se obtuvieron curvas de calibración para ambos electrodos modificados.

3. RESULTADOS

Ambos electrodos presentaron una respuesta catalítica [3] a la reacción redox de la CP sobre el electrodo, se obtuvieron sus curvas de calibración y se calcularon los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) en ambos, tabla 1.

Tabla 1. Los datos más relevantes en formato de tabla se deben ajustar a los márgenes establecidos.

Electrodo	LD / $\mu\text{mol L}^{-1}$	LD / $\mu\text{mol L}^{-1}$
Sin tratamiento	2.1	6.9
Con tratamiento	0.5	1.9

4. CONCLUSIONES

Estos resultados confirman que la variación de las condiciones de síntesis del OPpy, el uso de dopantes secundarios como el HCS puede incidir en sus aplicaciones electroanalíticas, como por ejemplo mejorar la respuesta de los electrodos hacia un analito de interés comercial como la CP.

5. REFERENCIAS

- [1] F. Palmisano, C. Maltesta, D. Centonze, P. G. Zambonin, *Anal. Chem.*, 67, 2207, 1995.
- [2] A. G. MacDiarmid, A. J. Epstein, *Synth Met*, 69, 8 1995.
- [3] M. R. Majidi, A. Jouyban, K. A. Zeyna *Electrochim. Acta.*, 52, 6248, 2007.

EA-V01 Estudio voltamétrico del efecto de aditivos en la concentración micelar crítica y coeficiente de difusión de un líquido iónico neutro

Presentación Virtual

E.E. Villalobos Neri^{1*}, R. Mayén Mondragón¹, U. Páramo García², N.V. Gallardo Rivas².

¹ Unidad de Investigación y Tecnología Aplicadas, 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.

² 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, 89600, Altamira, Tamaulipas, MÉXICO.

E-mail: elda.neri@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En la investigación de sistemas bifásicos acuosos, la solubilidad e interacciones que los Líquidos Iónicos (LI) mantienen con materiales objetivo, ha facilitado el desarrollo de procesos de purificación para compuestos biológicos y tratamiento de aguas residuales [1]. El efecto de la adición de compuestos orgánicos o inorgánicos ha sido objeto de investigaciones recientes, con énfasis en la formación de arreglos micelares. Las interacciones desarrolladas entre los aditivos y los LI, se han utilizado en la formulación de mezclas para una extracción más eficaz de contaminantes del agua [1,2].

2. METODOLOGÍA

El LI neutro empleado es el P-toluensulfonato de 1-metil-3-hexilimidazolío, y como aditivos el cloruro de tetrametilamonio (TMAC) y el cloruro de potasio (KCl) en 50 mg/L. La determinación de concentración micelar crítica (CMC), se realizó mediante conductividad iónica y voltamperometría cíclica (VC), comparando contra su valor en agua pura (0.449 mM) [2], y el coeficiente de difusión (CD) mediante VC. Para cada aditivo, se prepararon 12 soluciones acuosas de LI en el intervalo 0.029 a 0.354 mM. La VC se llevó a cabo con un potencióstato BASi 100 B/W, en una celda de vidrio convencional con configuración típica de 3 electrodos (alambre de plata: electrodo de referencia, placa de acero inoxidable 304: contraelectrodo, placa perforada de acero inoxidable 304: electrodo de trabajo). Se barrió el potencial de -1.8 V a +1.2 V a 0.5 V/s. Para la CMC, los valores de conductividad específica y corriente pico anódico se trazaron frente a la concentración de LI. El CD se determinó de los voltamogramas utilizando la ecuación de Randles-Sevcik a velocidades entre 10 y 120 mV/s.

3. RESULTADOS

Ambas técnicas dieron valores de CMC similares, demostrando con ello que la VC, puede ser empleada confiablemente en la determinación de la CMC, siempre y cuando la adsorción molecular no sea un paso limitante de la velocidad de reacción electroquímica. La comparación de los valores de CMC en ambos aditivos (0.190 mM KCl, 0.237 mM TMAC), arrojó que KCl tuvo mayor impacto en la reducción de la CMC, atribuido al menor tamaño del catión. Por otro lado, para el CD, los valores 12.185 y 13.865 ($\times 10^{-6}$ cm²/s) para KCl y TMAC respectivamente, confirman como esperado un valor mayor para el aditivo con el catión de mayor tamaño.

4. CONCLUSIONES

Se confirma la capacidad de voltametría cíclica para el análisis de interacciones aditivo y LI en sistemas bifásicos, ampliando el espectro de aplicación de técnicas electroquímicas en la caracterización de materiales.

5. REFERENCIAS

- [1] Y. Kohno & H. Ohno, Ionic liquid/water mixtures: from hostility to conciliation. *Chemical Communications*, 48(57), 7119-7130, (2012).
- [2] E.E. Villalobos Neri, U. Páramo García, R. Mayén Mondragón & N.V. Gallardo-Rivas. Electrochemical study of interaction between imidazole-based-ionic-liquid and light petroleum in oil/water emulsion. *International Journal of Electrochemical Science*, 16(6), 210611, (2021).

EA-V02 Evaluación por técnicas electroquímicas de la capacidad antioxidante de pitahayas ecuatorianas

Presentación Virtual

L. Fernández^{1*}, S. Sosa¹, A. Apunte¹, D. Bolaños-Méndez¹, D. Romero-Estévez³, N G.S. Mogollón², M. Ochoa-Ocampo², E. Martínez⁴, P. Espinoza-Montero¹

¹Escuela de Ciencias Químicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

²Laboratorio de productos naturales, Universidad Regional Amazónica Ikiam.

³Centro de Estudios Aplicados en Química, Pontificia Universidad Católica del Ecuador

⁴Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Universidad Técnica de Machala.

E-mail: lmfernandez@puce.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

La Pitahaya, conocida como fruta del dragón, es una exótica y fascinante especie perteneciente al género *Hylocereus*[1]. Originaria de regiones tropicales y subtropicales de América Central y América del Sur, esta fruta ha ganado popularidad en todo el mundo debido a su singular apariencia, su exquisito sabor y sus potenciales beneficios para la salud [2]. Es una excelente fuente de antioxidantes, vitaminas minerales, betalaínas, flavonoides y polifenoles. En la presente investigación, se evaluó la capacidad antioxidante de pitahayas amarillas y rojas, cultivadas en Ecuador, mediante técnicas electroquímica.

2. METODOLOGÍA

La capacidad antioxidante se evaluó en extractos etanólicos de pitahaya mediante voltametría cíclica y pulso diferencial, utilizando un potencióstato CHI. Electrodo de trabajo carbono vítreo, contraelectrodo grafito y referencia Ag/AgCl(KCl 3 M). El análisis de metabolitos se realizó por cromatografía líquida con detector de masas (UPLC-QTOF).

3. RESULTADOS

Los valores de capacidad antioxidante obtenida por DPPH entre ambas pitahayas no tienen diferencias apreciables. Mientras, los valores de AI50, indican mayor capacidad antioxidante para la pitahaya amarilla. El mayor poder antioxidante (EI), calculado de acuerdo a la Ec.1 correspondió a la pitahaya roja, sugiriendo mayor contenido de especies fenólicas en el extracto de esta fruta.

$$EI = I_{pa1} E_{pa1}^{-1} + I_{pa2} E_{pa2}^{-1} + \dots + I_{pan} E_{pan}^{-1} \quad (1)$$

Donde:

I_{pan} es la corriente anódica del pico, respectiva en el voltamperograma

E_{pan} es el potencial anódico del pico, respectivo en el voltamperograma

Tabla 1. Evaluación de las propiedades antioxidantes

Fruta	$\mu\text{mol AA } 100 \text{ g}^{-1} / \text{DPPH}$	$AI_{50} (\text{g L}^{-1}) / \text{VC}$	$EI (\mu\text{A V}^{-1}) / \text{DPV}$
<i>Pitahaya Amarilla</i>	$0,9970 \pm 0,0108$	$1,45 \pm 0,07$	$13,59 \pm 3,88$
<i>Pitahaya Roja</i>	$1,0110 \pm 0,0140$	$1,38 \pm 0,99$	$12,22 \pm 0,61$

4. CONCLUSIONES

Se comprobó la capacidad antioxidante de los frutos analizados. Se encontró una correlación inversa entre AI50 y EI y una correlación positiva entre DPPH y TPC, lo cual es consistente con estudios previos.

5. REFERENCIAS

- [1] A. K.; S. S., B. V.; V. K., S. K., B. N. *Sci. Rep.*, 11, 1 (2021).
- [2] Z. K.H.; B.A.S. *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, 60, 361 (2009).

EA-V03 Desarrollo de una metodología electroquímica para el monitoreo analítico de un baño electrolítico de manganeso

Presentación **Virtual**

L. E. Rebolledo-Perales^{1,2}, J. A. Cobos-Murcia^{1*}, G. A. Álvarez-Romero¹, J. E. Terrazas-Rodríguez², D. Hernández-Ramírez^{1,3}, V. E. Reyes-Cruz¹

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Área Académica de Química. Carretera Pachuca-Tulancingo Km 4.5. C.P 42184. Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

²Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Km 7.5, Col. Santa Isabel C.P. 96538, Coatzacoalcos, Veracruz, México.

³Universidad Tecnológica del Sureste de Veracruz. Área Académica de Química. Avenida Universidad No.1, Nanchital, Veracruz, México. C.P. 96360

E-mail: lurebolledo@uv.mx

1. INTRODUCCIÓN

El manganeso electrolítico es esencial para la industria metalúrgica, ya que es altamente empleado en la fabricación de aceros avanzados y manganosos especializados. Por lo tanto, el propósito de esta investigación es desarrollar una metodología electroquímica mediante el uso de electrodos modificados con Bismuto que permita la cuantificación sensible, exacta, precisa y económica de manganeso en un baño electrolítico [1].

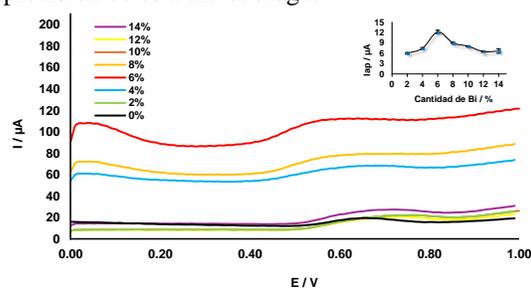
2. METODOLOGÍA

La composición de la mezcla composite del electrodo de pasta de carbono modificado con Bi (EPC-Bi), el pH del electrolito, entre otros parámetros, fueron optimizados mediante diseños de experimentos para maximizar la intensidad de corriente anódica de Mn^{2+} mediante voltamperometría de onda cuadrada y voltamperometría diferencial de pulso, con redisolución anódica. El método desarrollado y optimizado consistió en colocar el electrodo modificado en una celda electrolítica que contiene 10 mL de buffer Britton Robinson 0.1 M pH 6.0 donde se llevó a cabo la reducción de Mn^{2+} durante 30 s a -0.7 V, después de un tiempo de relajación de 30 s, se realizó un barrido de potencial de 0 V a 0.5 V. La metodología desarrollada fue utilizada para realizar la validación analítica y finalmente realizar el análisis de Mn^{2+} .

3. RESULTADOS

Se determinó que la técnica que proporciona una señal mejor definida, con menor ruido instrumental y corriente de fondo, corresponde a la voltamperometría

de onda cuadrada respecto a la voltamperometría diferencial de pulso. La mezcla composite que mostró una mayor intensidad de la señal anódica asociada a Mn^{2+} alrededor de 0.65 V, fue con un EPC-Bi al 10% de bismuto. Finalmente, los parámetros analíticos obtenidos demostraron la exactitud, sensibilidad y precisión de esta metodología.



Condiciones de análisis: 5×10^{-4} M de $Mn(II)$ en BR 0.10 M pH 6.0, electrodeposición, -0.7 V por 30 s; SWASV: equilibrio, 30 s; altura de pulso, 25 mV; ancho de pulso, 50 ms; altura de paso, 10 mV; $n=3$, %RSD<10%.

4. CONCLUSIONES

El método propuesto es una alternativa sencilla y de bajo costo para ser implementada en el control analítico de baños electrolíticos en la industria minera, siendo una excelente candidata en el análisis de matrices complejas como licores mineros, y tan competitiva como las técnicas espectrofotométricas convencionales utilizadas para el análisis de metales.

5. REFERENCIAS

[1] C. A. Otálora Bastidas, E. R. Romero Malagon, *Revista elementos*, 3, 175, (2013).

EA-V04 Optimización de un sensor electroquímico no enzimático mediante nanotubos de carbono funcionalizados con mezclas de HAp-Co(OH)₂ para la detección de glucosa

Presentación Virtual

Diego Bolaños-Mendez*¹, Lenys Fernández¹, Rafael Uribe², Andrés Chico², Patricio Espinoza-Montero¹

¹Escuela De Ciencias Químicas, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito, Ecuador.

²Escuela Politécnica Nacional Departamento de Ingeniería Química, Quito Ecuador.

E-mail: lmfernandez@puce.edu.ec

1. INTRODUCCIÓN

Alrededor de 420 millones de personas sufren de diabetes en todo del mundo y con una proyección de 642 millones para el 2040, de allí la necesidad de desarrollar sensores con mayor sensibilidad, estabilidad y miniaturizables para la detección de glucosa en sangre y control de la hipoglucemia [1]. Los electrodos para la detección de glucosa, son comúnmente enzimáticos debido a su selectividad, sin embargo, estos sensores son de alto costo, poca estabilidad, y un complejo proceso de inmovilización de la enzima que limita su capacidad comercial [2]. Por lo tanto, los sensores no enzimáticos son una alternativa ideal, con la utilización de diferentes materiales capaces de catalizar la electro-oxidación de la glucosa [3]. Los nanotubos de carbono (NTC) son una buena opción de ese tipo de materiales, debido a sus propiedades eléctricas, como soporte conductor en la modificación de electrodos junto con diferentes mezclas de metales[4]. En la presente investigación, se evaluó un electrodo de carbono vítreo modificado con el compuesto de NTCf-HAp (hidroxiapatita)-Co(OH)₂ para la determinación electroquímica de la glucosa.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizó diferentes compositos, para lo que, se trataron NTCs comerciales mediante una prefuncionalización y funcionalización química, y modificados posteriormente con Co(OH)₂. Para modificar el electrodo se añadió por goteo 10 µL de la suspensión de NTCf a la superficie de éste. El electrodo de GC/NTCf fue activado en una solución de sulfato de amonio 0,45 M con citrato de sodio 0,20 M, usando voltametría cíclica en un intervalo de potencial de -0,2 a 0,8 V, a una velocidad de barrido de 50 mV s⁻¹ por 10 ciclos. La electrodeposición de cobalto se realizó en la misma solución utilizando 10 mM de CoCl₂, mediante cronoamperometría a -1 V por 3 min. La construcción de la curva de calibración para evaluar la respuesta de la glucosa sobre el electrodo se realizó

utilizando la técnica de cronoamperometría a 0,45 V con una solución de NaOH 0,1 M como electrolito soporte, con agitación constante y adiciones sucesivas de una solución de glucosa 12,5 mM cada 10 segundos.

3. RESULTADOS

La respuesta del electrodo modificado NTCf-HAp-Co(OH)₂ a la glucosa se evaluó mediante una curva de calibración en un rango de 50 a 700 µM L⁻¹, obteniendo un coeficiente de correlación lineal de 0,990, una sensibilidad de 0,028 µM/ µA, límite de detección y límite de cuantificación de 43,200 y 129,601 µM L⁻¹, respectivamente.

4. CONCLUSIONES

Se sintetizaron diferentes compositos para la elaboración de un sensor electroquímico no enzimático de glucosa, siendo el composito de NTCf-HAp-Co(OH)₂ del cual se obtuvo mejor respuesta.

5. REFERENCIAS

- [1] H. Teymourian, A. Barfidokht, and J. Wang, *Chemical Society Reviews*, **49**, 7671, (2020).
- [2] M. Wu *et al.*, *Advanced Materials Interfaces*, **7**, 1901578, (2020).
- [3] F. Wang, F. Shi, C. Chen, K. Huang, N. Chen, and Z. Xu, *Microchimica Acta*, **189**, 1, (2022).
- [4] L. Fernández *et al.*, *Front Chem*, **10**, 884050, (2022).



Electroquímica Ambiental (EAM)



EAM-O01 Control de la eficiencia farádica en la electrogeneración de H₂O₂ en cátodos de malla de acero inoxidable modificados con TiO₂ y C|TiO₂ durante la degradación de sucralosa en medio acuoso ácido

Presentación Oral

L.L. Martínez Rodríguez¹, J.I. Valdez Nava¹, E. Bustos,¹ F. Espejel Ayala,¹ J. Manríquez^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro s/n Sanfandila, Pedro Escobedo, 76703, Qro., México

E-mail: jmanriquez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La sucralosa es un edulcorante artificial 600 veces más dulce que la sacarosa. La sucralosa se considera un “contaminante emergente” porque persiste hasta 337 días en lodos de aguas residuales tratadas con métodos biológicos, porque los microorganismos son incapaces de metabolizarlos [1]. En este trabajo, cátodos de malla de acero inoxidable (SS, en inglés *stainless steel*) se modificaron con películas nanoestructuradas de TiO₂ y C|TiO₂ (donde C es carbon vulcanTM) para la electrogeneración de H₂O₂ según la reacción $O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O_2$, y su empleo simultáneo en la degradación *in situ* de sucralosa (C₁₂H₁₉O₈Cl₃) acuosa vía: (a) peroxidación $C_{12}H_{19}O_8Cl_3 + 24H_2O_2 \rightarrow 3HCl + 32H_2O + 12CO_2$, y (b) oxidación avanzada con radicales $\cdot OH$ fotoquímicamente generados $H_2O_2 + h\nu \rightarrow 2 \cdot OH$ [2].

2. METODOLOGÍA

La preparación de cátodos base TiO₂ y C|TiO₂ se realizó mediante depósito electroforético (EPD, en inglés *electrophoretic deposition*) en malla de SS seguido de sinterizado a 450°C por 1 h. El proceso EPD se realizó empleando una celda con suspensiones coloidales que contenían proporciones m/m de C/TiO₂ = 0.10, 0.01, y 0 (ausencia de C).

La degradación de sucralosa se estudió en un reactor que contenía medio acuoso ácido pH 2 perpetuamente aerado (a razón de 17 mL/s para saturar con O₂ gaseoso), en ausencia (sucralosa grado analítico, 100% pureza) y en presencia de interferentes (sucralosa grado alimenticio, sucralosa 2% + maltodextrina 80%). En todos los casos el reactor estuvo equipado con una varilla de Ti (grado 2) para operar como ánodo, mientras que el electrolito enriquecido con H₂O₂ estuvo iluminado con una lámpara UV de 254 nm para provocar la fotólisis siguiente $H_2O_2 + h\nu \rightarrow 2 \cdot OH$.

3. RESULTADOS

El análisis por difracción de rayos X (XRD, en inglés *X-ray diffraction*) de los electrodos de SS|C|TiO₂ con proporciones m/m (EPD) de C/TiO₂ = 0, 0.01 y 0.10, reveló que el contenido m/m de C fue de 0, 6.4 y 3.0%, respectivamente, luego del sinterizado de los electrodos. Asimismo, se observó que las eficiencias farádicas de electrogeneración de H₂O₂ para el mismo conjunto de electrodos fueron de 6, 33 y 14%, respectivamente. Por otro lado, los resultados de operación del reactor (90 minutos) mostraron eficiencias de degradación de sucralosa grado analítico de 96.7, 91.3 y 88.5% cuando se emplearon cátodos de SS|C|TiO₂ con contenido m/m de C de 0, 6.4 y 3.0%, respectivamente. En contraste, las eficiencias de degradación para sucralosa grado alimenticio fueron de 92.1, 94.6 y 85.1% cuando se emplearon los mismos cátodos de SS|C|TiO₂.

4. CONCLUSIONES

Los resultados demostraron por un lado que la eficiencia farádica de producción electroquímica de H₂O₂ incrementa en la presencia de la unión C|TiO₂ y que también es proporcional al contenido de C en los electrodos de SS|C|TiO₂. Además, se observó que la degradación de sucralosa grados analítico o alimenticio fue significativamente alta y no estuvo influenciada por el tipo de cátodo utilizado, indicando que la sucralosa no se degrada directamente sobre los cátodos. En contraste, se observó que la degradación de sucralosa ocurre cuando el H₂O₂ se genera y descompone en radicales $\cdot OH$ vía fotólisis.

5. REFERENCIAS

- [1] Y. Xu, Y. Wu, W. Zhang, X. Fan, Y. Wang, *Chemical Engineering Journal*, **353**, 626-634 (2018).
- [2] G. F. Ferreira y col., *International Journal of Engineering and Technology*, **7**, 438-444 (2015).

EAM-O02 Electrodeposición del intermetálico MnCu₄ para su aplicación como electrocatalizador para la REO

Presentación Oral

Gabriel Flores Roque¹, Alondra Gallegos Carrillo¹, Juan Carlos Ballesteros Pacheco^{1*}

¹Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas, UPLC-CA-01 Carretera La Orilla-La Mira, km 1 + 560 C.

P. 60998, Lázaro Cárdenas, Mich., México.

E-mail: jballesteros_pacheco@yahoo.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

La descomposición del agua ocurre cuando existe el rompimiento de los enlaces O-H para formar H₂ y O₂. El rompimiento del enlace se puede llevar a cabo por fotólisis, electrólisis, fotocatalisis, termólisis, fotoelectrocatalisis, etc. El análisis termodinámico indica que dos semi-reacciones están involucradas en el proceso global, las cuales son Reacción de Evolución de Oxígeno (REO: 2H₂O → O₂ + 4H⁺ + 4e⁻) y la Reacción de Evolución de Hidrógeno (REH: 4H⁺ + 4e⁻ → 2H₂). El estudio cinético indica que la REO es la etapa limitante de la reacción global debido a su alto sobrepotencial el cual provoca que sea de velocidad lenta. La REO también es afectada por el tipo de material del catalizador, siendo el IrO₂ y RuO₂ los mejores electrocatalizadores para esta etapa. Iridio y Rutenio son elementos que pertenecen al grupo del platino, por lo que son elementos de alto costo y son poco abundantes en la naturaleza. En este trabajo se propone con un buen candidato al compuesto intermetálico MnCu₄ para su aplicación como electrocatalizador para su aplicación en la REO [1].

2. METODOLOGÍA

El electrocatalizador MnCu₄ fue obtenido por electrodeposición usando una solución electrolítica a pH 10.0 conteniendo citrato como agente complejante de los iones metálicos Cu²⁺ y Mn²⁺. Los recubrimientos fueron caracterizados por DRX, SEM y EDS. La actividad del electrocatalizador fue medida en una celda convencional de tres electrodos conteniendo 1.0 M de NaOH. Un equipo AUTOLAB 302N acoplado a una computadora fue usado para el control de los experimentos de REO. Pt y un Ag/AgCl fueron usados como contraelectrodo y referencia, respectivamente.

3. RESULTADOS

Los resultados de la evaluación electrocatalítica consistieron en la evaluación de tres electrodos de

trabajo por separado. Los electrodos fueron Cu, Mn y el intermetálico MnCu. Los resultados muestran que un sobrepotencial de aproximadamente 385 mV correspondiente a una corriente de 10 mA cm⁻² fue obtenido para cuando se evaluó el electrocatalizador intermetálico MnCu₄ (Figura 1).

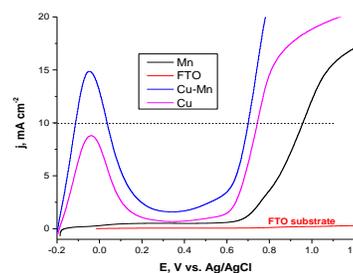


Fig. 1 Comparación de Cu, Mn y MnCu₄ frente a la REO.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se mostró que por vía electroquímica fue posible obtener el intermetálico MnCu₄. La aplicación del compuesto intermetálico como electrocatalizador para REO mostro que es un buen candidato para ser evaluado a escala piloto, presentando estabilidad química y mecánica y un bajo valor de sobrepotencial.

5. REFERENCIAS

[1] Zhebo Chen, Huyen N. Dinh, Eric Miller, Photoelectrochemical Water Splitting: Standard, Experimental Methods, and Protocols, Springer, 2013.

EAM-O03 Síntesis verde de magnetita a partir de extracto de cáscara de papa para su uso en un proceso Electro-Fenton

Presentación Oral

E. A. Hernández Rodríguez^{1*}, L. A. Godínez Mora-Tovar², I. Robles Gutiérrez¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica. Querétaro, Qro.

²Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, Universidad Autónoma de Querétaro

E-mail: erodriguez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Se ha reportado que para promover enfoques más simples y seguros en la síntesis de la magnetita (Fe_3O_4), se ha explorado el uso de extractos vegetales [1]. Por otro lado, la Fe_3O_4 se ha utilizado como alternativa en la reacción de Fenton debido a sus cationes estructurales de Fe^{2+} y Fe^{3+} , que generan $\bullet\text{OH}$ al reaccionar con H_2O_2 [2,3]. En este contexto, este proyecto propone la síntesis de Fe_3O_4 a partir de extracto de cáscara de papa para su aplicación en un sistema Electro-Fenton (EF), además de investigar el efecto de un campo magnético para mejorar la efectividad de la Fe_3O_4 .

2. METODOLOGÍA

Se obtuvo un extracto de cáscara de papa a partir de 250 g de cáscaras, que se utilizó para la síntesis de Fe_3O_4 . Se mezclaron 250 mL del extracto con 5 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 5 g de Na_2CO_3 . La mezcla se dejó reposar hasta obtener un precipitado oscuro, el cual se centrifugó, lavó, secó y calcinó, obteniendo un polvo café rojizo que se trituró y tamizó. Los experimentos se realizaron en una celda electroquímica de vidrio en forma de "U" con tres electrodos, utilizando un potencial de -0.55 V vs Ag/AgCl , un medio electrolítico de Na_2SO_4 0.5 M y electrodos de fieltro de carbón. Se trató una solución de azul de metileno (20 mg/L) durante 90 minutos mediante un proceso EF, evaluando el efecto de diferentes intensidades de campo magnético (0, 10, 40, 70, 110 y 150 G) generadas por una bobina alrededor del reactor. La eficiencia del proceso se validó mediante UV-vis, y se monitorearon las concentraciones de Fe^{2+} y Fe total.

3. RESULTADOS

El polvo obtenido cuyo rendimiento de la síntesis fue de 4.03%, respondió a la presencia de un imán. Se obtuvieron 0.9677 g de partículas con un tamaño entre

150 y 75 μm y 0.0403 g para el tamaño inferior a 75 μm . En el proceso EF, la decoloración con la Fe_3O_4 sintetizada a partir del extracto de cáscara de papa fue del 7.6%. Esta eficiencia se atribuye a una menor disponibilidad de Fe^{2+} en la solución, lo que limitó la generación de $\bullet\text{OH}$. La aplicación de un campo magnético mostró eficiencias de decoloración del 7.94%, 8.99%, 22.32%, 6.52% y 7.21% para intensidades de 10, 40, 70, 110 y 150 G, respectivamente. Se observó que a 70 G la decoloración aumentó notablemente, indicando que el campo magnético mejora la reacción de Fenton mediante su interacción con la Fe_3O_4 . La decoloración del azul de metileno siguió una cinética de 1° orden, con constantes de velocidad (k) de 0.0008 min^{-1} y 0.0029 min^{-1} para el proceso EF sin campo magnético y con un campo de 70 G, respectivamente.

4. CONCLUSIONES

El uso de extracto de cáscara de papa para la síntesis de Fe_3O_4 representa una alternativa sostenible para el aprovechamiento de residuos. La Fe_3O_4 sintetizada demostró ser efectiva en el proceso EF para la decoloración de azul de metileno. Además, se observó que la aplicación de un campo magnético de 70 G mejoró la eficiencia de decoloración de 7.6% a 22.32%, mejorando la reacción de Fenton en la superficie de la Fe_3O_4 . Los estudios cinéticos indicaron que la decoloración sigue una cinética de 1° orden.

5. REFERENCIAS

- [1] N. Danyliuk, S. Lischynska, T. Tatarchuk, V. Kotsyubynsky, & V. Mandzyuk, *Physics and Chemistry of Solid State*, **23**, 77 (2022).
- [2] Y. J. Choe, J. Kim, J. Y. Byun, & S. H. Kim, *Catalysis Today*, **359**, 16 (2021).
- [3] F. F. Lo, K. W. Kow, F. Kung, F. Ahamed, P. L. Kiew, S. P. Yeap, H. S. Chua, C. H. Chan, R. Yusoff, & Y. K. Ho, *Science of the Total Environment*, **780** (2021).

EAM-O04 Influencia de iones Ca^{2+} , Mg^{2+} y Cl^- presentes en un efluente real en la separación de arsénico por el método de electrodeionización

Presentación Oral

J. G. Cuz Niño, F.A. Rodríguez Pérez*

Universidad Nacional Autónoma de México, FES Cuautitlán, Departamento de Ingeniería y Tecnología.

*E-mail: ical_alicia@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El arsénico en su forma inorgánica es altamente tóxico, constituyendo un problema de salud pública a nivel mundial. La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un límite máximo de 10 mg/L de arsénico en el agua potable. Este elemento se encuentra de manera natural en el ambiente y también como resultado de diversas actividades antropogénicas. En el agua, el arsénico puede estar presente principalmente en dos formas: arseniato (As^{5+}) y arsenito (As^{3+}), siendo esta última más tóxica. [1].

El método de electrodeionización es un proceso híbrido que combina la electrodiálisis con el intercambio iónico, utilizado para eliminar iones del agua y obtener agua ultrapura. La eficacia de este método depende de la calidad del agua, el diseño del sistema y las condiciones de operación. Una de las ventajas destacadas de la electrodeionización es la regeneración continua de las resinas, facilitada por la reacción de hidrólisis del agua. [2].

Por lo tanto, es importante llevar a cabo un estudio de la influencia de los iones en un efluente real utilizando el método de electrodeionización.

2. METODOLOGÍA

Se empleó una configuración de celda que incluía cuatro espaciadores, dos membranas de intercambio catiónico, una membrana de intercambio aniónico y resina mixta de intercambio iónico. La muestra del efluente real y la solución de enjuague (NaNO_3) se recircularon a través de la celda con un flujo volumétrico de 227.27 mL/min. Se aplicaron voltajes de 15 V, 25 V y 35 V, cada 60 min se registraron valores de conductividad y pH, además, se llevó a cabo la cuantificación de iones Cl^- mediante el método argentométrico, y de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} mediante métodos complejométricos. Se tomaron muestras para la determinación de la concentración de arsénico utilizando la técnica de absorción atómica con generación de hidruros.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la conductividad normalizada de un recipiente a diluir y otro a concentrar. Se observa que estas conductividades son directamente proporcionales, ya que la conductividad del recipiente a diluir disminuye a medida que la conductividad del recipiente a concentrar aumenta.

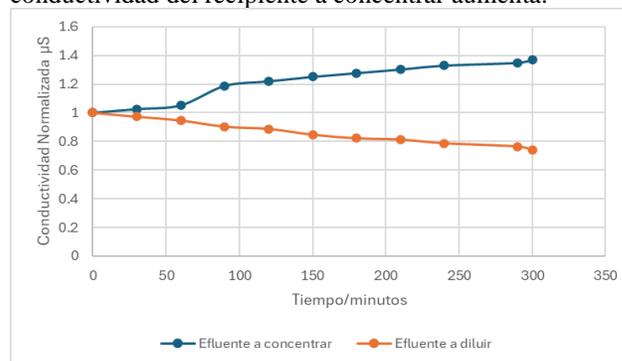


Figura 1. Variación de la conductividad normalizada durante el tiempo de experimentación de electrodeionización en una celda de flujo continuo a 25 V de 1 L de muestra real de la presa de Zimapan Hidalgo.

4. CONCLUSIONES

El método de electrodeionización es una opción viable y ambientalmente amigable para la remoción de arsénico en el agua de una muestra real, ya que tiene la capacidad de regenerar continuamente la resina, sin la necesidad de utilizar químicos.

5. REFERENCIAS

- [1]. D.Q Hung, O Nekrassova, R.G Compton, *Talanta*, **64**, 269, (2004).
- [2] V. Vignesh, K. Nitish, P. Kavitha. G Sudha. K Omkar. A Pugazhendhi, *Environmental Research*, **241**, 117549, (2024).

EAM-O05 Evaluación del proceso electro-Fenton heterogéneo con electrodos carbonosos y tridimensionales aplicado a la remoción de carbamazepina en agua

Presentación Oral

D. Leyva Ruiz¹, J. de J. Treviño Reséndez¹, I. Robles Gutiérrez², L. A. Godínez Mora-Tovar¹,
J. D. García Espinoza¹

¹Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, 76010, Querétaro, México.

²Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica

E-mail: josue.daniel.garcia@uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La incorporación de contaminantes emergentes en el agua representa una amenaza para los ecosistemas y la salud humana¹. Debido a esto, los Procesos Avanzados de Oxidación (PAO), son alternativas eficientes ya que son métodos de oxidación química en fase acuosa basados en la generación de especies altamente reactivas dentro de los cuales está el $\cdot\text{OH}$, que provoca la degradación de los contaminantes orgánico². Dentro de estos PAO se evaluó el proceso electro-Fenton en el cual se requiere de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y hierro Fe^{2+} para generar el $\cdot\text{OH}$. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el proceso electro-Fenton heterogéneo que incorpora carbón activado granular y resina de intercambio iónico, así como electrodos de fieltro de grafito para la remoción de la carbamazepina (CBZ).

2. METODOLOGÍA

Se determinó el potencial de reducción del oxígeno vía 2 electrones y el área electroactiva del fieltro de grafito y del carbón activado granular mediante voltamperometría cíclica. Asimismo, se realizaron pruebas de generación electroquímica del H_2O_2 en un reactor electroquímico cilíndrico discontinuo a condiciones de pH 7, con un volumen de 8 L, 7 L min^{-1} , se incorporó aire a través de un inyector tipo Venturi. Posteriormente, se realizaron pruebas de degradación de la CBZ en agua sintética y en agua residual tratada de un efluente terciario de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales. Se implementó un diseño factorial 2^4 , con el fin de conocer los efectos de las principales variables de operación en la generación de H_2O_2 y en la degradación de la CBZ.

3. RESULTADOS

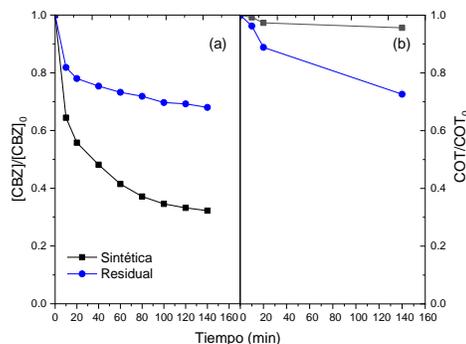


Figura 1. (a) Degradación de la CBZ y (b) eliminación de COT; utilizando solución sintética y agua residual tratada.

4. CONCLUSIONES

Entre las variables estudiadas, la densidad de corriente (1.4 mA cm^{-2}), la fuerza iónica (120 mM) y el arreglo de electrodos (cátodo-ánodo-cátodo) fueron las variables más significativas en la reducción electroquímica vía $2 e^-$ del H_2O_2 , logrando una concentración de 6.40 mg L^{-1} , para el consumo energético las variables que más influyeron el tiempo (40 min) y la densidad de corriente (1.4 mA cm^{-2}), para lograr un EC de 0.44 kWh m^{-3} . Se obtuvo una mayor degradación en el agua residual sintética con una degradación 68% , sin embargo, una eficiencia de mineralización mayor en el agua residual tratada con un 27% .

5. REFERENCIAS

- [1] E. Brillas, I. Sirés, MA. Oturan, *Chemical Reviews*, **109**, 6570, (2009).
[2] I. Salmerón, I. Oller, K.V. Plakas, & S. Malato, *Chemosphere*, **275**, 129962, (2021).

EAM-O06 Estudio de un sistema electroquímico asistido por cavitación sónica, para el tratamiento de aguas contaminadas con compuestos orgánicos

Presentación Oral

Z. L. Mota Dávila¹, L. A. Godínez^{1*}, M. A. Ramos López², F. J. de Moure Flores², F. J. Rodríguez Valadez³, G. Acosta Santoyo¹

¹Centro de Investigación en Química para Economía Circular, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

²Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

³Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

E-mail: zyan.littios@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas electroquímicos asistidos por cavitación acústica, presentan beneficios para la síntesis de moléculas y la degradación de contaminantes [1]. Mejoran la transferencia de masa, mantienen la actividad de los electrodos y son capaces de tratar una amplia gama de contaminantes en altas y bajas concentraciones [2]. La cavitación produce en bajas concentraciones el radical hidroxilo (HO•) a partir de las ondas de ultrasonido, por la ruptura de la molécula del agua y del peróxido de hidrogeno [3]. Las interacciones por las diferencias de carga en la interfase contribuyen a las cinéticas de decoloración de los contaminantes en relación al valor de la carga neta de las moléculas usadas [4].

2. METODOLOGÍA

Se realizó la caracterización del material y del sistema electroquímico asistido por cavitación acústica y se evaluó con el uso de tres colorantes con diferente carga neta a dos valores de pH. El sistema sonoelectroquímico consistió en un sistema de tres electrodos, utilizando fieltro de grafito como electrodo de trabajo aplicando un potencial de -0.8 V, para la realización de las pruebas en un periodo de 40 minutos. Cada prueba se realizó por triplicado.

3. RESULTADOS

Se obtuvieron las curvas de decoloración de cada uno de los colorantes a dos valores de pH, en un sistema sonoelectroquímico, electroquímico y el sonoelectroquímico. Se realizó el ajuste a un modelo cinético de primer orden, para obtener los valores de la constante cinética de cada una de las pruebas y se obtuvo el valor de sinergia de cada una de las combinaciones, para determinar el efecto de la carga

netas de la molécula del colorante y el sistema sonoelectroquímico. En la Figura 1., se observa las gráficas de decoloración.

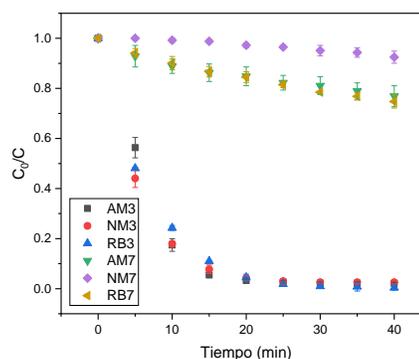


Figura 1. Gráfica de decoloración en el sistema sonoelectroquímico.

4. CONCLUSIONES

La cavitación mejora sinérgicamente la degradación de contaminantes al influir en la cinética, aumentar el transporte de materia y activar continuamente el electrodo. La naturaleza del contaminante y el electrodo, junto con las fuerzas electrostáticas, facilitan la disponibilidad del contaminante en la interfaz donde ocurren las reacciones electroquímicas principales.

5. REFERENCIAS

- [1] T. J. Mason, J. P. Lorimer & D. J. Dalton. *Ultrasonics*, **28**(5), 333, (1990)
- [2] J. Theerthagiri, J. Madhavan, S. J. Lee., *Ultrasonics Sonochemistry*, **63**, (2020).
- [3] K. Peng, S. Tian, Y. Zhang, Q., *Ultrasonics Sonochemistry*, **91**, 106235, (2022).
- [4] F. Çathioğlu, S. Akay, E. Turunç, B. Gözmen, *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, **16**, 100517, (2021).

EAM-O07 Tratamiento electroquímico de agua contaminada con productos farmacéuticos en presencia de agentes oxidantes interfaciales: amoxicilina y ketorolaco

Presentación Oral

M. J. Yáñez-Ángeles¹, E. Bustos-Bustos^{1*}, Ignasi Sirés²

¹Centro de investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C. Parque Tecnológico Querétaro, s/n, Sanfandila, Pedro Escobedo, Qro., 76703, México.

²Laboratori d'Electroquímica dels Materials i del Medi Ambient, Departament de Ciència de Materials i Química Física, Secció de Química Física, Facultat de Química, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1, 08028 Barcelona, España.

E-mail: myanez@cideteq.mx; ebustos@cideteq.mx; isiresa@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua plantea serios desafíos ambientales y riesgos para la salud humana y animal, especialmente debido a la presencia de micro contaminantes orgánicos emergentes [1]. Aunque las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs) emplean diversas técnicas, los métodos convencionales no siempre eliminan de manera eficaz los contaminantes emergentes, contribuyendo a la continua contaminación de cuerpos de agua natural [2]. En respuesta a esta problemática, la electro-oxidación es un método en desarrollo en los últimos años debido a su elevada efectividad y relativa simplicidad [3], sobre todo generando agentes oxidantes interfaciales.

2. METODOLOGÍA

Este estudio se centra en investigar la efectividad de la electro-oxidación utilizando un ánodo de IrO₂-Ta₂O₅/Ti, y un cátodo de papel de carbón (PC) en presencia o ausencia de flujo de aire. La evaluación del desempeño de cada sistema se realizó determinando la generación de H₂O₂, cloro activo, así como de radicales sulfato (SO₄^{•-}) e hidroxilos ([•]OH) en presencia de aductos, como agentes oxidantes interfaciales para la eliminación de contaminantes farmacéuticos modelo, como la amoxicilina (AMX) y el ketorolaco (KET), evaluando la eficiencia de su degradación con cromatografía de líquidos ultra-alta resolución (UPLC) con detector UV-Vis a longitudes de onda específicas en NaCl 0.1 M y Na₂SO₄ 0.1 M (pH≅7), así como su valoración toxicológica con un kit comercial. Además, se identificaron los productos de reacción con UPLC acoplado a espectrometría de masas (MS)/MS, para proponer una ruta de degradación bajo las condiciones experimentales empleadas.

3. RESULTADOS

De acuerdo con las condiciones experimentales empleadas en este estudio, al emplear como cátodo papel carbón, se logró identificar que en presencia de Na₂SO₄ se tenía la generación de radicales SO₄^{•-}, y en presencia de NaCl se generaba cloro activo, contribuyendo dichos agentes oxidantes interfaciales a la degradación total de AMX y KET en menos de 10 min, en presencia de aire y el cátodo de PC, al desarrollar la reducción de O₂ vía 2e⁻ para tener H₂O₂, quien también contribuye a la degradación de los fármacos en estudio.

4. CONCLUSIONES

La degradación de AMX y KET con el sistema IrO₂-Ta₂O₅/Ti || PC se generan más radicales [•]OH y SO₄^{•-}, así como el H₂O₂ en Na₂SO₄ con una toxicidad ligera, identificando cinco intermedios de degradación UPLC/MS/MS: A₁, A₂, K₁, K₂ y K₃.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Mukhopadhyay, S. Duttagupta, A. Mukherjee. *J. Environ. Chem. Eng.*, 10 (2022) 107560-23.
- [2] M. Bosio, B.M. de Souza-Chaves, E.M. Saggioro, J.P. Bassin, M.W.C. Dezotti, M.E. Quinta-Ferreira, R.M. Quinta-Ferreira. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, 28 (2021) 23958-23974.
- [3] R.A. Herrada, A. Medel, F. Manríquez, I. Sirés, E. Bustos. *J. Hazard. Mater.*, 319 (2016) 102-110.

EAM-O08 Degradación de sulfametoxazol empleando un cátodo de fieltro de grafito modificado con negro de humo y PTFE en el proceso electro-Fenton

Presentación Oral

S. Mori Huerta¹, M. L. Salazar López², J. D. García Espinoza¹, L. A. Godínez Mora-Tovar^{1*}

¹ Centro de Investigación en Química para la Economía Circular, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro.

² Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C.

E-mail: luis.godinez@uaq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El sulfametoxazol (SMX) es un antibiótico de sulfonamida que presenta una escasa biodegradabilidad; debido a esto, los procesos tradicionales de tratamiento de aguas residuales tienen una reducida eficiencia de eliminación de SMX [1]. En este contexto se puede implementar el proceso electro-Fenton (EF) empleando como cátodo fieltro de grafito (FG), modificado con negro de humo (NH) y politetrafluoroetileno (PTFE) con la finalidad de incrementar el área electroactiva e hidrofobicidad del material soporte.

2. METODOLOGÍA

La estrategia experimental inició con el pretratamiento del FG para homogenizar sus características. Posteriormente se realizó la modificación de una de sus superficies con NH, empleando 4 cantidades distintas. A esta superficie se le realizó una caracterización electroquímica, determinando capacitancia, área electroactiva, y producción de H₂O₂.

A partir de los resultados de la caracterización electroquímica se determinó cual es el material con el mejor desempeño y fue al que se le aplicó sobre la superficie opuesta el PTFE. Una vez elaborado el cátodo con ambas superficies modificadas se realizó una caracterización fisicoquímica.

El cátodo se implementó para la decoloración de AM como molécula modelo, empleando cuatro configuraciones con condiciones distintas y cada una con dos formas de acomodo diferentes, suministrando aire o nitrógeno. Con la configuración y condiciones adecuadas, se realizó la degradación de SMX y se dio seguimiento por medio de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC por sus siglas en inglés).

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa que el proceso EF

empleando el cátodo de FG/NH/PTFE flotando mientras se burbujea oxígeno en la solución puede alcanzar una degradación del 91% de SMX al aplicar un potencial de -0.9 V vs Ag/AgCl durante 180 min.

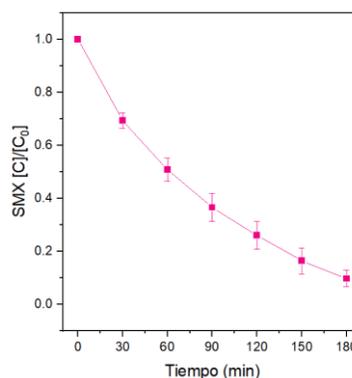


Figura 1. Degradación de SMX.

4. CONCLUSIONES

Al modificar el FG con NH, se incrementa el área electroactiva. Y la superficie modificada con PTFE brinda flotabilidad al cátodo y elimina la limitación de O₂ presente en solución acuosa.

Al emplear el cátodo de FG/NH/PTFE en el proceso EF se degradó de manera efectiva el SMX, alcanzando un valor del 91% al aplicar -0.9 V vs Ag/AgCl durante 180 min.

5. REFERENCIAS

A. Fu, Z. Liu, & Z. Sun, *Chemosphere*, 297, 13425 (2022).

EAM-O09 Estudio del efecto de las burbujas electro generadas en reacciones sonoelectroquímicas para la decoloración de azul de metileno en agua

Presentación Oral

I. A. Díaz Amayo¹, J. Santos Cruz¹, J. D. García Espinoza¹, I. Robles Gutiérrez², J. J. Treviño Reséndez²,
L. A. Godínez Mora Tovar¹

¹Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, Querétaro

²Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C.

E-mail: aurorad.ck@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de contaminantes orgánicos recalcitrantes en el agua residual se han vuelto una inquietud a nivel global. Entre las alternativas para la degradación de colorantes, se encuentran los procesos avanzados de oxidación (PAO) [1]. Dentro de los PAO existe la sonoelectroquímica, la cual es el estudio de los efectos y aplicaciones de ondas ultrasónicas en los procesos electroquímicos. Cuando es utilizado el ultrasonido da como resultado la generación de microburbujas cavitantes, por lo tanto, el trabajo propone dirigir las implosiones de la cavitación en la interfase electroquímica a través de la generación electroquímica de microburbujas, las cuales al estar bajo el efecto del ultrasonido pueden resultar en un fenómeno de resonancia [2]. El objetivo del trabajo fue evaluar la interacción de burbujas electro generadas en la interfase electroquímica con estímulos periódicos mecánicos para promover la reacción electro-Fenton y la decoloración de azul de metileno en agua.

2. METODOLOGÍA

Se construyó una celda sonoelectroquímica que está conectada a un potencióstato, el cual es capaz de generar pulsos a -1.2 V o $+1.2\text{ V}$ vs $\text{Ag}|\text{AgCl}$ en periodos de tiempo cortos para producir burbujas de H_2 o O_2 según sea el caso, mientras se lleva a cabo la reacción electro-Fenton a un potencial de -0.8 V vs $\text{Ag}|\text{AgCl}$ [3].

3. RESULTADOS

Si se observa la Figura 1 de manera global, visualizamos un patrón de onda indicando resonancia entre la vibración naturales de las burbujas a diferentes tamaños y la vibración fija de la cavitación, sin embargo, también indica que es posible favorecer y

promover la cavitación interfacial con respecto a el fenómeno tradicional de electro-Fenton sono asistido. Por lo tanto, esto significa una nueva perspectiva tecnológica para favorecer las reacciones electroquímicas, ya que al sembrar burbujas focalizamos y dirigimos las implosiones de la cavitación en la interfase electroquímica electrodo-solución.

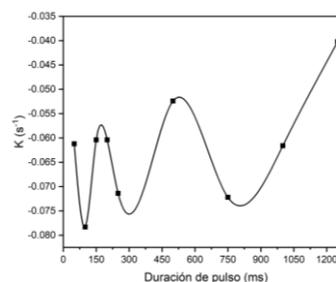


Figura 1. Relación entre la duración del pulso para electro-generar burbujas y la constante de velocidad en las decoloraciones.

4. CONCLUSIONES

Se encontró una interesante observación en lo que significa sembrar burbujas en la interfase electroquímica. Hay que recordar que las reacciones electroquímicas son llevadas en la frontera entre el electrodo y la solución, al sembrar burbujas en esta interfase se está dirigiendo los eventos de cavitación en esta zona, es decir, se está promoviendo una cavitación interfacial

5. REFERENCIAS

- [1] E. Brillas, *et al. Chemical Reviews*. **12**, 6570, (2009).
- [2] C. Petrier, *et al. Ultrasonics Sonochemistry*. **17**, 111, (2010).
- [3] C Yi, *et al. Ultrasonics Sonochemistry*, **43**, 156–165. (2018)

EAM-O10 Uso de electrodos de BDD para la degradación eficiente y sostenible de mezclas de colorantes mediante proceso fotoelectro Fenton solar

Presentación Oral

Y. G. López Durán¹, Dr. J. M. Peralta Hernández¹, Dr. O. Serrano Torres¹, Dra. S. Gutiérrez Granados¹

¹Universidad de Guanajuato. División de Ciencias Naturales y Exactas. Cerro de la Venada S/N. Pueblito de Rocha. C.P. 36049, Guanajuato, Guanajuato, México.

E-mail: yg.lopezduran@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de la contaminación del agua es esencial debido a su impacto en la calidad de vida. En México, la escasez de agua es un problema, agravado por la contaminación industrial, especialmente en la industria textil y curtiduría. Aquí, los colorantes sintéticos son difíciles de degradar, representando una amenaza para el medio ambiente y la salud pública. Los Procesos Electroquímicos Avanzados de Oxidación (PEAO) ofrecen una solución, siendo eficientes y capaces de degradar contaminantes recalcitrantes llevando a su mineralización formando CO₂ y agua [1]. Los PEAO utilizan electrodos de BDD, destacando por su estabilidad y resistencia. La combinación de PEAO con la radiación solar, conocida como fotoelectro-Fenton solar, emerge como una estrategia prometedora y de bajo coste. Esta técnica aprovecha la luz UV para generar radicales libres hidroxilo ($\bullet\text{OH}$), que degradan los contaminantes orgánicos [2].

2. METODOLOGÍA

Los ensayos de electrolisis se realizaron a escala laboratorio en un reactor tipo tanque agitado y escala pre piloto en un reactor tipo filtro prensa acoplado a un CPC. Radiación con lampara UV (254nm) y radiación solar. Los electrodos eran una película delgada de BDD y acero. Se probaron diferentes concentraciones para las soluciones de colorantes, densidad de corriente (j) (70 y 100 mA/cm²) utilizando una fuente de alimentación BK Precision 1688B. Las soluciones se ajustaron a pH 3 y como mezcla de electrolito Na₂SO₄/NaCl 17.5 mM con oxigenación previa.

3. RESULTADOS

De los ensayos a escala de laboratorio en un reactor tipo tanque agitado se obtuvo como resultado una alta eficiencia en la degradación del colorante Violeta S4B (100mg/L) y su mezcla con Negro NT2 y

Pardo (120 y 300 mg/L) siendo el proceso FEFS particularmente efectivo. Demostrando que el acoplamiento de los PEAO, en una celda de BDD/BDD alcanza una eficiencia de decoloración del colorante Violeta S4B (100mg/L) de hasta el 99% y de hasta 77% de decoloración de la mezcla de colorantes (120mg/L). Se estudió el efecto de las condiciones de reacción sobre el porcentaje de degradación y constante cinética, obteniéndose una mayor eficiencia de degradación en orden FEF< SFEF durante 60 minutos de tratamiento y una degradación de hasta 67% de decoloración de la mezcla de colorantes (300mg/L) a escala pre piloto (30L) durante 180 minutos. Se dio seguimiento de subproductos de degradación por HPLC encontrando ácidos carboxílicos de cadena corta.

4. CONCLUSIONES

La aplicación de los PEAO con acoplamiento de la radiación solar para la degradación del colorante Violeta S4B y su mezcla con Negro NT2 y Pardo, ofrecen altas eficiencias en la degradación de estos colorantes, siendo una solución viable y respetuosa con el medio ambiente para abordar la contaminación del agua en la industria curtidora

5. REFERENCIAS

- [1] Brillas, I. Sirés, & M. A. Oturan, *Chemical Reviews*, **109**(12), 6570-6631 (2009).
- [2] H. R. Juárez *Cultura Científica y Tecnológica*, **17**(1), Article 1. (2020).

EAM-O11 Efecto en la conversión y la selectividad durante la oxidación de urea en la interfaz de electrocatalizadores Ni-P/C en medio alcalino

Presentación Oral

F.A. Gómez-Gómez*, J.A. Wang, L.F. Chen, A. Manzo-Robledo**.

Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional,
Colonia Zacatenco, C.P. 07738, Ciudad de México, México

e-mail: *fgomezg2101@alumno.ipn.mx, **amanzor@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las Aguas residuales contienen componentes orgánicos nitrogenados provenientes de las actividades industriales (fertilizante) y domésticas (orina) que pueden usarse para la generación de productos de interés comercial como el nitrógeno, hidrazina y/o hidrógeno. Los procesos electroquímicos han llevado el desarrollo de electrocatalizadores altamente eficientes, selectivos, estables y rentables, para la oxidación de urea como fuente de energía y como una estrategia para disminuir la contaminación ambiental [1].

2. METODOLOGÍA

La reacción de electrooxidación de urea en medio alcalino se llevó a cabo en la interfaz de catalizadores de fosfato de níquel (Ni-P) y níquel metálico (Ni). Los materiales fueron sintetizados por el método de impregnación-solvotermal, y soportados en carbón Vulcan (C). La caracterización morfológica y estructural de los electrocatalizadores fue estudiada usando SEM, XRD, Raman y XPS, para elucidar las propiedades intrínsecas de los materiales. Las mediciones electroquímicas se llevaron a cabo usando voltametría cíclica, espectroscopia de impedancia electroquímica y espectroscopía de masas *in-situ* (DEMS), para la detección de especies producidas en la superficie del electrodo durante la reacción de oxidación.

3. RESULTADOS

Se demostró que al modificar la relación en peso de Ni:P (1:3, 1:5, 1:7) durante la síntesis de los catalizadores Ni-P/C, se evidencia un aumento en la actividad catalítica frente al catalizador Ni/C durante la electrooxidación de la urea, fue evidente (Figura 1). La conversión de oxidación de urea se incrementa en el orden 1:7>1:5>1:3, en función de la relación Ni:P. La incorporación del fósforo puede regular la estructura electrónica del Ni, aumentando los sitios

activos, y permitiendo una mejor desorción de grupos CO en la superficie del catalizador.

Por otro lado, usando DEMS se encontró que especies tales como N₂, NO, NO₂, N₂O y NH₃ son producidas durante polarización anódica. Los resultados mostraron una mayor selectividad hacia N₂ con trazas de NO_x.

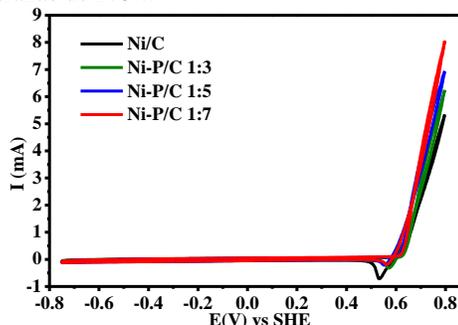


Figura 1. Característica corriente - potencial en 1M KOH en 0.5M urea a 50 mV/s de los catalizadores Ni/C, NiPO₄/C.

4. CONCLUSIONES

En este estudio ha sido demostrado la alta actividad catalítica, selectividad y conversión del material Ni-P/C durante la electrooxidación de la urea, con respecto a la concentración del precursor de fosfato en níquel. Las técnicas de caracterización *in-situ* son claves para el avance y planteamiento relacionado con las secuencias de reacción, proporcionando información importante sobre electrocatalizadores para el control de la contaminación y/o la generación de hidrógeno.

5. REFERENCIAS

- [1] M.A. Perez-Sosa, E. Ramirez-Meneses, A. Manzo-Robledo, J. Mateos-Santiago, M.A. Hernandez-Perez, V. Garibay-Febles, L. Lartundo-Rojas, G. Zacahua-Tlacuatl, *International Journal of Hydrogen Energy*, **46(41)**, 21419–21432, 2021.

EAM-O15 Evaluación de la generación de energía eléctrica y remoción de DQO en celda de combustible microbiano de dos cámaras

Presentación Oral

A. Muñoz Bernal¹, M. M. Aguilera Flores J. R. Espinosa Lumbreras², V. Ávila Vázquez¹.

¹Instituto 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.

² Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Mecánica, Ramón López Velarde 801, Zacatecas Centro, Zacatecas, ZAC 98000, México
E-mail: amunozb1901@alumno.ipn.mx, vavila@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La bioenergía es la energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica, generalmente obtenida de los residuos de las sustancias que constituyen los seres vivos.[1] Las celdas de combustible microbiano (CCM) es un dispositivo bioelectroquímico que emplea biorreactores con microorganismos capaces de convertir la energía química de un sustrato biodegradable en energía eléctrica.[1]. En el presente trabajo se muestra la evaluación electroquímica de una celda de dos cámaras empleando como electrodos escobillas de fibras de carbón para la generación de energía eléctrica y la degradación de compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en aguas residuales domésticas.

2. METODOLOGÍA

Se empleó una celda de combustible microbiano de dos cámaras con una capacidad de 160 mL cada una, separada por una membrana de Nafion, empleando escobillas de fibras de carbono como electrodos en ánodo y cátodo, utilizando como sustrato e inóculo aguas residuales domésticas.

Se midió el voltaje a circuito abierto para determinar el ciclo de degradación y se caracterizaron electroquímicamente mediante un potenciostato VersaStat3 para la obtención de la curva de polarización y potencia, las resistencias y la estabilidad en la producción de energía en la CCM, adicionalmente se evaluó la DQO al inicio y final del tratamiento.

3. RESULTADOS

Los resultados preliminares muestran un ciclo de degradación de 6 días, con un porcentaje de remoción de DQO del 21.23%. Se obtuvo un potencial máximo

a circuito abierto de 350 mV a las 24 horas, en un ciclo de 6 días, además se obtuvo una DP_{max} de 20.43 mW/m³ y una i_{max} de 90.39 mA/m³ y de acuerdo con la prueba de cronoamperometría presentó una corriente de 0.020 mA durante 1800 s. Por ellos las CCM son una alternativa en la producción energética actual y tratamiento de aguas residuales.

4. CONCLUSIONES

La CCM se puede emplear como una alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas con un porcentaje de remoción de DQO de 21.23% en condiciones naturales durante un periodo de 6 días con la capacidad de producir energía eléctrica obteniéndose un valor de DP_{max} de 20.43 mW/m³.

5. REFERENCIAS

[1] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Guía de Programas de Fomento a la Generación de Energía con Recursos Renovables*, p. 18, impreso y hecho en México, (2015).

EAM-O16 Tratamiento de un efluente real, para la eliminación de cuatro contaminantes emergentes (CFX, CIP, SMX, Y CBZ), mediante oxidación avanzada

Presentación Oral

B. E. Bonola Barrientos¹, I. C. Romero Ibarra¹, C. Guerrero Barajas², J. G. Vázquez Arenas^{3*}

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas, Instituto Politécnico Nacional, Av. IPN No. 2580, Gustavo A. Madero, C.P. 07340 Ciudad de México.

²Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología IPN, Av. Acueducto, La Laguna Ticomán, Gustavo A. Madero, 07340 Ciudad de México, CDMX.

³Centro Mexicano para la Producción más Limpia, Instituto Politécnico Nacional, Av. Acueducto s/n, Col. La Laguna Ticomán, Ciudad de México, 07340, México.

E-mail: bbonolab2000@alumno.ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El gran estrés hídrico existente en la CDMX promueve el máximo aprovechamiento de los efluentes de las PTAR. A nivel nacional estos circuitos no tienen la capacidad de remover contaminantes emergentes, lo que constituye una restricción para generar agua potable [1]. La mayor parte de este tipo de efluentes presenta numerosos contaminantes emergentes, entre los que destacan los compuestos farmacéuticos. La presencia de este tipo de contaminantes constituye el último paso para lograr el reciclaje de este recurso.

De esta manera, este estudio evalúa la eficiencia de un tren de tratamiento a escala de banco compuesto por un proceso de coagulación/floculación con una sal/biopolímero de cloruro férrico, y un proceso de oxidación avanzada (AOP) donde mediante un proceso electroquímico se genera cloro activo, el cual se transforma en radicales mediante la aplicación de radiación UV254 [2].

2. METODOLOGÍA

Los siguientes reactivos analíticos se adquirieron de Merck y se utilizaron tal como se recibieron: cloruro de sodio (NaCl, 98 %), ácido sulfúrico (H₂SO₄, 96 % v/v). Mientras que Ciprofloxacino (CIP), Carbamazepina (CBZ), Cefadroxilo (CFX) y Sulfametoxazol (SMX) fueron de grado farmacéutico.

3. RESULTADOS

El efluente utilizado fue colectado de la planta San Juan Ixhuatepec (PTAR) “La Presa 63, 54187 Tlalnepantla de Baz, Méx.”; de origen doméstico sin someterse a ningún tipo de tratamiento. La muestra de la PTAR fue fortificada con 20 mg L⁻¹ de cada compuesto farmacéutico.

La solución obtenida se utilizó para el proceso electroquímico asistido por fotólisis, donde la producción de HOCl y •OH se evaluó variando el flujo volumétrico, concentración de NaCl, pH y densidad de corriente.

La Figura 1. Muestra el análisis por HPLC realizado en la muestra de aguas residuales de la PTAR luego de ser fortificado con 20 mg L⁻¹ a diferentes tiempos del tratamiento AOP.

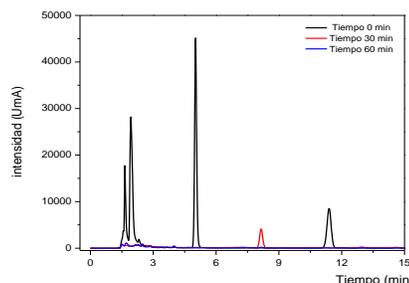


Figura 1. HPLC del Proceso AOP.

4. CONCLUSIONES

Se realizó el tratamiento de aguas residuales domésticas crudas de una PTAR en el norte de la CDMX, detectándose la presencia de CFX, CIP, SMX y CBZ. Se logró una mineralización del 95 % de todos los contaminantes en el proceso electroquímico asistido por la fotosíntesis, que generó HOCl y •OH en las siguientes condiciones optimizadas: 30 mA cm⁻², 0,2 mol L⁻¹ NaCl, 5 L min⁻¹, pH ajuste y 60 min de tratamiento.

5. REFERENCIAS

- [1] V. H. Robledo Zacarías et al., Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 33 (2017) 221–235.
[2] A.E. Yanez-Rios, et al. JECE 8 (2020) 104357

EAM-O17 Electro-degradación de cafeína y otros componentes orgánicos presentes en agua residual de café empleando un electrodo 3D

Presentación Oral

M. M. Dávila Jiménez ⁽¹⁾, A. Morales Hernández ⁽¹⁾, O. Ornelas Dávila ^{*(1)}, N. R. Silva González ⁽²⁾

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

² Instituto de Física, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.

E-mail: mdavila.uap.mx@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En diversos efluentes, se ha detectado cafeína (CAF), como resultado del consumo exponencial en las últimas décadas de café y de productos farmacéuticos que contienen CAF. Por lo que la CAF y algunos de los componentes orgánicos del café, se han considerado en el grupo de contaminantes emergentes [1-4]. En el presente trabajo se reportan estudios de la oxidación de CAF presente en soluciones de café residuales y del estándar CAF, empleando un electrodo 3D de BDD sin modificar y modificado con el nano-compósito TiO₂-Ni(OH)₂ bajo diferentes condiciones de trabajo, pH y composición de electrolito soporte.

2. METODOLOGÍA

El BDD se impregno con el nano-compósito TiO₂-Ni(OH)₂ dispersado en ETOH. Estudios electroquímicos se realizaron a pH diferentes en NaOH, Na₂SO₄, H₂SO₄ y en soluciones de café residual.

3. RESULTADOS

La oxidación de cafeína a pH 9 ocurre al redor de 1.5V a un pH de 9 y el proceso de oxidación es regido

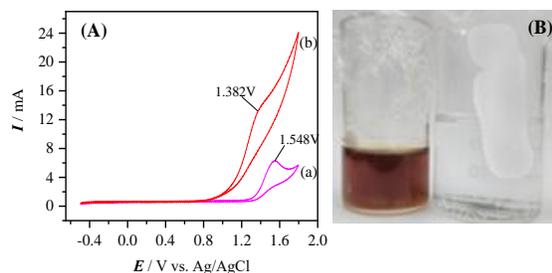


Figura 1. (A) VMC sobre un electrodo de BDD modificado en presencia de 5mM de cafeína en 0.1M Na₂SO₄ pH 9 (a) y pH 14 (b). $v = 0.1$ V/s. (B) Aspecto solución de café antes y después de electrolisis.

por difusión. A pH 14 la oxidación de cafeína ocurre a potenciales menos anódicos (Fig.1). La electro-decoloración a potenciales anódicos y en un medio acido de una solución residual que contiene café, ocurre posiblemente debido a especies oxidantes generadas in situ [5].

4. CONCLUSIONES

La respuesta del par redox Ni²⁺/Ni³⁺ en 0.1 M de NaOH para el BDD modificado ocurre en el intervalo de potenciales de -0.5 a 0.5 V. La oxidación de CAF a pH 9 ocurre en dos etapas (de -0.5 a 2.5 V). A pH 14 la oxidación de CAF inicia a 0.8V y las corrientes de oxidación son en un orden mayor respecto a pH 9.

5. REFERENCIAS

- [1] T. Honda, et al., *PLOS ONE*, March 26, 1-14 (2024)
- [2] R. Cássia Campos, et.al., *Future Foods* 4, 1-10, (2021).
- [3] P. Brosler, et al., *Environments* 2023, 10, 15, 1-34, (2023).
- [4] R. Raj, et al., *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 4, 1-9, 100129 (2021)
- [5] M. Villanueva-Rodríguez, et al. *Water Air Soil Pollut*, 225:2204, 1-11, (2014).

EAM-O18 Remoción simultánea de arsénico, fluoruro y sílica hidratada de agua subterránea por electrocoagulación: comparación de diferentes ánodos de sacrificio (Al, Fe y Al-Fe)

Presentación Oral

L.F. Castañeda^{1*}, I. García¹, J.L. Nava¹.

¹Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Av. Juárez 77, Zona Centro, C.P. 36000, Guanajuato, Guanajuato, México.

*E-mail: lfcu@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es considerada como la mayor reserva de agua potable, pero el proporcionarla se ha convertido en un desafío. Actualmente, existen serios problemas de sobreexplotación de acuíferos, lo que aumenta la probabilidad de encontrar contaminantes tóxicos disueltos en el agua [1]. El consumo de agua contaminada con arsénico (As) y fluoruro (F⁻) en concentraciones >10 µg L⁻¹ y >1,5 mg L⁻¹, según la OMS, respectivamente, puede provocar problemas de salud. La sílice hidratada (SiO₂) no está regulada actualmente, pero si tiene efectos adversos en algunos procesos unitarios dentro de la industria que utiliza este tipo de agua [2-3]. Las aguas subterráneas del estado de Guanajuato presentan concentraciones altas de arsénico que varían entre 40 – 130 µg L⁻¹, de fluoruro entre 2.5 – 7.3 mg L⁻¹ y de sílice hidratada entre 50-161 mg L⁻¹ [4]. Este trabajo compara ánodos de sacrificio (Al, Fe y Al-Fe) en la eliminación de As, F⁻ y SiO₂ de muestras de agua subterránea mediante electrocoagulación (EC) en un reactor electroquímico en continuo.

2. METODOLOGÍA

Las pruebas de EC se realizaron a velocidades de flujo lineales medias entre $1,3 \leq u \leq 5,2 \text{ cm s}^{-1}$ y densidades de corriente entre $3 \leq j \leq 5 \text{ mA cm}^{-2}$. Inmediatamente después de que el electrolito sale del reactor EC, la mezcla de agua y flujos se envía a la prueba de jarra y se mezcla a 30 rpm (mezcla lenta) durante 15 minutos para permitir el crecimiento del agregado. Posteriormente se reposan los áridos durante 1 h, y se analiza la solución clarificada.

3. RESULTADOS

La mejor remoción de arsénico se obtuvo con los electrodos de Fe, con un porcentaje de remoción del 98.5%, Fig. 1a. La mejor remoción de fluoruro y sílice

se logró con el electrodo de aluminio, con porcentajes de remoción de 85.8% y 86.5, respectivamente, Fig. 1b y c.

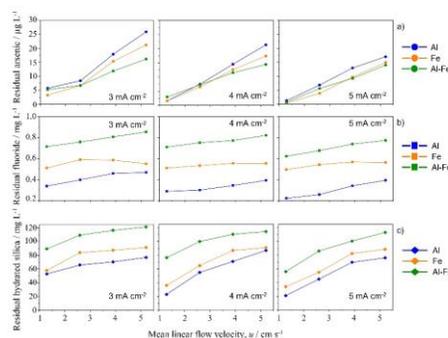


Figura 1. Efecto de Al, Fe y Al-Fe como ánodos de sacrificio en la eliminación de (a) arsénico, (b) fluoruro y (c) sílice hidratada a diferentes velocidades de flujo y densidades de corriente.

4. CONCLUSIONES

El ánodo de hierro facilita la eliminación del arsénico; sin embargo, en el análisis global la mejor opción serían los ánodos de sacrificio de Al ya que tienen un porcentaje de remoción de arsénico similar al Fe y los mejores porcentajes de remoción de fluoruro y sílice. La mezcla alterna Al-Fe presentó los menores porcentajes de remoción, atribuido a la baja concentración de Al y Fe generado como coagulante.

5. REFERENCIAS

- [1] Alarcón-Herrera, M. T., *J. Hazard. Mater.*, **262**, 960, (2013).
- [2] L.F. Castañeda., *J. Environ. Chem. Eng.*, **7**, 103353, (2019).
- [3] L.F. Castañeda, *Chemosphere*, **244**, 125417, (2020).
- [4] R.L. Lopez, *J. Water. Process. Eng.*, **32**, 100923, (2019).

EAM-O19 Caracterización de una celda de combustible microbianas-humedal artificial para la producción de energía y el tratamiento de agua residual

Presentación Oral

K.G Monciabais¹, M.M Aguilera Flores¹, V. Ávila Vázquez¹

¹ 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. 492-92-42-419.

E-mail: kmonciabais2000@alumno.ipn.mx, vavila@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La demanda energética ha propiciado el desarrollo de nuevas alternativas energéticas. Una Celda de Combustible Microbiana (CCM) convierte un sustrato biodegradable directamente a electricidad. Esto se consigue cuando las bacterias, a través de su metabolismo, transfieren electrones desde un donante (la materia orgánica presente en el agua residual) a un aceptor de electrones (electrodo). Las Celdas de Combustible Microbianas (CCMs) son una tecnología emergente que podrían contribuir a solucionar dos de los problemas más críticos que afronta la sociedad actual: la crisis energética y la disponibilidad de agua no contaminada.

2. METODOLOGÍA

En este caso, el sistema HAC-CCM está diseñado en un recipiente con una altura de 23 cm y una capacidad de 4 litros. Los microcosmos HAC-CCM están equipados con dos electrodos, consistentes en cuadros de carbón felt con dimensiones de 12 x 12 cm. La parte inferior del sistema, correspondiente a la zona del ánodo, está compuesta por dos capas de sustrato: arena y grava. Primero se colocan 5 cm de grava con su correspondiente electrodo, seguido de una capa de 5 cm de arena fina. Una vez colocado el segundo electrodo en la parte superior, en la interfaz aire-agua, donde actúa como cátodo, se añade el agua residual. Cabe destacar que se utilizó una planta invasora de río para el HAC, debido a su adaptación a las condiciones del tratamiento de aguas residuales. La caracterización de la CCM se llevará a cabo utilizando técnicas electroquímicas como la voltamperometría lineal y la cronoamperometría. Se elaborarán curvas de polarización, potencia y estabilidad energética.

3. RESULTADOS

Este proyecto se encuentra actualmente en la etapa de obtención de resultados relacionados con la caracterización de la celda de combustible microbiana. Debido a ello, se han considerado algunos resultados de artículos científicos como referencia. En un estudio similar, se han destacado los efectos de la integración de pilas de combustible microbianas en humedales artificiales. Para un flujo vertical con un volumen de 5.4 L con un material del electrodo de Ánodo – placa de grafito Cátodo – placa de grafito se obtuvo una Max. Fuerza de 15.7 mW/m². [1]

4. CONCLUSIONES

El presente estudio tiene como objetivo demostrar claramente que la incorporación de celdas de combustible microbianas (CCM) en los humedales construidos (HAC) mejora significativamente el rendimiento del tratamiento. Además, se ha comprobado que diversas combinaciones de materiales de electrodos pueden ser eficaces, lo cual permite reducir los costos de implementación de las MFC y optimizar la eficiencia del proceso. El principal beneficio de este enfoque radica en que las MFC pueden utilizarse no solo para mejorar el rendimiento del tratamiento de los CW y otras tecnologías anaeróbicas, sino también para generar electricidad de manera concomitante.

5. REFERENCIAS

[1] Srivastava, P., Yadav, A. K., & Mirsha, B.K. (2015). The effects of microbial fuel cell integration into constructed wetland of constructed wetland. *Bioresource technology*, 195, 223-230.

EAM-O20 Identificación de sitios activos responsables de inactivación electroquímica por BPA en superficies de carbono mediante DFT

Presentación Oral

J. Delgado-Avilez¹, R. Jaimes-López², M. Miranda-Hernández^{1*}

¹ Instituto de Energías Renovables, Temixco, Morelos, México. C.P.62580.

² Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD-IPN). Alcaldía Gustavo. A Madero, Ciudad de México, México. C.P. 07340.

E-mail: jazmindelvi@gmail.com, mmh@ier.unam.mx*

1. INTRODUCCIÓN

La detección de contaminantes emergentes en agua, como el bisfenol A (BPA), es un desafío. Los sensores electroquímicos, generalmente basados en electrodos de carbono, presentan ventajas para esta aplicación [1], pero la inactivación electroquímica es un dificultad permanente. Algunos autores la asocian a reacciones secundarias que forman una capa aislante por adsorción o reacciones químicas del BPA en la disolución [2]. Poco se ha reportado sobre las reacciones químicas entre el BPA y los grupos funcionales presentes en el material del electrodo de carbono [3]. Aún no se comprende plenamente cómo estas reacciones intervienen en la reactividad del electrodo y como algunos sitios activos culminan en la desactivación electroquímica. Describir los mecanismos de reacción BPA/superficie del electrodo puede contribuir para identificar sitios activos que influyen negativamente en la cinética de reacción. No obstante, su estudio experimental es complejo y se requiere el uso métodos de química computacional.

2. METODOLOGÍA

En este trabajo, se usó la Teoría de Funcionales de la Densidad (DFT) según los parámetros reportados por Delgado et al [2]. Para analizar detalladamente los mecanismos de reacción entre el BPA en estado oxidado (O), reducido (R) y monoprotonado (r^*) con el material de electrodo de carbono, se simuló sus respectivas interacciones, empleando grafeno funcionalizado (plano basal, borde tipo silla y zigzag) como modelo representativo de la superficie del electrodo. Se evaluó la formación de dímeros, adsorción y /o polimerización del BPA sobre varios grupos funcionales. A partir de la relajación de geometría se calcularon energías de reacción (E_R), índices de reactividad (Fikui), diferencia de densidad de carga ($\Delta\rho$), densidad de estados (DOS) y densidad parcial de estados (PDOS) de sitios activos de monómeros y dímeros del BPA, incluyendo algunas interacciones que resultaron en quimisorción del BPA.

3. RESULTADOS

Los modelos teóricos describieron cuatro tipos de reacciones, siendo la quimisorción la posible causante de la inactivación electroquímica. Los grupos COOH y epóxido en el borde tipo silla son puntos de quimisorción y crecimiento de la cadena polimérica para el BPA oxidado, obteniendo E_R más negativas que otras interacciones. El análisis de reactividad de monómeros, dímeros y trímeros de BPA, mostraron que O y r^* son más susceptibles a reaccionar entre sí. Estos resultados concuerdan con las isosuperficies de $\Delta\rho$ que mostraran la redistribución electrónica de los nuevos enlaces y con el comportamiento de DOS y PDOS al seguir dimerizando o quimisorbiendo, cumpliendo así con los objetivos del presente trabajo.

4. CONCLUSIONES

Se mostró qué grupos funcionales favorecen la quimisorción del BPA. Se predijo la formación de diferentes dímeros y trímeros del BPA. Se resalta la importancia de considerar el material del electrodo y las formas oxidadas del BPA, así como la reactividad de estas. El conocer las reacciones secundarias negativas, puede contribuir a tomar medidas para evitar la inactivación. Contribuyendo de base al diseño y la optimización de sensores electroquímicos con un desempeño más robusto.

5. REFERENCIAS

- [1] S. Fu *et al.*, *Microchem. J.*, vol. 171, no. August, p. 106776, Dec. 2021.
- [2] J. Delgado-Avilez, G. A. Huerta-Miranda, R. Jaimes-López, and M. Miranda-Hernández, *Electrochim. Acta*, vol. 402, p. 139576, 2022.
- [3] X. Ma *et al.*, *Sep. Purif. Technol.*, vol. 338, no. December 2023, 2024.

EAM-O21 Síntesis verde de H₂O₂ en celdas electroquímicas apareadas convergentes con BiVO₄ como ánodo y cátodos de carbono

Presentación Oral

B. D. García Morales¹, O. A. Jaramillo Quintero¹, M. A. Rodrigo², H. Olvera-Vargas^{1*}

¹ Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México (IER – UNAM)

² Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Castilla – La Mancha (UCLM)

E-mail: gamobd@ier.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Dado que la producción actual de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) mediante oxidación de antraquinona, presenta graves inconvenientes ambientales, se ha investigado durante los últimos años múltiples alternativas a esta ruta tradicional, siendo la generación electroquímica como la más prometedora [1]. En este trabajo se estudia la síntesis verde de H₂O₂ en celdas electroquímicas apareadas convergentes (producción anódica y catódica), enfocándose en el uso de BiVO₄ [2] como ánodo y cátodos de carbono. Con el fin de desarrollar un proceso altamente eficiente y medioambientalmente amigable.

2. METODOLOGÍA

La síntesis electroquímica de H₂O₂ se llevó a cabo primero en una celda tipo batch con tres electrodos: cátodo de fieltro de carbono (FC), ánodo de FTO con un depósito de BiVO₄ (ambas de 2 x 2 cm) y un electrodo de referencia Ag/AgCl. Posteriormente, se operó en una celda tipo prensa de flujo semicontinuo con el mismo ánodo y papel de carbono (PC) como cátodo. Durante la etapa experimental se analizó la influencia de distintas variables de operación: potencial de electrodo (anódico), tipo y configuración de la celda, tipo y concentración electrolito, y efecto de la luz (fotoelectrocatalisis).

3. RESULTADOS

Primero, la producción anódica de H₂O₂ usando BiVO₄ en una celda tipo batch no dividida y no apareada aumentó a mayor potencial de electrodo, alcanzando 12.31 mg L⁻¹ a 3.5 V vs Ag/AgCl. Sin embargo, al usar el BiVO₄ en una celda apareada convergente (cátodo de FC), la producción de H₂O₂ llegó hasta 83.18 mg L⁻¹ a 2.5 V vs Ag/AgCl. La celda apareada mostró una sinergia como se aprecia en la Fig. 1a. Además, se determinó que la reacción catódica fue la dominante.

En la celda dividida tipo prensa se obtuvieron 8.93 mg L⁻¹ de H₂O₂ en el compartimiento anódico (45.28 mg L⁻¹ en total) a 3.5 V (Fig. 1b). Más aún, la producción aumentó con la presencia de una fuente de iluminación (LED azul), alcanzando 24.44 mg L⁻¹ de H₂O₂ anódico (61.85 mg L⁻¹ en total). El efecto de la luz se debe al fenómeno de fotocatalisis.

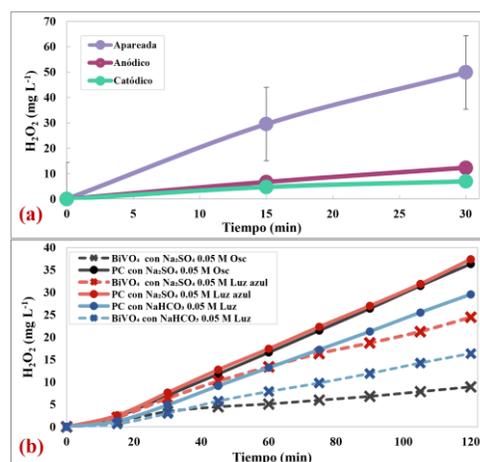


Figura 1. (a) Comparación de H₂O₂ en celda batch no dividida a 3.5 V; (b) Comparación de H₂O₂ en celda dividida tipo prensa, variación de factores.

4. CONCLUSIONES

El BiVO₄ es un (foto)electrocatalizador eficiente para la síntesis anódica de H₂O₂ mediante oxidación del agua, cuya acumulación en solución aumentó considerablemente en una celda apareada convergente con cátodo de carbono que promueve la producción de H₂O₂ mediante reducción de O₂.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Y. Zhang et al., *Journal of energy chemistry*, vol. 67, p. 432, (2022).
 [2] M. Pelissari, et al., *Electrocatalysis*, vol. 12, p. 211, (2021).

EAM-O22 Tratamiento de agua residual proveniente de la hemodiálisis en clínicas hacia una economía circular para el desarrollo sostenible: electrocoagulación/electrooxidación/adsorción

Presentación Oral

E. Bustos¹, V.J. González-Nava¹, J. Cárdenas¹, R.F. Frausto¹

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

E-mail: ebustos@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La hemodiálisis (HD) es un proceso de sustitución renal extracorpórea que va dirigida a eliminar impurezas y desechos de la sangre [1]. Este tratamiento requiere de grandes cantidades de agua; un solo paciente llega a consumir hasta 500 L de agua por sesión para su tratamiento, mínimo tres sesiones por semana para mantener su calidad de vida [2]. Desafortunadamente, esa agua residual procedente de HD es vertida directamente al alcantarillado sin tratamiento alguno [3]. Por lo tanto, en este trabajo se propone el uso de tecnologías electroquímicas: electrocoagulación (EC), electro-oxidación (EO), y adsorción con carbón activado (ACA), para el tratamiento de este efluente, logrando así, una disminución considerable de los parámetros fisicoquímicos por debajo de los límites máximos permisibles de acuerdo a la normatividad mexicana, para su posible reúso en la misma clínica.

2. METODOLOGÍA

Se realizó el tratamiento del agua residual procedente de la HD de la clínica Madrid a nivel piloto con el sistema modular constituido por EC (ss-304||Ti, 1.11 A, 2 V, 15 min, 2 L min⁻¹ y 14 L), EO (IrO₂-Ta₂O₅||Ti||Ti, 1.97 A, 2 V, 15 min, 2 L min⁻¹ y 14 L), y ACA. El agua tratada se caracterizó con las normas NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Los lodos generados durante el proceso de EC se caracterizaron con la NOM-052-SEMARNAT-2005 y la NOM-004-SEMARNAT-2002.

3. RESULTADOS

El agua residual proveniente de la clínica Madrid se trató empleando el sistema piloto EC-EO, disminuyendo de manera considerable los contaminantes presentes en el agua residual, pero no para DBO₅, cuyo valor quedaba por arriba de la NOM-003-SEMARNAT-1997, es por ello que se decidió

trabajar con el acoplamiento de la EC-EC-EO-ACA, con el cual, los parámetros fisicoquímicos disminuyeron significativamente: metales pesados (75%), así como sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos disueltos totales (SDT, 100%), por lo que se propone el reúso del agua tratada en los servicios (baños y riego) en la misma clínica. Además, de acuerdo con la caracterización fisicoquímica realizada a los lodos, estos no son residuos peligrosos, por lo que se propone utilizarlos como mejoradores de suelo en la misma clínica.

4. CONCLUSIONES

El sistema modular compuesto por EC-EC-EO-ACA ayudó a remover SST, SDT, y metales pesados; además de una disminución considerable de la DQO, para el posible reúso del agua tratada, y el potencial uso de los lodos generados después de la EC, como fertilizantes o mejoradores de suelo, ambos en la misma clínica.

5. REFERENCIAS

- [1] Fernández Lucas, M., Teruel Briones, J. L. (2020) Nefrología al día. Técnicas de Hemodiálisis, <https://www.nefrologiaaldia.org/267>.
- [2] Mahdavi M., Mahvi A. H., Salehi M., Sadani M., Biblari H., Tashauoei H. R., Ebrahimi A., Yengejeh R. J., and Fatehizadeh A. (2020) Wastewater reuse from hemodialysis section by combination of coagulation and ultrafiltration processes: Case study in Saveh-Iran Hospital, *Desalin. Water Treat.* 193, 274-283.
- [3] Tarrass F., Benjelloun M., and Benjelloun O. (2008) Recycling Wastewater After Hemodialysis: An Environmental Analysis for Alternative Water Sources in Arid Regions. *Am. J. Kidney Dis.* 52 (1) 154-158.

EAM-O24 Eliminación de microplásticos y iones metálicos mediante electrocoagulación

Presentación Oral

O. Cervantes^{1,2}, E. Garavito-Espinosa¹, N. Casillas², N. Menendez¹, P. Herrasti^{1*}

¹Departamento de Química Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid. Francisco Tomás y Valientes 7, C.P. 28049, Madrid, España

²Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara. Marcelino García Barragán 1421, Col. Olímpica, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México.

E-mail: pilar.herrasti@uam.es

1. INTRODUCCIÓN

La electrocoagulación (EC) elimina contaminantes de aguas residuales aplicando corriente eléctrica a electrodos, formando compuestos que desestabilizan y precipitan los contaminantes [1].

Los microplásticos (MPs), que pueden transportar iones metálicos como el cobre (Cu) y el cadmio (Cd), son una amenaza persistente en el medio ambiente [2]. Es urgente desarrollar estrategias efectivas para eliminarlos.

Este trabajo evalúa la eficiencia de EC para remover MPs y iones metálicos, variando la densidad de corriente, el tiempo de electrólisis, el material de los electrodos y la concentración inicial de contaminantes.

2. METODOLOGÍA

Los ensayos se llevaron a cabo utilizando una celda electrolítica de vidrio de 600 mL. Sobre la celda se dispuso un soporte impreso en 3D que mantuvo un área de 60 cm² sumergida de los electrodos invariable, a 2 cm de distancia cada uno en un volumen de 500 mL. Los electrodos fueron lijados, limpiados, y conectados a una fuente de alimentación de CC. La celda se mantuvo en agitación constante durante todo el ensayo.

Se realizaron análisis de eliminación individual, y en conjunto, es decir, MPs y cada ion, Cu(II) y Cd(II) respectivamente.

3. RESULTADOS

En la EC en conjunto con electrodos de Al, la eliminación del ion Cd(II) se ve negativamente influenciada bajo estas condiciones. Mientras el ion Cu(II) alcanza eficiencias de eliminación de 42.1%, 73.1% y 99.8% a los 15, 30 y 60 min, similares a las alcanzadas en las EC individuales (30 min, 73.8%, y 60 min, 99.7%), el Cd(II) alcanza un 7.0%, 8.8% y 21.3% de recuperación a estos mismos tiempos.

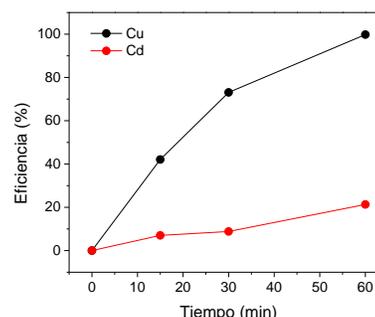


Figura 1. Efecto del tiempo de electrólisis en la eliminación de contaminantes con electrodos de Al. [Cu(II)] = [Cd(II)] = 60 ppm, [MPs] = 30 ppm, $i = 1 \text{ mA cm}^{-2}$.

4. CONCLUSIONES

Este estudio evaluó la eliminación de MPs y iones Cu(II) y Cd(II) en agua mediante EC, considerando variables como el tiempo de electrólisis, la densidad de corriente, el material de los electrodos y la concentración de contaminantes.

Los resultados indicaron que la EC es efectiva, especialmente con electrodos de Al y densidades de corriente adecuadas, aunque concentraciones altas de contaminantes dificultan la eliminación.

La técnica fue eficaz para MPs y Cu(II), pero menos para Cd(II). Se concluye que es necesario optimizar parámetros y estudiar más para superar las limitaciones con ciertos contaminantes como el Cd(II).

5. REFERENCIAS

- [1] F. Liu, C. Zhang, H. Li, et al. *Chemical Engineering Journal*, **456**, 141078, (2023).
- [2] X. Gao, I. Hassan, Y. Peng, et al. *Journal of Cleaner Production*, **319**, 128777, (2021).

EAM-O25 Estudio de la recuperación de metales pesados en lodos de desechos celulósicos vía electroquímica utilizando un modelo de economía circular.

Presentación Oral

M. A. Luna Jiménez¹, E. Onofre Bustamante¹, A.C. Espíndola Flores¹

¹Instituto Politécnico Nacional, CICATA Unidad Altamira.

E-mail: eonofre@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN.

Los estados miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobaron en el año 2015 la Agenda 2030 en donde se contempla el proteger al planeta y sus recursos de la degradación mediante un consumo y producción responsable con el propósito de retrasar el cambio climático [1]. El presente proyecto plantea que mediante la implementación de un método electroquímico recuperar metales pesados de desechos de lodos celulósicos para que de esta forma se transformen dichos lodos en productos de valor agregado mediante la vinculación a un modelo de economía circular.

2. METODOLOGÍA

Las muestras de los lodos celulósicos serán proporcionadas por una empresa papelerera y se identificarán preliminarmente las bacterias presentes, subsecuentemente, tiene lugar la caracterización de los lodos celulósicos mediante las técnicas de DRX, FTIR, XRF, ICP para identificar la estructura de la celulosa y la presencia de metales pesados. Se aplicarán los métodos de voltametría cíclica y pulso galvanostático para la recuperación de metales pesados, posteriormente es necesario caracterizar los residuos metálicos recuperados mediante las técnicas de ICP, XRF y DRX para identificar su composición estructural. El siguiente paso es caracterizar los lodos celulósicos después de la recuperación de los metales pesados mediante ICP, XRF, DRX y FTIR, para determinar la tasa de recuperación de metales pesados.

3. RESULTADOS

La figura 1 muestra la curva de óxido-reducción (3 ciclos) de especies de Fe en un estado inicial de Fe_2O_3 , los parámetros de análisis contemplan aplicar un sobrepotencial de ± 1.5 Volts anódicos y catódicos, comenzando con la aplicación de corriente catódica para favorecer la reacción de reducción. Los electrodos utilizados son de grafito.

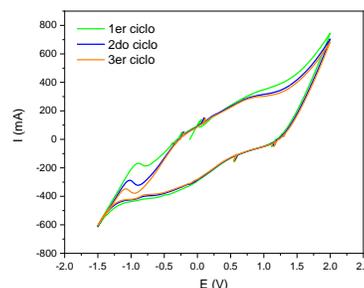


Figura 1. Voltamograma de especies de Fe en estado inicial de Fe_2O_3

Es posible observar el pico catódico, sin embargo, el pico de oxidación no se puede apreciar, la reducción de grafito es mediante la aplicación de un voltaje de 10 Volts y bajo condiciones electrolíticas específicas, debido a esto, es posible considerar que la reacción de oxidación se ve disminuida y no puede apreciarse en el voltamograma.

4. CONCLUSIONES

El presente proyecto propone que, con el desarrollo de una metodología basada en electroquímica de recuperación, residuos de metales pesados sean recuperados y que de esta manera los residuos de celulosa que han sido caracterizados puedan ser dirigidos recursos de valor agregado, de la misma forma, la reutilización y reciclaje de estos residuos permitirá disminuir las emisiones de CO_2 y traerá beneficios ambientales y económicos, a través de implementar un modelo de economía circular en donde el principal objetivo es extender el ciclo de vida de un recurso que ya ha cumplido con su propósito de fabricación por conducto de la reutilización o del reciclaje.

5. REFERENCIAS

- [1] La importancia de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (2021, 22 abril). Iberdrola.
- [2] Economía circular: definición, importancia y beneficios | Noticias | Parlamento Europeo. (2022, 21 abril).

EAM-P01 Electrodeposición con electrodo de cilindro rotatorio para la recuperación selectiva de plata de lixiviados obtenidos a partir de residuos electrónicos

Presentación **Póster**

D. C. Torres Medina¹, J. A. Barragán López^{2*}, E. R. Larios Durán³

¹Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México.

²Departamento de Ingeniería y Tecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Av. Primero de Mayo, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. C.P. 54740, México.

³Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, CUCEI, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P., 44430, México.

E-mail: danae.torres5639@alumnos.udg.mx, barraganlo@outlook.com

1. INTRODUCCIÓN

La vida útil de los aparatos electrónicos ha disminuido. Actualmente, cada año se generan más de 50 millones de toneladas de basura electrónica (EW), de la cual, sólo un 17.4% se recicla. En México, en 2020 sólo se recolectó el 3% formalmente para su reciclaje adecuado” [1].

Sin embargo, la basura electrónica ha llamado la atención como una fuente secundaria de metales debido a su alto contenido en cobre, hierro, aluminio, oro, plata, entre otros [2].

Debido a la alta demanda actual de plata y a su disponibilidad cada vez menor mediante producción minera [3]; en este trabajo se presenta un estudio para determinar las condiciones de operación, densidad de corriente y velocidad de rotación, en un RCE para recuperar plata pura a partir de soluciones lixiviadas de desechos electrónicos.

2. METODOLOGÍA

Para este proceso se parte de una solución de lixiviados de EW que previamente fueron triturados y disueltos en ácido nítrico 0.5 M para posteriormente realizar su recuperación selectiva usando un RCE.

Por lo cual se estudió el efecto de la densidad de corriente aplicada y velocidad de rotación del RCE para operar el reactor electroquímico, siguiendo un diseño de experimentos factorial a fin de determinar los parámetros idóneos para obtener un depósito electroquímico selectivo de plata pura con la menor cantidad de cobre posible.

3. RESULTADOS

Se obtienen depósitos de plata sobre el RCE y se reporta la pureza obtenida de los depósitos en función de los parámetros estudiados en el diseño de experimentos, densidad de corriente y velocidad de rotación.

4. CONCLUSIONES

Es posible recuperar plata de forma selectiva a partir de una solución lixiviada de EW en un reactor con cátodo de cilindro rotatorio.

5. REFERENCIAS

- [1] Grupo Iberdrola. *Qué es la basura tecnológica y como reciclarla*, <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-basura-tecnologica>, (2024).
- [2] Barragán, J. A., Ponce De León, C., Peregrina-Lucano, A., & Larios-dura, E. R. (2020). Copper and Antimony Recovery from Electronic Waste by Hydrometallurgical and Electrochemical Techniques. *ACS OMEGA*, 5(21), 12355–12363. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c01100>
- [3] Tecnología minera. *El crecimiento de instalaciones de paneles solares está acelerando la demanda de plata*, <https://tecnologiaminera.com/noticia/el-crecimiento-de-instalaciones-de-paneles-solares-esta-acelerando-la-demanda-de-plata-1688447910> (2024).

EAM-P02 Análisis Fotoelectroquímico de la REO usando Co_3O_4 como fotoelectrocatalizador

Presentación Póster

Gabriel Flores Roque¹, Alondra Gallegos Carrillo^{1*}, Juan Carlos Ballesteros Pacheco¹

¹Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas, UPLC-CA-01 Carretera La Orilla-La Mira, km 1 + 560 C. P. 60998, Lázaro Cárdenas, Mich., México.

E-mail: alo_gallegosc@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La descomposición del agua ocurre cuando existe el rompimiento de los enlaces O-H para formar H_2 y O_2 . El rompimiento del enlace se puede llevar a cabo por fotólisis, electrólisis, fotocátalisis, termólisis, fotoelectrocátalisis, etc. El análisis termodinámico indica que dos semi-reacciones están involucradas en el proceso global, las cuales son Reacción de Evolución de Oxígeno (REO: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$) y la Reacción de Evolución de Hidrógeno (REH: $4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$). El estudio cinético indica que la REO es la etapa limitante de la reacción global debido a su alto sobrepotencial el cual provoca que sea de velocidad lenta. La REO también es afectada por el tipo de material del catalizador, siendo el IrO_2 y RuO_2 los mejores electrocatalizadores para esta etapa. Iridio y Rutenio son elementos que pertenecen al grupo del platino, por lo que son elementos de alto costo y son poco abundantes en la naturaleza. En este trabajo se propone al Co_3O_4 como fotoelectrocatalizador para su aplicación en la REO [1].

2. METODOLOGÍA

El estudio fotoelectroquímico de la REO usando Co_3O_4 como electrodo en ausencia y presencia de un simulador solar fue llevado a cabo en una celda convencional de cuarzo de tres electrodos. Los experimentos fotoelectroquímicos fueron conducidos usando un potenciostato-galvanostato AUTOLAB PGSTAT302N y un simulador solar AM 1.5 100 mW cm^{-2} Newport. Películas de Co_3O_4 fueron sintetizadas por electrodeposición en condiciones ácidas y alcalinas. La caracterización de las películas se llevo a cabo por DRX, MEB, XPS, UV-vis y IES.

3. RESULTADOS

Los resultados de la evaluación fotoelectroquímica indican que las películas son activas bajo radiación solar, disminuyendo el sobrepotencial para alcanzar una corriente de 10 mA cm^{-2} (Figura 1).

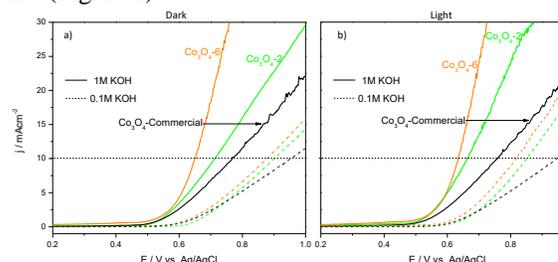


Fig. 1 Análisis electroquímico y fotoelectroquímico para el Co_3O_4 REO.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se evaluó la actividad fotoelectroquímica de películas delgadas de Co_3O_4 sintetizadas por electrodeposición a pH 4.0 y 10.0, los resultados indican que el sobrepotencial disminuye cuando el tamaño de grano de las películas es menor y bajo radiación solar. Las películas fueron estables química y mecánicamente, no se detectó fotocorrosión durante y después de que las películas fueran probadas para REO.

5. REFERENCIAS

[1] Zhebo Chen, Huyen N. Dinh, Eric Miller, Photoelectrochemical Water Splitting: Standard, Experimental Methods, and Protocols, Springer, 2013.

EAM-P03 Detección electroquímica de mercurio (Hg^{2+}) en muestras biológicas de consorcios microbianos metalotolerantes

Presentación Póster

R.A. García-Jiménez¹, J.A. Perez-García¹, M.Y. Reyes-Vidal¹, F.J. Bacame-Valenzuela²

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Pedro Escobedo, Querétaro, México

²Investigador por México, Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología.

E-mail: ajimenez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El mercurio (Hg^+) es un contaminante peligroso debido a su persistencia en el ambiente y su capacidad de bioacumularse en los organismos, provocando daños a la salud [1]. Por ello, las tecnologías de biorremediación se presentan como alternativas prometedoras para la remoción de Hg^+ , empleando microorganismos metalotolerantes que eliminan este contaminante del agua [2]. Sin embargo, para optimizar este proceso, es fundamental comprender el mecanismo biológico subyacente a la remoción de Hg^+ . Por lo tanto, se requieren técnicas de detección de Hg^+ en muestras biológicas que permitan monitorear eficazmente su eliminación [3]. En el presente estudio, se utilizó la voltamperometría de barrido lineal (LSV) para detectar Hg^+ en muestras biológicas. Esta investigación contribuye al desarrollo y mejora de biotecnologías destinadas a la remoción de trazas de Hg^+ en aguas residuales.

2. METODOLOGÍA

Se analizaron muestras biológicas (sobrenadante, lisado y lavado celular) de consorcios microbianos cultivados con Hg^+ (0.5-100 mg/L) en una celda electro-analítica con electrodo de trabajo de carbón vítreo. La detección involucró pre-concentración de Hg^+ por cronoamperometría (CA) a -1 V vs. ECS (2 min), seguida de LSV a 10 mV/s, utilizando un potenciostato BioLogic® VSP.

3. RESULTADOS

La **Figura 1** presenta los resultados del análisis por LSV de las muestras biológicas. Esto confirma que el consorcio microbiano presenta tolerancia al Hg^{2+} , soportando concentraciones de hasta 100 mg/L. Se observó que el consorcio logró una eficiente remoción del 83% de Hg^{2+} después de 72 horas de exposición, lo que evidencia su capacidad para eliminar este contaminante. Además, la detección de Hg^{2+} tanto en

la fracción del lavado celular como en el lisado celular sugiere un mecanismo de remoción que involucra bioacumulación en la membrana celular y absorción intracelular en el citoplasma.

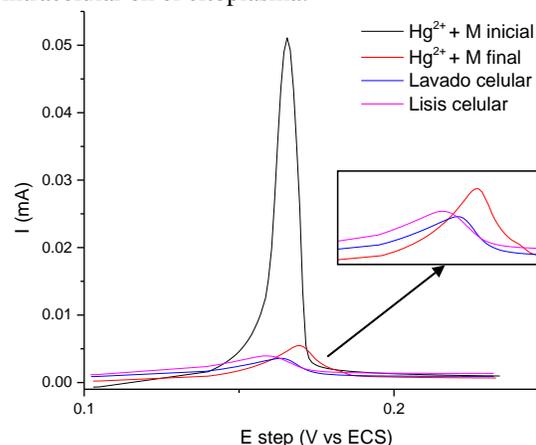


Figura 1. LSV de diferentes muestras biológicas obtenidas a partir del cultivo microbiano.

4. CONCLUSIONES

El empleo de LSV fue exitoso para la detección de Hg^{2+} en muestras biológicas. El consorcio microbiano logró una remoción máxima de 83% en 72 h. La remoción de Hg^{2+} se lleva a cabo por bioacumulación en la membrana y al interior de las células.

5. REFERENCIAS

- [1] Kehrig, H., Baptista, G., *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, **52**, 233, (2017).
- [2] Vela-García, N., Guamán-Burneo, M. C., González-Romero, N.P., *Revista internacional de contaminación ambiental*, **35**, 917 (2019).
- [3] A. Santana - Flores, A. Sánchez-Ayala, *Terra Latinoamericana*, **38**, 67, (2020).

EAM-P04 Recuperación sustentable de materiales de alto valor presentes en las baterías de Li

Presentación Póster

D.I Martínez Hernández¹, M.A. Varela Tsuchiya¹, A. G. González Guitiérrez¹, G. Guzmán González², N. Casillas Santana¹

¹Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. Marcelino García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P 4443, México.

² Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.

E-mail: david.martinez2907@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías de ion litio son indispensables para el funcionamiento de un gran número de dispositivos electrónicos como teléfonos, computadoras portátiles, vehículos eléctricos, entre otros. La demanda mundial de baterías de ion litio va en aumento, y junto con ello, también los residuos generados. Estos residuos representan un peligro potencial para el medio ambiente y la salud humana si no son tratados de forma adecuada [1]. Sin embargo, estos residuos contienen materiales de alto valor que deben ser recuperados, considerando que la mayoría de ellos no son abundantes en la tierra y su extracción primaria está asociada con problemas ambientales y sociales [2]. El objetivo de este trabajo es la recuperación de materiales de alto valor presente en el cátodo de las baterías de ion litio que posteriormente permitirán el desarrollo de métodos eficientes y sostenibles de recuperación.

2. METODOLOGÍA

Las baterías de Li de diferentes marcas comerciales fueron recolectadas de un centro de distribución de equipo electrónicos en la cd. de Guadalajara, Jal., México. Las baterías fueron descargadas en una solución de NaCl 1 M. Posteriormente, el cátodo se separó manualmente de la batería. El análisis de composición de los polvos se determinó mediante difracción de rayos X (XRD) y espectroscopia de dispersión de energía (EDS). El cátodo fue cortado en piezas de 1cm x 1 cm y tratados con dimetil carbonato. La lixiviación se llevó a cabo en un matraz con ácido cítrico 1 M y 8 % v/v H₂O₂ durante 70 min a 70 °C en una proporción sólido- líquido de 40 g/L. El complejo en solución fue también caracterizado por técnicas electroquímicas para determinar las condiciones de recuperación.

3. RESULTADOS

En la Fig. 1(a) se presenta los elementos presentes en las baterías de Li, la Fig. 1(b) la solución que resultó de la lixiviación la cual contiene cobalto (II) formando el complejo $[Co(H_2Cit^-)_2]$.

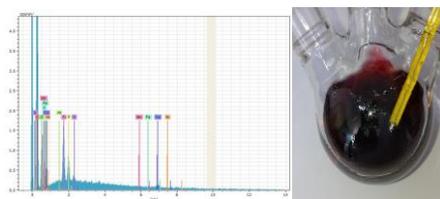


Figura 1. (a) Análisis de composición por EDS de la batería de Li, (b) Solución de lixiviación del cátodo.

4. CONCLUSIONES

Se caracterizaron los polvos catódicos de las baterías confirmando la presencia de cobalto en un 22 % en peso. El uso de un ácido débil en la lixiviación permitió recuperar el aluminio para su reciclado. Así también, la formación del complejo cobalto facilitó la recuperación selectiva del Co.

5. REFERENCIAS

- [1] S. Kim, J. Bang, J. Yoo, Y. Shin, J. Bae, J. Jeong, K. Kim, P. Dong, K. Kwon, *Journal of cleaner production*, **294**, 2, (2021).
- [2] R. Golmohammadzadeh, F. Faraji, F. Rashchi, *Resources, Conservation & Recycling*, **136**, 418, (2018).

EAM-P05 Tratamiento químico de un cuerpo de agua eutrofizado ubicado en San Cayetano Morelos aplicando un proceso de electrocoagulación

Presentación **Póster**

E. Rico Durán^{1,2}, P. Balderas Hernández¹, G. Roa Morales^{1*}, C. E. Barrera Díaz¹.

1. Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM (Universidad Autónoma del Estado de México). Carretera Km 14.5, Unidad San Cayetano, Toluca-Atlaconulco, 50200 Toluca, Estado de México.

2. Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de química; P.º Colón S/N, Residencial Colón y Col Ciprés, 50120 Toluca de Lerdo, Méx.

Email: rikolalo47@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de agua potable por parte del ser humano ha aumentado drásticamente a lo largo de los años debido al crecimiento de la población. El principal sector afectado es la agricultura, que representa más del 80% del uso total del agua. El uso doméstico también sigue una tendencia creciente a lo largo de los años debido al crecimiento de la población. [1]

Por ello se buscan alternativas para tratar las aguas contaminadas para prolongar la vida de este recurso hídrico. Los tratamientos más utilizados para la descontaminación de estas aguas son: La cloración, coagulación, oxidación avanzada, desinfección UV, entre otros. Sin embargo, un método electroquímico ampliamente utilizado es la coagulación electroquímica en la cual se ha empleado comúnmente electrodos de aluminio y hierro. [2] Es un proceso altamente eficaz que puede lograr altas tasas de remoción de contaminantes sin necesidad de utilizar productos químicos adicionales. Esto hace que sea una opción viable para el tratamiento de aguas contaminadas minimizando el uso de productos químicos. [3]

2. METODOLOGÍA

Se muestreo el cuerpo de agua ubicado en San Cayetano Morelos, posteriormente se llevaron al laboratorio. Se midió pH, conductividad, turbidez, DQO, color, fosforo antes y después del proceso. Se aplico una corriente eléctrica de 0.35 A durante 15 minutos. Las lecturas se realizaron en un reactor tipo batch de un litro de capacidad compuesto de dos electrodos de Al.

3. RESULTADOS

Los resultados indican que el tiempo óptimo de electrocoagulación es de 15 minutos para eliminar los

contaminantes presentes en el cuerpo de agua. De acuerdo con lo estipulado por la NOM-127-SSA1-2021, el agua tratada se clasificaría como "aceptable".

Parámetro	Electrocoagulación		Remoción %
	Antes	Después	
pH	7.8	7.6	NA
DQO (mg/L)	291.92	110.21	62%
Turbiedad (FAU)	150	4	97%
Conductividad (mS/cm)	531.7	510.3	4%
Fósforo (mg/L)	5.1	0.2	96%
Dureza (mg/L de CaCO ₃)	383.33	180.15	53%
Color (Pt-Co)	56	18	68%

Tabla 1. Resultados antes y después del tratamiento de electrocoagulación.

NA: No aplicable.

4. CONCLUSIONES

Los hallazgos obtenidos en este estudio demuestran que el tiempo de tratamiento más eficiente para purificar el agua del cuerpo de agua ubicado en San Cayetano Morelos, utilizando electrocoagulación, es de 15 minutos, ya que los parámetros obtenidos están por debajo de los límites establecidos por la NOM-127-SSA1-2021.

5. REFERENCIAS

- [1] Jorgensen, B., Graymore, M., y O'toole, I "Comportamiento del uso doméstico del agua: un mode integrado". Journal of Environmental Management, vol. 6 pp. 227–236, 2009.
- [2] Abdulhadi, B.; Kot, P.; Hashim, K.; Shaw, A.; Murado M.; Al-Khaddar, R. Continuous-Flow Electrocoagulation (EC) Process for Iron Removal from Water: Experiment; Statistical and Economic Study. *Sci. Tot Environ.* 2021, 760, 143417.
- [3] Das, P.P.; Sharma, M.; Purkait, M.K. Recent Progress on Electrocoagulation Process for Wastewater Treatment A Review. *Sep. Purif. Technol.* 2022, 292, 121058.

EAM-P06 Evaluación del funcionamiento de una celda de combustible microbiano de placas paralelas y membrana cerámica, como sistema de tratamiento de agua y generación de energía eléctrica

Presentación Póster

R.C. Quiñones¹, F.J. Rodríguez Valadez¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro, s/n, San Fandila, 76702, Pedro Escobedo, Qro.

E-mail: qroberto257@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

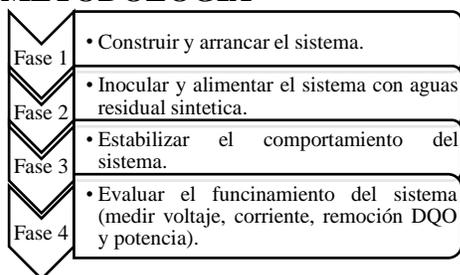
Una celda de combustible microbiano (CCM) es un dispositivo bioelectroquímico que utiliza la actividad de bacterias electrogénicas para generar electricidad degradando un sustrato [1].

Las CCM presentan grandes ventajas respecto a las tecnologías convencionales, por ejemplo, su requerimiento de energía es 80% menor con respecto a otros tratamientos, se puede generar energía eléctrica aprovechable, su mantenimiento es mínimo y se generan menos lodos residuales [2].

Las CCM con membrana cerámica son una excelente opción para aplicaciones prácticas debido a su amplia disponibilidad, bajo costo, estabilidad estructural y durabilidad en comparación con otros materiales [1].

En este trabajo se diseñó una CCM de un diseño similar a un reactor de placas paralelas, usando una membrana cerámica comercial. El desempeño la celda se evaluó midiendo el voltaje y la corriente generada, además de calcularse la potencia producida. Para evaluar su eficiencia como sistema de tratamiento de agua, se midió la Demanda Química de Oxígeno (DQO) al agua de entrada y salida [3].

2. METODOLOGÍA



3. RESULTADOS

Tabla 1. Resultados de evaluación del sistema.

Elemento	DQO (%)	Corriente (mA)	Voltaje (mV)	Potencia normalizad (mW/m ²)
Datos	31	4.4	693	5.71

4. CONCLUSIONES

La CCM mostró una eficiencia de remoción de DQO del orden del 30% para un tiempo de retención de 1 día y una carga orgánica de 280 mg/L en la alimentación. El análisis del comportamiento eléctrico muestra que la celda puede generar voltajes de hasta 693 mV y corrientes de 5.71 mA de manera continua, lo que nos da una potencia del orden de 5.71 mW/m².

5. REFERENCIAS

- [1] James, A. (2022). Ceramic-microbial fuel cell (C-MFC) for waste water treatment: A mini review. *Environmental Research*, **210**. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112963>
- [2] Alpírez, J., Avilés, K., Castillo, H., Pinzón, I., Rosa, Poveda, M., & Vallester, E. (2017). Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio Evaluation of a biological system of laboratory scale activated sludge. In *Revista de Iniciación Científica Journal of Undergraduate Research (Vol. 3)*.
- [3] Boas, J. V., Oliveira, V. B., Simões, M., & Pinto, I. M. F. R. Review on microbial fuel cells application developments and costs. In *Journal of Environment Management (Vol. 307)* (2022).

EAM-P07 Electropolimerización de cristal violeta sobre superficie de grafito vidriado: detección de Pb (II)

Presentación Póster

E. López Aguirre¹, M. Galicia García^{1*}, Joaquín Chávez Lara¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Instituto de Ciencias Biomédicas.

E-mail: al195724@alumnos.uacj.mx

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación debido a presencia de iones de metales pesados en medio acuoso cada día va en aumento, debido a su elevada toxicidad, poca disposición y que no son biodegradables lo que representa un peligro para el ser humano. Uno de estos iones de metales de transición es el Plomo (II) debido a que es genotóxico y afecta de manera directa al ser humano [1]. El cristal violeta (CV) es un colorante orgánico el cual gracias a sus tres anillos de benceno tienen un alto grado de aromaticidad, y al momento de que el cristal violeta se electropolimeriza en un electrodo de grafito vidriado se obtiene un polímero con enlaces π formando una interacción π - π haciendo que estas moléculas sean más fuertes. Se ha investigado que esta película polimérica permite la detección de cationes con sensibilidad y precisión. En este trabajo se muestran los resultados de la detección sensible de Pb (II) con un electrodo de grafito vidriado polimerizado con CV utilizando la técnica de voltamperometría de onda cuadrada (VOC).

2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución madre de cristal violeta con 10 mL de PBS a pH 7, 0.1M, adicionado 6 mL de nitrato de sodio a 0.05M y 4 mL de cristal violeta a 0.2M, aforándose a 100 mL. Por otro lado, se preparó una solución madre de Plomo Pb⁺² a 100 ppm. Una vez teniendo las dos soluciones, se tomó el electrodo de grafito vidriado y se pulió con lijas de carburo de silicio de diferentes grados, y paño de lana hasta acabado espejo para un enjuague final con agua destilada, etanol y acetona. Se instaló la celda electroquímica con el electrodo de grafito vidriado (EGV), un electrodo de platino como electrodo auxiliar, y un electrodo de referencia de calomel saturado (ECS). Se llevaron a cabo 12 barridos de voltamperometría cíclica con la solución de CV sobre EGV, para llevar a cabo la electropolimerización. Con el electrodo electropolimerizado, se llevó a cabo

experimentos de voltamperometría de onda cuadrada para la determinación de 7 concentraciones distintas de Pb (II): 1, 3, 5, 10, 20, 25 y 50 ppm. Al verificar la linealidad de la concentración del analito con el valor de corriente pico, se determinaron los valores de límite de detección (LOD) y límite de cuantificación (LOQ).

3. RESULTADOS

En la voltamperometría de onda cuadrada se observa las distintas curvas que se obtuvieron con las distintas concentraciones utilizando el electrodo polimerizado con cristal violeta.

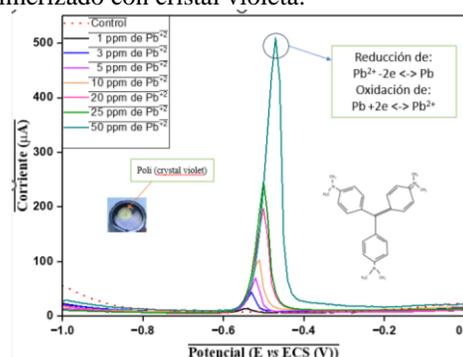


Figura 1. Detección de Pb (II) mediante electrodo polimerizado con cristal violeta.

4. CONCLUSIONES

El CV posee perspectivas de éxito para detección de cationes de Pb (II), a niveles traza.

5. REFERENCIAS

[1] S. Elugoke, E. Fayemi. A. Adekunle., E. Sherif, E. Ebenso, *Electrochemical sensor for the detection of adrenaline at poly (crystal violet) modified electrode: optimization and voltammetric studies*, **8**, (2022).

EAM-P08 Procesos electroquímicos como tratamiento alternativo para aguas residuales de la industria química en México

Presentación **Póster**

A. Andrade Celestino¹, J. Ramirez Sánchez¹, S. Maldonado², E. Gutiérrez Bonilla², G. Roa Morales^{2*}, P. Balderas Hernández²

¹ Facultad de Química. Universidad Autónoma del Estado de México, Paseo Colón intersección Paseo Tollocan S/N, C.P. 50120, Toluca, Estado de México, México.

² Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM, Universidad Autónoma del Estado de México, Carretera Toluca-Atlacomulco, Km 14.5, Campus San Cayetano, Toluca, MEX, 50200, México.

E-mail: arletandrade01@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El reciente incremento de la contaminación del agua por medio de diversas plantas industriales en México ha generado la necesidad de una mayor purificación de las mismas para adaptarse a las normativas. Los procesos convencionales de descontaminación de aguas residuales, en ocasiones, no han resultado eficientes para alcanzar la calidad requerida. Por ello, ha sido necesario el desarrollo de nuevos procesos que consigan eliminar o reducir los contaminantes de una mejor manera, tal como, los sistemas electroquímicos, donde los Procesos de Oxidación Avanzada (POA), los cuales se basan en la generación y uso de radicales hidroxilos u otras especies oxidantes, a una temperatura y presión cercana a la del ambiente. se han utilizado para purificar el agua, eliminando los contaminantes y consiguiendo su mineralización a CO₂, H₂O y sales o ácidos inorgánicos [1][2]. Por otro, lado, la electrocoagulación que ayuda a eliminar la materia particulada y dosifica el coagulante electrogenerado. [3]

Como primera parte del proyecto se evalúa la eficiencia de los procesos de electro-coagulación (EC) y electro-oxidación (EO). La calidad del agua se analiza mediante parámetros como pH, turbidez, Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono Orgánico Total (COT).

2. METODOLOGÍA

Los tratamientos se realizan en un reactor electroquímico tipo Batch, el cual tiene una capacidad de 1 L, con electrodos de aluminio y electrodos DDB para la EC y EO, respectivamente. En ambos se aplicó una corriente eléctrica de 1, 2 y 3 A, durante 1 hora.

3. RESULTADOS

Los primeros resultados mostraron la eficiencia de los procesos de electro-coagulación y electro-oxidación en términos de turbidez. Se pudo observar que a los 20 minutos alcanza el 90% de remoción de turbidez con el proceso de electro-coagulación en comparación con el electro-oxidación en el que se eliminó un 30%.

4. CONCLUSIONES

Los hallazgos demuestran hasta el momento que la electro-coagulación parece ser más eficiente que la electro-oxidación. Sin embargo, aún sería necesario realizar los análisis de los distintos parámetros que nos indiquen las características restantes del agua tratada.

5. REFERENCIAS

- [1] J.E. Forero; O.P. Ortiz y F. Ríos. "Aplicación de procesos de oxidación avanzada como tratamiento de fenol en aguas residuales industriales de refinería CT&F *Ciencia, Tecnología y Futuro*, vol.1, pp.97-101 (2005).
- [2] J.J. Treviño Reséndez; P. Mijaylova Nacheva y J.I. García Espinoza. "La influencia de los parámetros de operación en la degradación de naftaleno y fenantrén mediante electrooxidación." *Rev. Int. Contam. Ambi* Vol.1. pp. 21-32. (2020).
- [3] A. Arango Ruiz, "La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales." *Lasallista de Investigación*, vol. 1, pp.49-56, (2005).

EAM-P09 Evaluación del funcionamiento de una celda de combustible microbiano de placas paralelas y membrana cerámica, como sistema de tratamiento de agua y generación de energía eléctrica

Presentación Póster

R.C. Quiñones¹, F.J. Rodríguez Valadez¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro, s/n, San Fandila, 76702, Pedro Escobedo, Qro.

E-mail: qroberto257@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Una celda de combustible microbiano (CCM) es un dispositivo bioelectroquímico que utiliza la actividad de bacterias electrogénicas para generar electricidad degradando un sustrato [1].

Las CCM presentan grandes ventajas respecto a las tecnologías convencionales, por ejemplo, su requerimiento de energía es 80% menor con respecto a otros tratamientos, se puede generar energía eléctrica aprovechable, su mantenimiento es mínimo y se generan menos lodos residuales [2].

Las CCM con membrana cerámica son una excelente opción para aplicaciones prácticas debido a su amplia disponibilidad, bajo costo, estabilidad estructural y durabilidad en comparación con otros materiales [1].

En este trabajo se diseñó una CCM de un diseño similar a un reactor de placas paralelas, usando una membrana cerámica comercial. El desempeño la celda se evaluó midiendo el voltaje y la corriente generada, además de calcularse la potencia producida. Para evaluar su eficiencia como sistema de tratamiento de agua, se midió la Demanda Química de Oxígeno (DQO) al agua de entrada y salida [3].

2. METODOLOGÍA

La metodología del trabajo presente se divide en 4 etapas de las cuales la primera fase es la construcción del sistema, posteriormente para la segunda será necesario el realizar una inoculación y comenzar con la alimentación de agua residual sintética, la tercera etapa consiste en monitorear el sistema hasta un comportamiento estable y la cuarta y última fase consiste en la evaluación del sistema analizando y registrando los valores de voltaje, corriente, potencia y remoción de DQO.

3. RESULTADOS

Tabla 1. Resultados de evaluación del sistema.

Elemento	DQO (%)	Corriente (mA)	Voltaje (mV)	Potencia normalizada (mW/m ²)
Datos	31	4.4	693	5.71

4. CONCLUSIONES

La CCM mostró una eficiencia de remoción de DQO del orden del 30% para un tiempo de retención de 1 día y una carga orgánica de 280 mg/L en la alimentación. El análisis del comportamiento eléctrico muestra que la celda puede generar voltajes de hasta 693 mV y corrientes de 5.71 mA de manera continua, lo que nos da una potencia del orden de 5.71 mW/m².

5. REFERENCIAS

- [1] James, A. (2022). Ceramic-microbial fuel cell (C-MFC) for waste water treatment: A mini review. *Environmental Research*, **210**. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112963>
- [2] Alpírez, J., Avilés, K., Castillo, H., Pinzón, I., Rosa, Poveda, M., & Vallester, E. (2017). Evaluación de un sistema biológico de lodos activados a escala de laboratorio Evaluation of a biological system of laboratory scale activated sludge. In *Revista de Iniciación Científica Journal of Undergraduate Research* (Vol. 3).
- [3] Boas, J. V., Oliveira, V. B., Simões, M., & Pinto, M. F. R. Review on microbial fuel cells application developments and costs. In *Journal of Environment Management* (Vol. 307) (2022).

EAM-P10 Efecto del material anódico en la electro - generación peróxido de hidrógeno

Presentación Póster

P. Balderas Hernandez¹, V. Alvarez Hernandez¹, G. Roa Morales¹, H. Olvera Vargas².

¹Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable, UAEM-UNAM. km 14.5 carretera Toluca-Atacomulco, 50200 Toluca, Estado de México, México.

²Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México (IER-UNAM), Priv. Xochicalco s/n, Col. Centro, Temixco, Morelos CP 62580, México.

E-mail: pbalderash@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

La producción de peróxido de hidrógeno es de mucha importancia debido a que este compuesto es necesario para diferentes aplicaciones, por ejemplo, en el tratamiento de agua en donde participa en procesos Fenton, la reacción de formación catódica de peróxido se muestra en la ecuación 1.



Para que en una celda electroquímica las reacciones se lleven a cabo se han usado materiales a base de carbono [1]. Este compuesto se puede cuantificar por medio de titulación con permanganato o por colorimetría [2].

Durante la producción de peróxido se deben considerar factores como el suministro de aire [3] o el tipo de material anódico, en este estudio se compararon dos materiales anódicos y un cátodo de fieltro de carbono para generar peróxido de hidrogeno.

2. METODOLOGÍA

En una celda de 500 mL se colocaron materiales anódicos de Titanio/Platino (Ti/Pt) o Titanio/Rutenio (Ti/Ru) y se aplicaron corrientes de 0.1, 0.25 y 0.5 A durante una hora, las muestras se tomaron cada 15 minutos y se cuantificó la generación de peróxido por colorimetría.

3. RESULTADOS

Para el ánodo de Ti/Pt, la producción fue alta al inicio y disminuyó con el tiempo lo cual puede deberse a la generación de iones metálicos [4], en cambio para el ánodo de Ti/Ru, el peróxido fue incrementando, esto pudo deberse a que fue un electrodo de mejor calidad. En la Figura 1 se muestran los resultados para el ánodo de Ti/Pt.

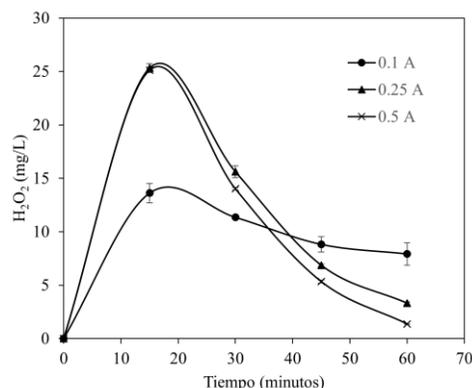


Figura 1. Producción de H₂O₂ con un ánodo de Ti/Pt y diferente intensidad de corriente.

4. CONCLUSIONES

Usando un ánodo de Ti/Ru se detectaron 77.24 mg/L aplicando 0.25 A durante 1 hora por lo que este ánodo se considera mejor para producir H₂O₂ ya que además la generación de H₂O₂ es de manera continua.

5. REFERENCIAS

- [1] Ch. Qu and D-w. Liang, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **10**, 107896, (2022).
- [2] Eisenberg. *Ind. Eng. Chemistry. Analytical*, **15**, 327, (1943).
- [3] H. Y. Hamdan and G. H. Abdullah, *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, **181**, 109123, (2022).
- [4] E. Neyens, y J. Baeyens, *Journal of Hazardous Materials*, **98**, 33, (2003)

EAM-P11 Caracterización y evaluación de la toxicidad de un efluente tratado por un reactor galvano-Fenton heterogéneo

Presentación Póster

M. Varon Rodea¹, V. Lugo Lugo², A. -L. Sabine Bussy Beaurain¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana unidad Lerma

²Universidad Autónoma del Estado de México.

E-mail: 2183035941@correo.ler.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La industria textil es una de las más contaminantes en el mundo, produce grandes cantidades de aguas residuales y utiliza colorantes tóxicos que dañan ecosistemas. Se han desarrollado tratamientos electroquímicos eficientes y económicos, por ejemplo, los sistemas galvano-Fenton que utilizan hierro como ánodo y cobre o grafito como cátodo y tienen eficiencias mayores al 99% con baja o nula producción de lodos [1]. Sin embargo, el reto es obtener efluentes no tóxicos para su disposición o reúso. Así, el objetivo fue caracterizar fisicoquímicamente el efluente tratado y realizar bioensayos con *Allium fistulosum* para determinar su toxicidad.

2. METODOLOGÍA

Para este trabajo se propusieron 2 etapas: 1) 1 L de solución de índigo carmín (IC) a pH 2.8 (500 mg/L) se trató con un sistema galvano Fenton heterogéneo (Fe/RG), con 2 ánodos tipo electro-deflectores y partículas de residuos grafiticos, agitación con paletas a 200 rpm. El efluente se caracterizó por concentración de IC, SST, DQO, nitratos, color verdadero, conductividad, pH y hierro total. 2) Se utilizaron dos bioensayos con *Allium fistulosum* con varias diluciones de efluente: a) crecimiento del falso tallo (crecimiento del falso tallo y de las raíces y b) crecimiento de la raíz (crecimiento y número de raíces) y se analizaron estadísticamente los datos.

3. RESULTADOS

La degradación del 99% del colorante índigo carmín propuesto se llevó a cabo en 35 min., con velocidad de 0.978 s^{-1} (primer orden, $R^2 = 0.9881$) y no se observaron lodos residuales. Los resultados de la caracterización fisicoquímica del efluente se resumen en la Tabla 1 y, cómo puede observarse los valores se encuentran debajo de los límites máximos permisibles señalados en las NOM-001-SEMARNAT-2021 y NOM 003-ECOL-1997, a excepción del color a 610

nm y el valor del pH.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del efluente

Parámetro	Concentración
SST	5 mg/L
DQO	75.5 ± 2.8 mg/L
Color verdadero	6.74 m^{-1} (436 nm)
	4.27 m^{-1} (525 nm)
	3.10 m^{-1} (620 nm)
pH	2.8
Nitratos	65 mg/L
Hierro total	12.46 mg/L
Conductividad	$329 \mu\text{S}/\text{cm}^2$

A partir de los bioensayos se observó que el primer método no es apto para la evaluación del efluente debido a que el tallo detiene el crecimiento de las raíces, mientras que el segundo bioensayo tuvo una mejor correlación en crecimiento y número de raíces. Sin embargo, estos indicadores clásicos no son del todo adecuados para este tipo de efluentes industriales ya que hay una inhibición negativa, así como daño en los tejidos.

4. CONCLUSIONES

La caracterización del efluente muestra que se cumple con parámetros clave para su disposición en cuerpos de agua o reúso en riego, siempre y cuando sea ajustado el pH del efluente. Dentro de ambos bioensayos se observa que las diferencias de número y longitud de raíz, indicadores clásicos, no son adecuados, ya que las raíces crecen. Sin embargo, se observa daño en los tejidos (color café) proporcional a las diluciones del efluente que permitiría cuantificar la influencia del efluente y de sus diluciones en la toxicidad sobre las cebollas.

5. REFERENCIAS

[1] Castillo-Suárez, L. A., Lugo-Lugo, V., Linares-Hernández, I., Martínez-Miranda, V., Esparza-Soto, M., & de los Ángeles Mier-Quiroga, M. (2019). Solar Energy, 188, 989-1001.

EAM-P12 Modulación del sobrepotencial de electrocatalizadores de Ni-Co soportados en carbón vulcan durante la oxidación de urea

Presentación Póster

O. Alfonso Alemán*, A. Manzo Robledo, L. Chen, J. A. Wang**

Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional,
Colonia Zacatenco, C.P. 07738 Ciudad de México, México

E-mail: *oalfonsoa2300@alumno.ipn.mx, ** jwang@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

La urea es un compuesto orgánico comúnmente encontrado en aguas residuales, tanto de fuentes industriales como agrícolas. Su presencia es significativa debido a su uso en fertilizantes, procesos industriales y desechos animales. Las aguas residuales ricas en urea pueden hidrolizarse naturalmente a amoníaco si no se realiza tratamiento, liberándose a la atmósfera, acelerando también la formación de lluvia ácida, y podría provocar el fenómeno de eutrofización [1]. Es por ello que varios autores han estudiado diversos electrocatalizadores para la oxidación de la urea con el fin de contribuir a la protección ambiental [2].

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron materiales mono- y bi- metálicos de níquel y cobalto soportados en carbón vulcan por el método de impregnación. La caracterización morfológica y estructural de los electrocatalizadores se investigó mediante TEM, XRD y XPS. La reacción de electro-oxidación de urea en medio alcalino (KOH) fue evaluada por técnicas electroquímicas como voltametría cíclica, espectroscopia de impedancia electroquímica y cronoamperometría. Por otro lado, usando DEMS fueron estudiadas rutas de reacción implicadas durante la polarización anódica.

3. RESULTADOS

La oxidación de la molécula de prueba fue monitoreada en medio acuoso 1M de KOH con 0.5M de urea, a una velocidad de barrido 50 mV/s. La interacción del níquel con el cobalto presento picos redox característicos de cada material durante la polarización anódica.

La intensidad de corriente fue en el orden $Ni_{75}Co_{25}/C > Ni_{50}Co_{50}/C > Ni_{25}Co_{75}/C$, con una disminución del sobrepotencial en el orden $Ni_{25}Co_{75}/C < Ni_{50}Co_{50}/C < Ni_{75}Co_{25}/C$, Figura 1.

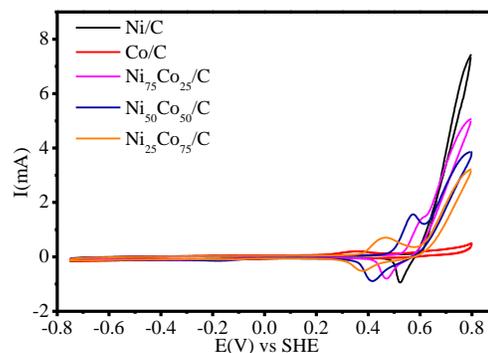


Figura 1. Característica corriente-potencial en 1 M KOH + 0.5 M urea para los catalizadores sintetizados.

4. CONCLUSIONES

Mediante voltametría cíclica ha sido demostrada la estabilidad y la actividad catalítica de los materiales sintetizados basados en níquel. Bajo este contexto, la adición de cobalto disminuye la sobretensión durante la oxidación de urea, con respecto al catalizador de níquel libre de cobalto. Especies tales como N_2 y NO fueron observadas usando DEMS.

5. REFERENCIAS

- [1] C. Chun Tanga, B. Tapa, Z. Zhi Liang, C. Jie Chena, C. Liang Chend, L. Chang Ming, *Electrochimica Acta*, 248, 243-249, (2017).
- [2] M.A. Perez Sosa, E. Ramirez Meneses, A. Manzo Robledo, J. Mateos Santiago, M.A. Hernandez Perez, V. Garibay Febles d, L. Lartundo Rojas, G. Zacahua Tlacuatl, *International Journal of Hydrogen Energy*, 46, 21419–21432, (2021).

EAM-P13 Degradación de ketorolaco por fotoelectrocatalisis asistida con celda solar

Presentación Póster

S.A Durán Izaguirre¹, M. Cerro López¹, J. R. Campos Delgado¹, J.H. de León Solís¹, F. G. Rodríguez Lazcano¹

¹Universidad de las Américas Puebla. C.P.72810 San Andrés Cholula, Puebla, México.

E-mail: scarlet.duranie@udlap.mx

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los fármacos se han vuelto un contaminante de interés debido a su continua fabricación e introducción a los efluentes acuosos, lo que causa un daño inmediato en estos sistemas [1]. De manera específica, se ha demostrado en diferentes estudios que los medicamentos anti-inflamatorios no esteroides, como el ketorolaco, pueden persistir en el agua tratada y en el medio ambiente natural, lo que aumenta la exposición de la vida acuática y la posibilidad de bioacumulación en la cadena alimentaria [2]. En esta investigación se realizó la degradación de ketorolaco por medio de fotoelectrocatalisis (FEC) asistida por una celda solar. Se empleó como ánodo una placa de nanotubos de TiO₂ y como cátodo un disco de titanio. Los resultados fueron comparados con otros dos métodos catalíticos: fotocatalisis (FC) y electrocatalisis (EC).

2. METODOLOGÍA

2.1. Preparación de electrodos

Se sintetizaron nanotubos de TiO₂ por anodización electroquímica siguiendo el método reportado por Cerro y colaboradores [3]. Los parámetros establecidos fueron 30 V durante 4 horas a temperatura ambiente y sin agitación. Los nanotubos de TiO₂ fueron secados y tratados térmicamente, en atmósfera de aire a 500 °C en un horno tubular Thermo Scientific Thermolyne [3].

2.2. Sistemas catalíticos

Para la FC, la EC y la FEC, se ocuparon placas de nanotubos de TiO₂ de 2 cm x 2 cm, las cuales fueron iluminadas con una lámpara UV. Los tres sistemas catalíticos están compuestos por una celda termostatazada (con reflujo); dos electrodos, un electrodo de trabajo de nanotubos de TiO₂ y un contraelectrodo de disco de titanio; y 50 mL de una solución de ketorolaco 15 mgL⁻¹ en 0.05 M Na₂SO₄ en agitación constante. La energía suministrada a los sistemas electrocatalíticos se obtuvo a partir de una celda solar.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra una comparación del rendimiento del catalizador en la eliminación de ketorolaco bajo diferentes condiciones de reacción. En donde se aprecia una eliminación del 16.4% en la EC, del 19.8% en la FC y del 76.2% en la FEC, después de 5 horas de reacción.

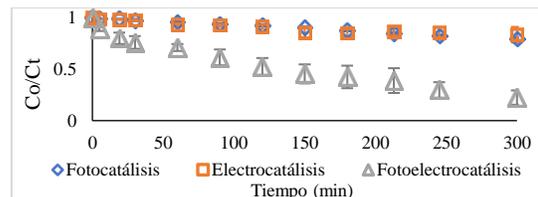


Figura 1. Curvas de degradación de fotocatalisis, electrocatalisis y fotoelectrocatalisis de ketorolaco

4. CONCLUSIONES

Los resultados han revelado que la FEC, presenta una eficiencia significativamente mayor en la degradación de ketorolaco en comparación con la FC y la EC. Estos resultados también subrayan la importancia de aprovechar las fuentes de energía renovable en las tecnologías de tratamiento de aguas contaminadas, no solo por su eficiencia en la degradación de contaminantes, sino también por su contribución a la sostenibilidad ambiental.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Boxall, *Ecology of Industrial Pollution*, p. 101-125, Cambridge University Press, Cambridge, (2010).
- [2] M.A., Arguello-Pérez, E., Ramírez-Ayala, J.A., Mendoza-Pérez, M.M., Monroy-Mendieta, M., Vázquez-Guevara, C., Lezama-Cervantes, E., Godínez-Domínguez, F. de A., Silva-Bátiz, A., Tintos-Gómez, *Water*, **12**, 2721, (2020).
- [3] M., Cerro, Y., Meas, M., Méndez-Rojas, C. A., Martine Huitile, M., Quiroz, *Applied catalysis B: Environmental*, **14** p.174, (2014).

EAM-P14 Actividad electrocatalítica de nanoestructuras de paladio soportadas en carbón Vulcan para la oxidación de ácidos orgánicos en medio ácido

Presentación: **Póster**

M.G. Flores-Rico-López¹, S. Vázquez-Bautista², A.A. Flores-Caballero¹,
E. Ramírez-Meneses², A. Manzo-Robledo¹.

¹Laboratorio de Electroquímica y Corrosión, Instituto Politécnico Nacional, ESQIE, UPALM, Ciudad de México, C.P. 07738.

²Departamento de Ingeniería Química, Industrial y de Alimentos, Universidad Iberoamericana, Ciudad de México, C.P. 01219.

E-mail: amanzor@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los combustibles fósiles utilizados para la producción de energía a nivel global son la causa primaria de la contaminación ambiental; por ello, es importante optimizar las fuentes actuales de energía sustentable y desarrollar nuevas alternativas. Existen diversas fuentes limpias de obtención de energía, como el hidrógeno. Sin embargo, su obtención involucra riesgos para su transporte y almacenamiento. En este sentido, la electro-oxidación de moléculas orgánicas ha sido estudiada para su aplicación en pilas de combustible de consumo directo para la sustitución del hidrógeno.

2. METODOLOGÍA

La reacción de electro-oxidación del ácido fórmico en medio ácido se llevó a cabo por medio de nanopartículas de Pd, las cuales se sintetizaron por el método de desplazamiento de ligandos de precursores organometálicos, soportados en carbón Vulcan y estabilizados con ácido antranílico, polivinilpirrolidona y lignina, esta última obtenida a partir del olote del maíz producido en México. Se realizó la caracterización estructural y morfológica por medio de XRD, SEM y XPS, mientras que la caracterización electroquímica fue llevada a cabo por medio de voltametría cíclica, cronoamperometría, espectroscopia de impedancia electroquímica y espectroscopia de masas in-situ (DEMS), para identificar las especies generadas en la superficie del electrodo durante la reacción de oxidación [1].

3. RESULTADOS

Se obtuvieron los tamaños de partículas mediante SEM en escala nanométrica, con estructura cristalina

cúbica centrada en las caras (*fcc*). Se demostró además la existencia de óxidos de paladio en sus diferentes estados de oxidación en la superficie de cada electrocatalizador por medio de XPS y XRD. Mediante la evaluación electroquímica, se registra la intensidad de corriente que circula por el electrodo y los mecanismos interfaciales debido a la naturaleza del agente estabilizante.

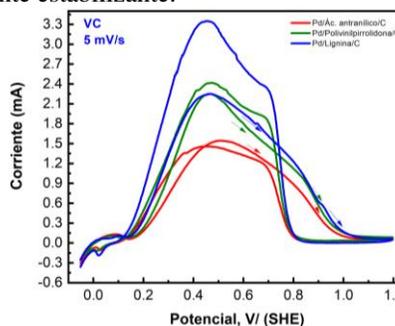


Figura 1. Voltamperogramas de los electrocatalizadores en H_2SO_4 [0.5 M] + $HCOOH$ [0.5M] a 5 mV s^{-1} .

4. CONCLUSIONES

El catalizador estabilizado con lignina fue el más eficiente, debido a que genera mayor corriente en comparación con los otros catalizadores, esto se atribuye a la distribución homogénea de las partículas de paladio que aporta el estabilizante sobre la superficie del carbón Vulcan durante la síntesis.

5. REFERENCIAS

[1] S. Vázquez-Bautista, E. Ramírez-Meneses, A. Manzo-Robledo, G. Zacahua-Tlacuatl, L. Lartundo-Rojas, J. Acosta-Jara, L.L. Pedraza-Segura, M. Luna-Trujillo, *Applied Catalysis B: Environmental*. 320 121984 (2023).

EAM-P15 Eficiencia a largo plazo del fieltro de carbono como electrodo para el proceso Electro-Fenton en el tratamiento de aguas residuales

Presentación Póster

P. Olvera Vargas¹, O. A. Jaramillo Quintero¹, H. Olvera-Vargas¹

¹ Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México (IER-UNAM).

E-mail: patriciaolvera36@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de desarrollar tecnologías sostenibles para el tratamiento de aguas residuales surgen los llamados Procesos Electroquímicos de Oxidación Avanzada como una alternativa altamente prometedora [1]. Entre ellos ha destacado el proceso Electro-Fenton (EF), el cual se basa en la producción catódica de H_2O_2 para generar radicales $\cdot OH$ mediante la reacción de Fenton en solución. El fieltro de carbono (FC) se ha presentado como un material accesible y muy eficiente para la producción de H_2O_2 durante el EF. Sin embargo, la aplicación a gran escala del EF dependerá de la estabilidad y durabilidad de dicho material [2]. Este trabajo se enfoca en evaluar la estabilidad a largo plazo del FC como electrodo para la producción electroquímica de H_2O_2 , y su aplicación a la degradación del fármaco acetaminofén mediante EF.

2. METODOLOGÍA

Se usaron celdas electroquímicas no divididas equipadas con un cátodo de FC y un ánodo de Ti/IrO_2-RuO_2 (0.35 L de Na_2SO_4 0.05 M a pH 3). En el caso de EF, se utilizaron soluciones de acetaminofén (AMF) 78.6 mg L^{-1} (50 mg-COT L^{-1}), Fe^{2+} 0.2 mM, y pH 3. La producción electroquímica de H_2O_2 y la degradación de AMF se llevaron a cabo a una densidad de corriente de 3.47 mA cm^{-2} (experimentos de 1 h para H_2O_2 y 4 h para EF). Los experimentos se realizaron por duplicado.

3. RESULTADOS

Los resultados se muestran en la Fig. 1. En el caso del H_2O_2 (Fig. 1a), después de la primera hora de operación la concentración de H_2O_2 se incrementó, mostrando una ligera disminución después a las 12 h de operación (de $175.2 \pm 61.9 \text{ mg L}^{-1}$ en 4 h a $148.3 \pm 44.1 \text{ mg L}^{-1}$). En cuanto a la degradación del AMF, podemos observar que la cinética de reacción disminuyó de $2.97 \pm 0.13 \text{ min}^{-1}$ a las 4 h de operación a $1.57 \pm 0.31 \text{ min}^{-1}$ a las 44 h. Sin embargo, en todos

los casos el AMF se degradó completamente en 30 min. La remoción de DQO mostró un comportamiento más estable. La remoción promedio durante 44 h de operación fue de $64.0 \pm 1.6\%$ (datos no mostrados).

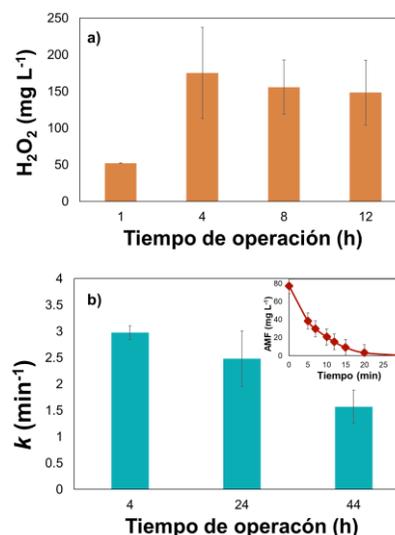


Figura 1. a) Producción electroquímica de H_2O_2 en 30 minutos. b) Cinética de degradación de acetaminofén.

4. CONCLUSIONES

Se demuestra la eficiencia del FC para el EF, así como su potencial para tiempos de operación prolongados: después de 12 h de operación aún genera el H_2O_2 necesario para la reacción de Fenton, mientras que la degradación del AMF sigue siendo total después de 44 h.

5. REFERENCIAS

- [1] O. García-Rodríguez, E. Mousset, H. Olvera-Vargas et al., *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **52**, 240, (2022).
[2] P. V. Nidheesh, S. O. Ganiyu, C. A. Martínez-Huitile, E. Mousset, H. Olvera-Vargas et al., *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **53**, 887, (2023).

EAM-P16 Tratamiento de un efluente cervecero artesanal enriquecido con glifosato aplicando electrocoagulación y oxidación anódica

Presentación Poster

F. M. Cavazos-Arredondo, M. Villanueva-Rodríguez, L. Hinojosa-Reyes, J. L. Guzmán-Mar,
E. J. Ruiz-Ruiz*

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Facultad de Ciencias Químicas, Av. Pedro de Alba S/N,
Cd. Universitaria. C. P. 64570

*e-mail: edgar.ruizr@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Se estima que para la elaboración de un litro de cerveza se requieren de 4 a 10 L de agua durante el proceso [1], produciendo descargas con alta carga orgánica [2]. Otra problemática es el uso de pesticidas, se han identificado hasta 368 pesticidas en cebada y lúpulo, durante la producción de cerveza [3]. Uno de los plaguicidas más utilizado para cultivos de malta es el glifosato (GLY), el cual es soluble en agua y clasificado como probablemente cancerígeno [4]. Existen diversos tratamientos de aguas agroindustriales, en donde la electrocoagulación (EC) destaca por su alta eficiencia en la eliminación de materia orgánica, mientras que la oxidación anódica (OA) permite la eliminación de compuestos solubles y recalcitrantes. Por lo que este trabajo se enfoca en la aplicación de EC para remoción de materia orgánica seguido de OA para degradación y mineralización del GLY.

2. METODOLOGÍA

Se caracterizó una muestra del efluente de una fabrica de cerveza artesanal. Se aplico la EC del efluente enriquecido con GLY, después el tratamiento de OA. El seguimiento de la mineralización y degradación del GLY se realizó mediante cromatografía HPLC-DAD y análisis del Carbono Orgánico Total (COT).

3. RESULTADOS

Al aplicar el tratamiento de EC, se obtuvo una disminución del COT, debido a la formación *in situ* de coagulante, el cual precipitó los contaminantes insolubles. La mejor eficiencia se logró a 30 min, con una remoción del 49% de COT, debido a una mejor formación de coágulos y flóculos permitiendo una mejor precipitación, mientras que a mayor tiempo se produce la desestabilización de los flóculos ya formados. Se ha reportado este procedimiento con un mejor rendimiento a los 30 min por Papadopoulos *et*

al., con una remoción de DQO de 8.1%.

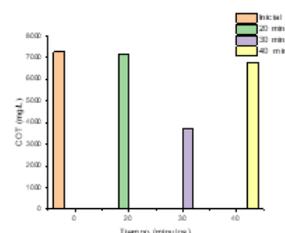


Figura 1. Remoción del COT de un efluente cervecero mediante EC, aplicando 0.02 A/cm^2 a diferentes tiempos de electrólisis.

4. CONCLUSIONES

El proceso de EC obtuvo una mayor eficiencia al realizarse a los 30 min por la formación estable de flóculos, debido a la generación de coagulante formado *in situ*, y del mismo modo a este tiempo no se obtuvo una respuesta negativa, que es la desestabilización del floculante, aun aplicando agitación.

5. REFERENCIAS

- [1] K. P. Papadopoulos, C. N. Economou, A. G. Tekerlekopoulou, D. V. Vayenas, *Journal of Environmental Management*, **265**, 1, (2020).
- [2] D. Kumar, A. S. Hager, A. Sun, W. Debyser, B. J. Guagliano, V. Singh, *Beverages*, **5**, 1, (2019).
- [3] T. Inoue, Y. Nagatomi, K. Suga, A. Uyama, M. Moxhizuki, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**, 3857, (2011).
- [4] E. J. Herrera Gudiño, M. A. Gómez Arguello, F. Molina Pérez, *Investigación Agraria y Ambiental*, **1** 281, (2024).

EAM-P17 Electrocoagulación como pretratamiento de vinazas tequileras

Presentación **Póster**

K.G. Chavarin Sánchez¹, A. Estrada Vargas¹, D.R. Ozuna Laveaga¹, E.D. Moreno Medrano^{1*}

¹Centro Universitario de Tonalá, UdeG.

E-mail: edgar.mmedrano@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria tequilera ha tenido un fuerte crecimiento asociado a la generación de más de 6500 millones de vinazas tequileras que al contener una elevada carga orgánica y compuestos recalcitrantes son de difícil degradación. Tradicionalmente, estas vinazas son tratadas por digestión anaerobia con remociones de DQO entre el 85 y 90%; sin embargo, se requiere de tiempos de tratamiento de alrededor de 7 días [1]. Otra alternativa son los procesos fisicoquímicos que han demostrado ser eficientes en tiempos relativamente cortos de operación (de 1 a 2 h) alcanzando remociones entre el 40-80 % [2,3]. En este trabajo se presentan resultados de electrocoagulación de vinazas como posible pretratamiento donde posteriormente serán tratadas por procesos de oxidación avanzada tipo Fenton, ozonación y plasma frío.

2. METODOLOGÍA

Vinaza cruda fue recolectada directamente de una tequilera y almacenada en refrigeración. Posteriormente, esta vinaza fue empleada para los estudios de electrocoagulación a temperatura ambiente empleando 6 electrodos de aluminio y aplicando una corriente eléctrica de alrededor de 10 mA/cm². La degradación de la vinaza se siguió por mediciones de DQO y color verdadero.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestran los resultados de degradación de DQO de vinazas donde se puede observar que el pretratamiento funciona bastante bien alcanzando casi el 70% de remoción desde los primeros 60 min. Por otro lado, la Tabla 1 muestra la degradación de color verdadero donde puede observarse que se alcanzaron porcentajes de remoción entre el 63.57-78.49% lo cual es bastante prometedor para ser un pretratamiento seguido de otros tratamientos terciarios.

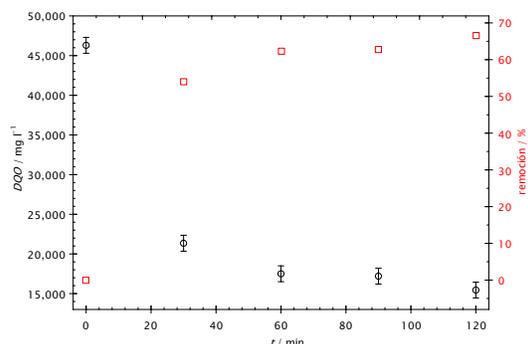


Figura 1. Remoción de DQO de vinazas tequileras por electrocoagulación.

Tabla 1. Remoción de color verdadero de vinazas tequileras por electrocoagulación.

tiempo (min)	color verdadero		
	436 nm	525 nm	620 nm
0	3.793	1.073	0.420
120	0.816	0.273	0.153
remoción	78.49%	74.56%	63.57%

4. CONCLUSIONES

Acorde a los resultados mostrados, podemos concluir que la electrocoagulación de vinazas tequileras bajo condiciones reales funcionó adecuadamente como posible pretratamiento de otras etapas, alcanzando porcentajes de remoción de DQO alrededor de casi el 70%.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Arreola-Vargas et al., *Water Science and Technology*, **73.3**, 550 (2016).
- [2] A. Rodríguez Arreola et al., *Environmental technology*, **41**, (2020)
- [3] J.E. Jiménez López, J. Del Real Olvera, *Depuración electroquímica de aguas residuales provenientes de una planta de tratamiento de vinazas tequileras*, p. 301 Sinaloa, Méx. (2013).

EAM-P18 ZnS dopados para degradación vía Fenton de colorantes orgánicos

Presentación **Póster**

A. Tirado-Guizar^{1*}, L.J. Rocha-Curiel¹, M.D. Hernández-Mancilla¹, C.A. Perea-García¹, M. T. Oropeza-Guzmán², G. E. Pina-Luis¹, B. Trujillo-Navarrete¹

¹CONAHcyT-TecNM/I. T. Tijuana, Centro de Graduados e Investigación, Tijuana, B. C., Méx.

²TecNM/I. T. Tijuana, Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica, Tijuana, B. C., Méx.

E-mail: antonio.tirado@tectijuana.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

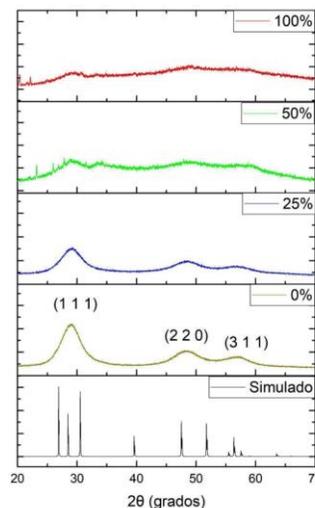
Las nanopartículas de ZnS han presentado propiedades ópticas muy interesantes aunado a que a diferencia de los materiales a base de Cd o Pb no presentan la toxicidad por metales pesados. El dopado de ZnS con metales como Fe, Co y Cu permite su uso como catalizadores vía Fenton para la degradación de colorantes orgánicos. Dichos colorantes orgánicos son de importancia industrial tanto para las empresas textiles como de alimentos. En este trabajo se presenta el resultado de la aplicación de estos materiales para la degradación de colorantes como verde de malaquita y amarillo crepúsculo [1,2].

2. METODOLOGÍA

Las nanopartículas de ZnS se obtuvieron por precipitación [3]. Se realizaron mezclas de Sulfato de zinc con un respectivo dopaje del metal en agua. Posteriormente, se adicionó gota a gota sulfuro de sodio para generar el material. El polvo se centrifugó y se le hicieron lavados con agua y etanol. Posteriormente se secó para futuras caracterizaciones y pruebas.

3. RESULTADOS

Las nanopartículas obtenidas se caracterizaron por difracción de rayos X donde mostraron tener una estructura cristalina similar a la reportada para ZnS. Posteriormente se realizaron las pruebas de degradación vía Fenton, se realizaron los estudios en periodos de dos horas a pH 4 para determinar el porcentaje de degradación. Se obtuvieron por degradaciones del 99% en algunas condiciones de dopado.



4. CONCLUSIONES

Se obtuvieron materiales de ZnS dopados que alcanzaron degradaciones de colorante de hasta el 99%.

5. REFERENCIAS

- [1]A. Bafana, S.S. Devi, S. S. T. Chakrabarti, T. *Environmental Reviews*, **19**, 350, (2011).
- [2]Y. Zhu, W. Fan, W. Feng, Y. Wang, S. Liu, Z. Dong, X. Li *Journal of Hazardous Materials*, **414**, 125517, (2021).
- [3]R. Chauhan, A. Kumar, R.P. Chaudhary, R. P. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **113**, 250, (2013).

EAM-V02 Aplicación de un sistema acoplado O₃/EO en el tratamiento de un efluente proveniente de un matadero avícola

Presentación Virtual

D. Amado Piña^{1*}, J. García Pastrana², C.A. Pérez Pacheco², E. C. Suárez Ramírez², P. Balderas Hernández², G. Roa Morales²

¹Laboratorio de Ingeniería Química, ²Laboratorio de Química Ambiental, del Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable CCIQS UAEM-UNAM, Carretera Km. 14.5, Unidad San Cayetano, Toluca - Atlacomulco, 50200 Toluca de Lerdo, Méx.

E-mail: deampi1324@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En los rastros avícolas (matadero de pollos) se producen aguas residuales de los mataderos de aves (ARMA), éstas son complejas porque contienen altas concentraciones grasas, sólidos suspendidos y materia orgánica [1]. De tal manera que las características las ARMA se han asociados a impactos ambientales lo que genera una situación desagradable a la vista y al olfato por los olores y el color rojizo que genera al efluente donde este tipo de agua residual se descarga.

El objetivo de este trabajo consistió en el tratamiento del ARMA con ozonación (O₃), Electro-oxidación (EO) y un sistema acoplado de O₃/EO, finalmente se determinó la eficiencia del sistema de tratamiento antes y después con respecto al Carbono Orgánico Total (COT) [2] y la toxicidad aguda del agua tratada se determinó con el índice de Germinación usando *Lactuca sativa* en las pruebas de bioensayos.

2. METODOLOGÍA

El proceso acoplado consta de un reactor de flujo ascendente usado por Amado-Piña y colaboradores 2022 [2]. Se usó densidad de corriente de 17.2 mA·cm⁻². Ánodo y cátodo (DDB), el volumen fue de 1.0 litro, una concentración de ozono de 6.5 ± 0.3 mg·L⁻¹, flujo de gas de 0.050 L·min⁻¹, a temperatura de 22 ± 2 °C, pH_{inicial} 8.1, el tiempo de reacción para cada proceso fue de 120 minutos, las muestras se analizaron en un equipo de Carbono Orgánico Total (COT).

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los resultados de la eficiencia de los procesos con respecto a la remoción de COT O₃<EO<O₃/EO, debido a que durante el proceso acoplado los contaminantes son rápidamente degradados por el O₃ molecular en la solución y por el HO• producido. Por otro lado, el porcentaje de índice

de germinación de *Lactuca sativa* para la muestra inicial de ARMA fue de 5.96% estableciéndola como tóxica y después de 120 min el %IG fue de 81.24, 33.41 y 76.69% para O₃, EO y O₃/EO respectivamente, lo que indica que cuando se aplica solamente la EO se generan especies oxidantes que inhiben el desarrollo de la plántula, y con O₃ y O₃/EO este índice aumenta logrando tener un agua tratada con baja toxicidad.

Tabla 1. Resultados de remoción de COT y % IG de la muestra de ARMA

Proceso	Índice de Germinación (%)	Remoción COT (%)
Ozonación	81.24	45
Electro-oxidación	33.41	76
Acoplado O ₃ /EO	76.69	90

4. CONCLUSIONES

Con base a los resultados, se concluye que la aplicación de ozono puede ser usado como pre-tratamiento para remoción de color y olor, también como desinfectante, es capaz de remover parcialmente la carga orgánica y aumentar el % IG. Por otro lado, los procesos de EO y O₃/EO remueven más del 75% de COT pero sólo el O₃/EO pueden aumentar el %IG de *Lactuca sativa*.

5. REFERENCIAS

- [1] Y. Caldera, E. Gutierrez. *Intellectus*, volumen 2, pá 7, (2012).
- [2] D. Amado-Piña, *J Environ Chem Eng*, volumen 10, pág. 108148, (2022).

EAM-V03 Modificación electroquímica de zeolita clinoptilolita para la remoción de Gramoxone® mediante Fenton solar heterogéneo

Presentación Virtual

M. Castañeda-Juárez¹, L. Camacho-Tornero¹, I. Linares-Hernández¹, V. Martínez-Miranda¹, E.A Teutli-Sequeira^{1*}

¹ Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua (IITCA), Universidad Autónoma del Estado de México, C.P. 50200 Toluca, Estado de México, México

E-mail: monse.castanedajuarez@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En México se utilizan 277 plaguicidas elaborados con un ingrediente activo, así como 48 plaguicidas que contienen dos o más ingredientes activos, anualmente se consumen cerca de 53 millones de kilogramos de plaguicidas en nuestro país, siendo el Estado de México uno de los mayores consumidores ya que produce cerca del 90% de la flor de corte que se distribuye y vende en el mismo.

El herbicida PQ también se utiliza como desecante y en siembras de maíz, arroz, trigo, papa, manzana, naranja, plátano, café, té, algodón, palma aceitera y caña de azúcar [1]. Aunque el PQ es muy útil en la industria agrícola, es altamente tóxico si es ingerido ya que tiene un impacto directo y grave en los principales órganos de los seres humanos, como el corazón, los tejidos renales, el hígado, el cerebro, los sistemas respiratorio y nervioso ya que es altamente soluble en agua (625 mg/L a 25°C), pero insoluble en disolventes orgánicos [2].

2. METODOLOGÍA

La modificación de la zeolita clinoptilolita se realizó en una celda electroquímica Fe-Fe, y se aplicó un tratamiento térmico, el material fue caracterizado mediante MEB-EDS, punto de carga cero e IR. Para el proceso de Fenton solar heterogéneo se utilizó un concentrador cilindro parabólico, en el foco se colocó un tubo empacado con el material, se estableció un diseño experimental en el que se analizó la concentración inicial, el tiempo de retención hidráulico y la dosis de peróxido de hidrógeno. Los experimentos se realizaron con herbicida comercial Gramoxone®.

3. RESULTADOS

La cantidad de hierro fijada en el material modificado fue de 333.12 mg Fe/g, mientras que en la zeolita clinoptilolita fue de 176 mg Fe/g y el punto de

carga cero fue de 7.5. El EDS mostró un incremento en el contenido de hierro de 4.91%.

De acuerdo con la gráfica de superficie respuesta, cuando la concentración inicial es 60 mg/L, se requieren dosis de H₂O₂ de 500 mg/L y 20 min de tratamiento, la presencia de aditivos y colorantes aumentan el contenido de materia orgánica. Para la concentración de PQ medida por UV-Vis, la remoción fue del 88%, mientras que la DQO alcanzó eficiencias del 100%. La energía acumulada fue de 1261.2 kJ/L

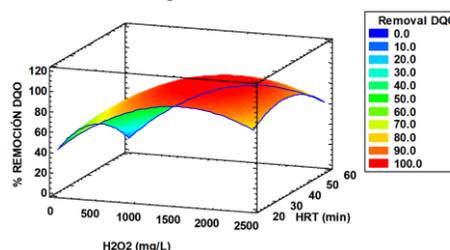


Figura 1. Proceso Fenton solar heterogéneo.

4. CONCLUSIONES

La zeolita clinoptilolita modificada con hierro fue eficiente en el proceso de Fenton solar heterogéneo, donde la dosis de H₂O₂ fue la variable de mayor influencia. Los valores óptimos fueron 500 mg/L H₂O₂, 40 min de tratamiento y concentración inicial de 60 mg/L

5. REFERENCIAS

- [1] J. Zhang, H. Sun, R. Salvi, and D. Ding, *Hearing Research*, vol. 364, pp. 129–141, (2018)
[2] D. Tian et al., *Chemical Engineering Journal*., vol. 428, p. 131166, (2022)

EAM-V04 Electrorrecuperación de níquel utilizando un electrolito ecoamigable

Presentación Virtual

J. R. Almazán Martínez¹, A. Trujillo Estrada^{2,1*}, V. E. Reyes Cruz¹, G.A. Maldonado Bautista¹, J. A. Cobos Murcia¹, J. C. Juárez Tapia¹

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas, Academia de Ciencia de la Tierra y Materiales.

² 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: ariadnat@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En México no se tiene normas que regulen los desechos de los talleres mecánicos de automotores, entre ellos están las bujías, las cuales tienen diferente composición en su estructura y provocan una grave contaminación si son enviadas a los vertederos. En la literatura hay poca información del reciclado de bujías de automotores, lo que se utiliza es la separación de los materiales de forma mecánica y fundición. La recuperación de níquel se hace por electrodeposición desde 1980 según Fasulo, A. [1] y García, C. [2] en 2013 en medios no ecológicos. En esta investigación se realizan estudios voltamperométrico y cronoamperométricos para llevar a cabo la electrorrecuperación de níquel en medios ecoamigables.

2. METODOLOGÍA

Las condiciones de lixiviación y electrodeposición de Ni se obtienen utilizando un arreglo de 3 electrodos: bujía, DSA y calomel para la lixiviación y latón, DSA y calomel para el electrodeposición; mediante voltamperometría cíclica a una velocidad de barrido 20 mV/s en una solución de Ácido Acético con NaCl. El electrodeposición masivo de Ni sobre el electrodo de latón se realiza con un arreglo de 2 electrodos a partir de la condición de reducción del Ni del voltamperograma durante 30 minutos de la solución de lixiviación de este.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se observa dos procesos de reducción uno en el intervalo de -0.11 a -0.28 V Vs ESC, y el otro en -1.0 hasta -1.3 V Vs ESC (línea azul); este último en un intervalo de corriente de -9 a -30 mA, el cual es atribuido a la reducción de ion Ni a Ni⁰, debido a que el blanco (línea roja) no presenta este proceso en el intervalo de potencial de -0.11 a -1.3 V Vs ESC.

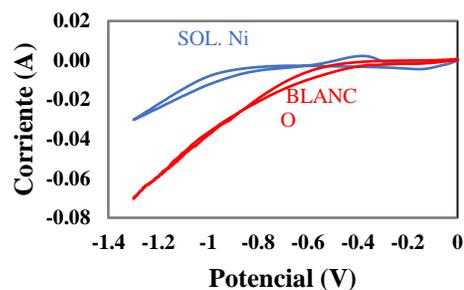


Figura 1. Voltamperometría cíclica en el intervalo 0 a -1.3 V Vs ESC

En la figura 2 se observa el Ni depositado en la superficie del latón después de haber impuesto una corriente de -14 mA durante 2 horas.



Figura 2. Sustrato de latón antes de depósito (a) y recubierto de Ni (b).

4. CONCLUSIONES

Es posible realizar la lixiviación de Ni proveniente de Bujías en un medio de Ácido Acético con NaCl. Así como la recuperación electroquímica del Ni sobre una superficie de Latón a imponer una corriente de -14 mA.

5. REFERENCIAS

- [1] Fasulo, A., Perello, D., & Becerra, R., *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente-AVERMA*, **1**, 75, (1981).
- [2] García, C., Rosales, R., Feijoo, B., Hernández, J., González, J., & Carruyo, G., *Revista Tecnocientífica URU*, **5**, 39, (2013).

EAM-V05 Caracterización de una celda de combustible microbiana para la producción de bioenergía y aprovechamiento de residuos

Presentación Virtual

M.M.Frausto Gutiérrez¹, M.M.Aguilera Flores¹, J. N. Pérez Viramontes², V. Ávila Vázquez^{1*}

¹ 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. 492-92-42-419.

² Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato. Av. Mineral de Valenciana 200-Interior, Col. Fraccionamiento Industrial Puerto, 36275 Silao, Gto.

E-mail: mfraustog2000@alumno.ipn.mx; vavila@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda energética en el mundo y la contaminación ambiental, existe la necesidad de desarrollar tecnologías sostenibles que aborden simultáneamente los problemas energéticos y de contaminación en el ambiente.[1] Las tecnologías electroquímicas microbianas tienen un gran potencial, dada su rentabilidad y su capacidad única para degradar la materia orgánica de los desechos biológicos con la producción concomitante de energía eléctrica. [2]

En el presente trabajo se presentan los resultados de la evaluación de una Celda de Combustible Microbiana (CCM) para la producción de bioenergía mediante el aprovechamiento de residuos de vinícolas como una alternativa potencial viable y sustentable, realizando pruebas fisicoquímicas y electroquímicas para la caracterización.

2. METODOLOGÍA

Se alimentó una Celda de Combustible Microbiana (CCM) de una cámara, con un volumen de 300 mL, utilizando agua residual vinícola previamente caracterizada fisicoquímicamente. En el ánodo se utilizó carbón fielt, y en el cátodo se empleó una malla de Pt (0.5mgPt, 60% carbón). Posteriormente, se efectuaron mediciones de voltaje a circuito abierto para determinar el ciclo de degradación y se caracterizaron electroquímicamente mediante un potencióstato VersaStat3 para obtener la curva de polarización y potencia, las resistencias de la CCM (identificar y simular el circuito equivalente) y la estabilidad de las celdas.

3. RESULTADOS

El sustrato empleado presentó un ciclo de 27 días

de degradación, en la CCM se obtuvo una densidad de potencia de 2.7 mW/m² y una densidad de corriente de 10.34mA/m². En cronoamperometría la corriente obtenida fue de 6.99x10⁻² mA durante un periodo de 1800 s. En esta sección deberán incluirse el o los

4. CONCLUSIONES

En este estudio sobre una CCM utilizando agua residual vinícola, se demostró que las tecnologías electroquímicas microbianas son prometedoras para abordar simultáneamente los desafíos de la contaminación ambiental y la demanda energética. La CCM evaluada mostró una densidad de potencia y corriente de 2.7 mW/m² y 10.34mA/m² según los resultados de la caracterización electroquímica. La integración de tecnologías como las CCM no solo ofrece una forma de tratamiento eficiente de aguas residuales, sino también la generación de energía eléctrica, contribuyendo así a la mitigación de la contaminación ambiental y a la seguridad energética global.

5. REFERENCIAS

[1] Nandy, A., Farkas, D., Pepió-Tárrega, B., Martínez-Crespiera, S., Borràs, E., Avignone-Rossa, C., & Di Lorenzo, M. *Influence of carbon-based cathodes on biofilm composition and electrochemical performance in soil microbial fuel cells.* (2023)

[2] Cornejo Martell, A. J. *Estudio del microbioma presente en celdas de combustible microbianas* (2017)

EAM-V06 Caracterización electroquímica de celda de combustible microbiana empleando como sustrato un contaminante emergente

Presentación Virtual

A. L. Martínez Castañeda¹, M. M. Aguilera Flores¹, V. Ávila Vázquez¹, J. R. Espinosa Lumberras^{2*}

¹Instituto 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.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Mecánica, Ramón López Velarde 801, Zacatecas Centro, Zacatecas, ZAC 98000, Mexico
E-mail: amartinezc2015@alumno.ipn.mx; vavila@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible microbianas (CCM's) permiten tratar aguas residuales con generación de energía mediante procesos redox catalizados por microorganismos electroquímicamente activos. Las CCM's pueden emplear sustratos complejos, en la actualidad los contaminantes emergentes (CE) han aumentado en prevalencia y representan una amenaza significativa para la salud humana y los ecosistemas, al infiltrarse y propagarse en la cadena alimentaria. [1, 2].

En el presente trabajo se muestra los resultados preliminares de la evaluación de una CCM's empleando un ánodo de carbón felt y un cátodo de tela de Pt, alimentada con agua sintética que contiene parabenos derivados del ácido p-hidroxibenzoico, considerados CE de acuerdo a lo reportado por Neri *et.al* (2024) con el objetivo de determinar la cantidad de bioenergía.

2. METODOLOGÍA

Se empleó una CCM de una cámara de 300 mL alimentada con agua sintética que contiene parabenos de un producto de cuidado personal, empleando un ánodo de carbón felt y un cátodo de tela de Pt (0.5 mg Pt, 60% carbón) además de una malla de acero inoxidable como colector de corriente. Se caracterizó empleando un potencióstato VersaStat3. Se midió el voltaje a circuito abierto para determinar el ciclo de degradación. Se determinó la curva de polarización y potencia, y de estabilidad. Se evaluó el % de remoción de DQO antes y después del tratamiento.

3. RESULTADOS

Los resultados de la caracterización electroquímica indicaron una densidad de potencia de 2.35 mW/m², una densidad de corriente de 5.25 mA/m². En las pruebas de estabilidad la CCM generó una corriente constante de 0.375 μ A durante un tiempo de

660 s. Adicionalmente las celdas mostraron un 30 % de degradación de DQO.

4. CONCLUSIONES

Las CCM's son una tecnología prometedora para el tratamiento de aguas residuales y la generación simultánea de energía, utilizando procesos redox catalizados por microorganismos electroquímicamente activos. A diferencia de los tratamientos tradicionales, las CCM's eliminan contaminantes emergentes (CE) de manera eficiente. Este estudio mostro que una CCM's con un ánodo de carbón felt y cátodo de tela de Pt, alimentada con agua sintética logro una densidad de potencia de 2.35 mW/m², densidad de corriente de 5.25 mA/m² y un potencial a circuito abierto de 897 mV, demostrando una capacidad significativa para generar energía.

5. REFERENCIAS

- [1]. Arun, J., SundarRajan, P., Pavithra, K. G., Priyadharsini, P., Shyam, S., Goutham, R., ... & Pugazhendhi, New insights into microbial electrolysis cells (MEC) and microbial fuel cells (MFC) for simultaneous wastewater treatment and green fuel (hydrogen) generation. *Fuel*, 355, 129530. A. (2024).
- [2]. Sultan, M., Anik, A., Rahman, M. Emerging contaminants and their potential impacts on estuarine ecosystems: Are we aware of it?. *Marine Pollution Bulletin*. (2024).
- [3] Zhang, G., Zhao, Q., Jiao, Y., Wang, K., Lee, D. J., & Ren, N. Efficient electricity generation from sewage sludge usingbiocathode microbial fuel cell. *Water research*, 46(1), 43-52. (2012).

EAM-V07 Caracterización electroquímica del cascarron de *gallus gallus domesticus* como agregado fino al cemento

Presentación Virtual

J.J. Vázquez Velazquez¹, A. Trujillo Estrada^{2,1*}, V. E. Reyes Cruz¹, V. García Hernández¹, A. Castañeda Ovando¹, J. A. Cobos Murcia¹.

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas, Academia de Ciencia de la Tierra y Materiales. Química de alimentos.

² 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: ariadnat@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la industria de la construcción es uno de los más contaminantes a nivel mundial debido a que los materiales usados son extraídos de los recursos naturales.

Por ese motivo se busca probar los materiales reciclados como es el cascarron de *gallus gallus domesticus* [1], esto permitirá que menos residuos lleguen a los vertederos y se aprovechen en la industria de la construcción.

2. METODOLOGÍA

Para las pruebas electroquímicas se elaboran probetas 3.75 cm de diámetro * 4.5 cm de altura, con diferente contenido de cemento + cascarron de *gallus gallus domesticus*, las proporciones van 100:0 BLANCO, 90:10 y 30:70; embebidas en ellas están 2 varillas de acero corrugado de 3/8 plg que fungirán como electrodos de trabajo, y una barra de grafito solido que funciona como contraelectrodo.

Para la celda electroquímica se introduce cada probeta + electrodo calomel + solución de NaCl al 5%, y se le aplica curvas TAFEL de ± 350 mV.

3. RESULTADOS

A través de las curvas de polarización y aplicando el método de extrapolación Tafel, se obtienen las pendientes anódica y catódica ba y bc [2] para cada una de las curvas de polarización tanto del Blanco como del cemento con contenido de cascarron de *gallus gallus domesticus* al 10% y 70%.

En la figura 1 observamos que las 3 curvas TAFEL, se observa que el E_{corr} para un contenido de *gallus gallus domesticus* del 10% es de -448 mV menos activo que para el blanco de -470 mV sin agregados y para un contenido de 70% de agregados es de -688 mV.

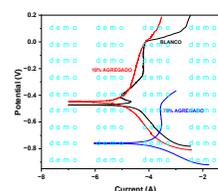


Figura 1. Curvas TAFEL de ± 350 V, para el Blanco , 10% y 30 %cascarron.

Tabla 1. Datos de Curvas TAFEL de ± 350 V, para el Blanco , 10% y 30 %cascarron

PROBETA	% cemento	% Cascarron <i>gallus gallus domesticus</i>	E_{corr} (mV)	i_{corr} (A)
	100	0	-470	-7.46
	90	10	-448	-5.75
	30	70	-688	-4.79

4. CONCLUSIONES

En esta sección se reportarán las conclusiones más relevantes del trabajo a presentar. Les agradecemos haberse ajustado a la presente plantilla y esperamos verlos en la ciudad de Puebla o bien en las sesiones virtuales, del 10 al 14 de octubre de 2022.

5. REFERENCIAS

- [1] R.F.N. Tello Huerta. Resistencia a compresión de los bloques de concreto no estructurales con adición de cáscara de huevo en porcentajes de 1%, 5% y 10% en el distrito, provincia, departamento de Huánuco. (2022).
- [2] Trujillo-Estrada, A., Cuevas-Arteaga, C., & Porcayo-Calderón, J. Evaluación de la corrosión en solución de LiBr al 50% en peso de recubrimientos NiCrAlY y NiCrAlCoY. Superficies y vacío, 23, 140-146. (2010).

EAM-V08 Electro-oxidación de bio-etanol utilizando nanopartículas de Pd y su aplicación en una celda de combustible

Presentación Virtual

S Irazoque Castañeda^{1*}, S Silva Martínez¹, S A Gamboa Sánchez²

¹ Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CIICAP) de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) 1.

² Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México 2.

E-mail: sic@ier.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible de etanol directo (CCED) son una tecnología eficaz para la generación de energía limpia, debido a la reacción de electro-oxidación en el ánodo de la celda, además de que el etanol y bioetanol como combustibles tienen una alta densidad energética (8.01 kWh kg^{-1}), se obtienen en grandes cantidades a través de procesos de fermentación de la biomasa (caña, agave, maíz etc.) no son tóxicos y se pueden almacenar y transportar de manera segura [1].

Uno de los aspectos importantes a considerar en la utilización de las CCED son el diseño de catalizadores eficientes y de mayor durabilidad, actualmente se han estudiado catalizadores a base de Pd acompañado con la aleación de un metal (Cu, Co, Ni, Au etc.), mostrando una mejor actividad catalítica en medio alcalino inhibiendo la formación de especies (carbonatos) evitando que baje la eficiencia de la celda [2]. En este trabajo de investigación se sintetizaron los catalizadores de Pd-Cu/Al₂O₃-C y Pd-Cu/C, por el método de poliol asistido mediante microondas, se realizó la caracterización física y electroquímica para poder aplicarlos en una celda de combustible de bio-etanol (maíz) logrando obtener un potencial de 0.7 V y 0.6 V respectivamente.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizaron nanocatalizadores de Pd-Cu/Al₂O₃-C y Pd-Cu/C por el método de poliol asistido mediante microondas, se caracterizaron mediante Microscopía Electrónica de Barrido, Difracción de Rayos X y electroquímicamente. Se probaron en una celda tipo PEM diseñada con acrílico, y una membrana de intercambio aniónico, para obtener las curvas de polarización. Se utilizó como combustible el bioetanol proveniente de la fermentación del maíz.

3. RESULTADOS

Se obtuvieron nanopartículas de los catalizadores Pd-Cu/Al₂O₃-C y Pd-Cu/C sin contaminación de precursores, se observó mediante el análisis de difracción de rayos x una estructura cubica de ambos catalizadores, los resultados obtenidos de la técnica de voltamperometría cíclica y el ensamble de la celda tipo PEM se muestran en resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos de la caracterización electroquímica y el ensamble de la celda de biocombustible.

Catalizador	Densidad de corriente VC	Voltaje en celda tipo PEM
Pd-Cu/Al ₂ O ₃ -C	1.08 mA/cm ²	0.7 V
Pd-Cu/C	0.27 mA/cm ²	0.6 V

4. CONCLUSIONES

Los materiales sintetizados Pd-Cu/Al₂O₃-C y Pd-Cu/C, son capaces de llevar a cabo la reacción de oxidación de bio-etanol en medio alcalino. El ensamble con un área superficial de 1 cm^2 mostro un potencial de 0.7 V y 0.6 V con el bioetanol proveniente de la fermentación de maíz a temperatura ambiente.

5. REFERENCIAS

- [1] Z. Chen, F. Jing, M. Luo, X. Wu, H. Fu, S. Xiao, ... & Y. Jin, *Carbon Energy*, p. e443, Wiley Online Library, (2024).
- [2] F. Wen, M. Song, X. Du, W. Zhuang, C. Zhao, & L. Sun, *International Journal of Hydrogen Energy*, **51**, 846, (2024).

EAM-V09 Tratamiento de vinaza de tequila mediante electrocoagulación y floculación-coagulación seguido de fotocátalisis heterogénea

Presentación Virtual

M. A. Carreón Alvarez^{1*}, F. Carranza-García¹, H. Huerta-Ávila², M. Sánchez Tizapa¹, L. Mónica Bravo Anaya³, C. L. Carreón Alvarez¹

¹Departamento de Ciencias Naturales y Exactas, ²Departamento de Ciencias Computacionales e Ingenierías, C
niversitario de los Valles, Universidad de Guadalajara, Carretera Guadalajara-Ameca km 45.5, Ameca 466
Jalisco, México.

³ Institut des Sciences Chimiques de Rennes, Francia

E-mail: maria.carreon@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las vinazas son un subproducto derivado de la producción del tequila, se trata del residuo líquido que se queda en el fondo del destilador al final del proceso, su característica más destacable es que se trata también de un contaminante sumamente fuerte. Las vinazas del tequila poseen un pH ácido con un valor entre 3 a 5, una demanda química de oxígeno de 50,000 a 15,000 mg/L, una concentración de sólidos totales suspendidos cercana a los 39,910 mg/L, son pobremente biodegradables y altamente opacos, impidiendo el paso de luz solar a cuerpos de agua [1].

Los tratamientos en la vinaza que se ha empleado: biológicos, fisicoquímicos, aeróbicos, proceso de oxidación avanzada, fertirriego, electrocoagulación, etc.

2. METODOLOGÍA

En este proyecto del tratamiento de la vinaza de tequila se propone el emplear como método primario coagulación floculación y electrocoagulación seguido de la fotocátalisis heterogénea empleando nanopartículas de TiO₂.

3. RESULTADOS

En el tratamiento de la vinaza por medio de electrocoagulación y en un pH ácido aproximado de 3.5 se encontró un porcentaje de remoción de sólidos totales suspendidos (SST) y color de 21.6% y 16.7% respectivamente (**Figura 1**). Al combinar este tratamiento con el de fotocátalisis heterogénea se encontró un porcentaje de eficiencia en la remoción de SST, color y demanda química de oxígeno de 42.5%, 46.3% y 6.8% respectivamente.

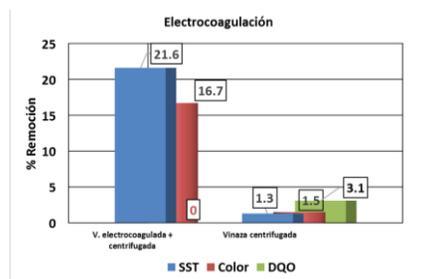


Figura 1. Porcentaje de remoción de SST, color y DQO para el tratamiento de vinaza por electrocoagulación, con y sin centrifugación.

4. CONCLUSIONES

El método seleccionado para el tratamiento de la vinaza fue el de electrocoagulación, debido a la rapidez del tratamiento. Además se encontró que en el tratamiento primario de la vinaza por medio de electrocoagulación, en un pH de 3.5 la remoción de SST y color fue de 21.6% y 16.7% respectivamente.

REFERENCIAS

- [1] A. Rodríguez, M. Sanchez, F. Zurita, J.P. Morán, R. Castañeda, J. Rodríguez, A. Carreón-Alvarez. "Treatment of tequila vinasse and elimination of phenol by coagulation-flocculation process coupled with heterogeneous photocatalysis using titanium dioxide nanoparticles", Environmental Technology, Vol. 41, 2020.
- [2] R. Dávila, N. Marriaga, F. Machuca. Remoción de sólidos totales de vinaza por electrocoagulación-Dyna, 76 (158), 41-47.

EAM-V10 Análisis del transporte de iones a través de películas de materiales sustitutos de membranas comerciales

Presentación Oral

C.C. Ramírez Ramírez¹, D. Tirado Torres¹, J.C. Baltazar Vera¹, L.G. Alvarado Montalvo¹, R. Solís Rodríguez¹, E.T. Jasso Olmedo¹, E.J. Gutiérrez Alcántara², J. E. Bello Lara³, G. Vázquez Rodríguez^{1*}

¹Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato-División de Ingenierías, Av. Juárez No. 77 Col. Centro C.P. 36250, Guanajuato, Gto., México.

²Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar S/N, Buena Vista, Campeche, C.P. 24039, México.

³Universidad Autónoma de Nayarit, Xalisco, Nayarit, C.P. 63780, México.

*vazquez.g@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

La problemática actual el respecto de fuentes de abastecimiento de agua para uso y consumo humano ha producido nuevas investigaciones tendientes a encontrar metodologías que eliminen elementos indeseables antropogénicos o basales. Entre estos métodos utilizados se encuentran los asistidos por membranas y películas de diversos materiales. El principio está basado en separar dos fases por una barrera permeable, donde unas especies podrán atravesar mientras otras serán rechazadas. La eliminación de especies químicas presentes en el agua se puede llevar a cabo por un proceso de electrodiálisis. El presente trabajo persigue analizar la permeación de plomo en agua de consumo huma membranas comercial y un material sustituto donde se analiza agua de consumo humano en el estado de Guanajuato.

2. METODOLOGÍA

El análisis cronopotenciometrico y número de transporte se obtuvo mediante la ecuación de Sand [1]. La impedancia se realizaron en el modo potencioestático el intervalo de frecuencias estuvo establecido entre 10 kHz a 10 mHz y amplitud de 10 mV en un potencioestado Gamry, modelo Interfase 1010T.

3. RESULTADOS

El análisis cronopotenciometrico en la película de material sustituto se observa con perturbaciones lo que sugiere la interacción de especies mineralógicas presentes en el agua que reducen la permeación a través de la membrana. Lo que es confirmado con el análisis de impedancia una vez que en el diagrama de

Nyquist (Figura 1) se puede observar que se encuentra en una línea con inclinación que indica que la especie electroactiva se desplaza por difusión a través de los poros de la película de material sustituto. El número de transporte (Tabla 1) confirma la resistencia al paso de iones a través de la membrana.

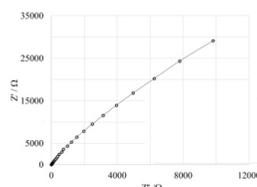


Figura 1. Espectro de impedancia del tipo Nyquist compacto del conjunto de tres membranas sin ajuste de datos.

Tabla 1. Corriente límite (I_{lim}) y número de transporte t_i en película de material sustituto.

Muestra	I_{lim}/mV	t_{Pb^+}
Agua sintética	0.3 ± 0.5	0.7 ± 0.3
Agua de pozo	6.9 ± 0.5	0.52 ± 0.55

4. CONCLUSIONES

La retención a través de la membrana o material sustituto en agua de pozo se da sin embargo este resultado refleja una mezcla de especies relacionadas a las especies mineralógicas. Se observa que la resistencia a la difusión es marcada en el agua de pozo, lo que sugiere la necesidad de la modificación del material sustituto.

5. REFERENCIAS

[1] T. Xu, *Journal of Membrane Science*, **263**, 1 (2005).

EAM-V11 Adjudicación de co-catalizadores base Ru para la degradación electroquímica foto-asistida de contaminantes emergentes

Presentación Virtual

E. Yáñez-Ríos¹, J. G. Vázquez-Arenas², A. Manzo-Robledo¹

¹Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Av. Instituto Politécnico Nacional, s/n, UPALM, 07708, CDMX, México. ²Centro Mexicano para la producción más Limpia, Av. Acueducto s/n, Col. La Laguna Ticomán, 07340, CDMX, México.

E-mail: aeduardoyanezr@outlook.com

1. INTRODUCCIÓN

Al emplear procesos electroquímicos foto-asistidos (PEFAs), la tasa de degradación y mineralización de contaminantes aumenta por la producción simultánea de $\bullet\text{Cl}$ (2.41 V vs SHE), y $\bullet\text{OH}$ (2.8 V vs SHE). La producción de especies de cloro activo depende de materiales basados en Ru (DSAs), cuya actividad y selectividad recae en la activación de sitios superficiales de Ti o por dopantes de Ru en la reacción de evolución de oxígeno y la reacción de evolución de cloro. Mismas que pueden llevarse a cabo al adicionar elementos como el Bi, Co y Mn [5].

Este trabajo muestra la funcionalidad de co-catalizadores de Bi, Co y Mn en electrodos base Ru, para producir cloro activo. Se empleó XRD, SEM-EDS, ECSA y yodometría en la caracterización de materiales. Los electrodos se implementaron para la degradación de carbamazepina, cefadroxilo, ciprofloxacino y sulfametoxazol a 20 ppm, seguidas por HPLC y TOC.

2. METODOLOGÍA

Los DSAs se sintetizaron por el método Pechini conforme Yáñez et. al. 2020, empleando $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$, CoCl_2 y MnCl_2 .

El sistema se montó en una celda de tres electrodos (100 mL), empleando como electrodo de trabajo las placas de $\text{RuO}_2\text{-Mn}$, $\text{RuO}_2\text{-Bi}$ y $\text{RuO}_2\text{-Co}$ (4 cm^2), acero inoxidable (8 cm^2) como contraelectrodo y un electrodo de Ag/AgCl (3M NaCl) como electrodo de referencia y, solución a pH 5.8 y 0.05M de NaCl.

3. RESULTADOS

Las fases resultantes correspondieron a rutilo (96-210-1931) con estructura tetragonal (P42/mmm), mientras, el Bi, Co y Mn comprendieron estructuras cúbicas correspondientes a las cartas 96-100-4041, 96-210-1931 y 96-151-4106 con grupos espaciales Pn-3,

Fd-3m y Fd-3m, respectivamente. El SEM-EDS (no incluidos aquí) se confirmó la morfología “mud-cracked” con dispersión elemental homogénea a lo largo de la película. El ECSA determinado por Randles-Sevcik a 5 mM de $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ y 0.1 M KCl entre a 5 y 120 mV s^{-1} correspondió a un área destacable para el $\text{RuO}_2\text{-Mn}$, con 5.29 cm^2 , y que por análisis yodométrico destacó al $\text{RuO}_2\text{-Mn}$ en la producción de cloro activo.

Se realizó el seguimiento por HPLC a 2 horas de tratamiento indicó la remoción de los contaminantes en la primera hora de tratamiento. Mientras que, por el método de ácidos orgánicos se detectó la presencia de ácido acético y ácido oxálico. Además, los resultados por TOC confirmaron sinergia en el PEFA con mineralización al 97.32%, mientras los procesos de fotólisis y electrocatálisis apenas alcanzaron el 11.93% y 58.8%, respectivamente.

4. CONCLUSIONES

Se demostró la influencia de co-catalizadores (Bi/Co/Mn) sobre electrodos en base rutenio y su funcionalidad para producir especies de cloro activo. Al explotar la producción de especies de cloro, se fomentaron reacciones homolíticas de las especies de cloro que incentivaron el aumento de la tasa de degradación de los contaminantes en la primera hora de experimentación, según indican los análisis de HPLC, además de mineralización superior al 97% determinada por TOC.

5. REFERENCIAS

- [1] R.K.B. Karlsson, A. Cornell, L.G.M. Pettersson, *Electrochim Acta*, **180**, 514, (2015).
- [2] A.E. Yáñez-Ríos, J.E. Carrera-Crespo, R.M. Luna-Sánchez, R.E. Palma-Goyes, J. Vázquez-Arenas, *J Environ Chem Eng*, **8**, (2020).



Educación Electroquímica (EE)



EE-O01 Eficiencia y desempeño de un electrolizador alcalino de celda húmeda con electrodos cilíndricos para fines educativos

Presentación Oral

J. S. Tamayo Topete¹, R. G. González Huerta^{2*}

¹Avenues Online, Av. The World School, 259 10th, CP 10001, New York, New York

²Instituto Politécnico Nacional-ESIQIE, UPALM, CP 07733 CDMX.

E-mail: rosadeguadalupegonhue@gmail.com, tamayojenifer3@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha llevado a la “era de la ebullición global”. Por lo tanto, es urgente desarrollar eco-alternativas que sustituyan a la causa principal de este problema, es decir, el uso de combustibles fósiles para su aprovechamiento energético. Por otro lado, Baja California Sur se considera una “isla energética” que al día en promedio libera 144.16 ton de gases de efecto invernadero por las 3 termoeléctricas de su sistema eléctrico [1]. Por esto urgen aplicaciones con energías renovables respaldadas con H₂ verde. Sin embargo, la producción y usos del H₂ verde no es conocido entre los jóvenes, quienes representan la próxima generación de técnicos e ingenieros, por lo que deben conocer que es posible convertir el agua en un combustible sustentable. Es importante considerar que los métodos de caracterización de la European Commission requieren material especializado costoso y teoría avanzada. En este trabajo se propone una nueva metodología que usa material económico y adaptada a un estudiante de preparatoria y/o universidad.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó un electrolizador alcalino de celda húmeda con electrodos cilíndricos y se aplicó un barrido de corriente entre 1-10 A. Se midió el voltaje demandado y el volumen de oxihidrógeno producido en 3 min usando un sistema de desplazamiento de agua. Las pruebas se hicieron por triplicado. Se realizaron noventa mediciones para el análisis estadístico. Se usó la fórmula 1 para encontrar la eficiencia del electrolizador (η_{Ec}) en cada punto [2,3]:

$$\eta_{Ec} = \frac{E_{H_2}}{E_{Ec}} \quad (1)$$

Donde E_{H_2} es la energía del H₂ generado y E_{Ec} es la energía consumida por el electrolizador

3. RESULTADOS

Se obtuvieron las curvas de desempeño y la eficiencia del electrolizador. En el punto de mayor

corriente, 10 A, se determinó un sobrepotencial de 4.15 V con una eficiencia del %, el porcentaje de error relativo fue de 6.4%. Lo anterior demuestra que, reconociendo las reacciones de media celda y el potencial termoneutral, así como aplicando leyes de Faraday, se puede calcular la eficiencia de un electrolizador y el porcentaje de error relativo de un electrolizador educativo de baja capacidad.

4. CONCLUSIONES

Se creó una metodología simplificada a nivel práctico y teórico que tiene un gran potencial para introducir a estudiantes de preparatoria y universidad en la producción de hidrógeno verde mediante principios de electroquímica y estadística.

5. REFERENCIAS

- [1] C. R. Cárdenas, et al. Emissions to the atmosphere by power plants in Baja California Sur, Mexico. *Renewable Energy, Biomass & Sustainability*, 6, 28 (2024).
- [2] K. Zeng, D. Zhang. Recent progress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications. *Progress in Energy and Combustion Science*, 36, 307 (2010).
- [3] M. Horcasitas-Verdiguel, et al. Design and Manufacture of ICE Test Module to Reduce Gasoline Consumption Using Oxyhydrogen Gas from an Alkaline Electrolyzer, *ACS Energy & Fuel*, 30, 6640 (2016).

EE-P01 Desarrollo de un dispositivo de bajo costo que permita realizar mediciones de potencial y corriente simultánea

Presentación Póster

F.A. Chávez-Torres¹, R. Hernández-Zamudio¹, W. Sánchez-Ortiz^{2*}

¹División de Ingeniería Química y Bioquímica, Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, Edo. de Mex.

E-mail: williams@tese.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Existen varias técnicas y dispositivos disponibles, como potenciostatos, galvanostatos y espectroscopios electroquímicos que permiten controlar y caracterizar las reacciones electroquímicas en función del tiempo, potencial eléctrico y corriente eléctrica. En general, los fabricantes de equipos electroquímicos modernos buscan crear equipos que se destaquen por tener alta precisión, bajo consumo de energía, peso reducido y sencillez en la interfaz de usuario [1]. Con la ayuda de Arduino UNO se pueden obtener dichos equipos por un menor costo, con facilidad a la hora de su manejo; con estas ventajas se puede proponer un dispositivo para obtener diversas señales de sistemas electroquímicos.

2. METODOLOGÍA

Para la construcción del dispositivo se utilizó protoboard, sensor FZ0430 para la señal de voltaje, sensor INA219 para la señal de corriente, cables dupont y una pantalla de LCD con I2C. La programación se realizó en Arduino IDE v. 2.3.2. Para la interfase gráfica se desarrolló en LabView 2023 Q3. Para la validación de la programación y el funcionamiento de los sensores se analizó el comportamiento de una batería de 3V y un sistema electroquímico de NaCl a 5 % en w, como cátodo una barra de Cobre y como ánodo una barra de Zinc.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos de los sensores sensor FZ0430 e INA219, al someterlo en el monitoreo de la celda electroquímica se compararon las señales con un multímetro. Podemos ver que en la señal de corriente, el multímetro marca 0.6 mA, y con Arduino nos da una señal parecida de 0.6 ± 0.001 mA; debido a que con el Arduino los dígitos son más y la lectura se lleva a cabo cada 50 ms. De igual forma con Arduino podemos ver la señal de voltaje de que oscilan entre los 700 ± 25 mV que en comparación con el multímetro es la

misma. Con la visualización que nos brinda la interfase grafica de LabView podemos analizar el comportamiento del sistema electroquímico, y en este caso buscamos analizar las señales a partir de la teoría de ruido electroquímico para diferentes sistemas

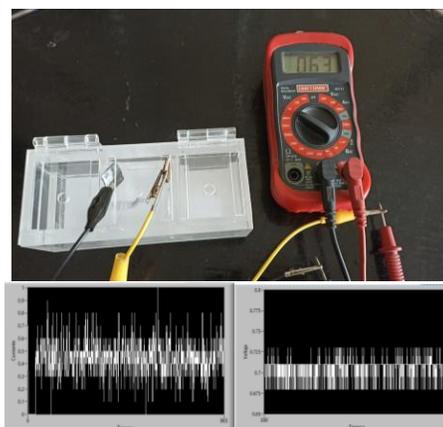


Figura 1. a) Montaje de la celda cátodo - Cu y ánodo - Zn en una solución de NaCl 5% w, b) señal de corriente y c) señal voltaje.

4. CONCLUSIONES

Podemos concluir que el prototipo presenta buena exactitud con respecto al multímetro, ya sea para la señal de corriente tanto como para la señal de voltaje, cabe mencionar que se comparara con un potenciostato/galvanostato para validar las señales obtenidas.

Ha demostrado ser una solución viable y de bajo costo para aplicaciones que requieren precisión y eficiencia. Este prototipo puede ser fácilmente replicado y adaptado para diversas aplicaciones en el campo de la electroquímica y otros sectores donde la medición precisa de estos parámetros es crucial.

5. REFERENCIAS

[1] Segura, B, et al, Prototipo de potenciostato con aplicaciones en procesos electroquímicos. (2016).

EE-P02 Determinación del poder cubriente en una celda Hull (modificada), para cátodos de cobre (segmentados) con soluciones Watts (NiSO₄ con NiCl₂) y DOX (Ni-Co)

Presentación Póster

K.A Promotor Consola¹, M. López Ramos, F.J García Colchado, S.A. Cuenca Acosta, C.R. Arganis Juárez^{2*}

¹Universidad Nacional Autónoma de México.

²Facultad de Química.

316242224@quimica.unam.mx carlosarganis@quimica.unam.mx.

1. INTRODUCCIÓN

El Poder Cubriente (Trowing Power) [1] es usado para medir la distribución de los depósitos, o sea, sus espesores relativos en las diferentes partes de un artículo. La celda Haring ha sido utilizada para medir este parámetro y la celda Hull es utilizada de forma cualitativa para obtener este parámetro [2] y sólo con microscopio y la medición de espesores se puede obtener la distribución de espesores y densidad de corriente [3].

En este trabajo se presenta el uso de la celda Hull con cátodos seccionados para obtener la distribución de espesores utilizando los pesos de material depositado en dichos cátodos y las leyes de Faraday.

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron una celda Haring para obtener el poder cubriente y una celda Hull, modificada con 7 cátodos seccionados, para obtener la distribución de espesores de dos depósitos, mediante las leyes de Faraday, uno de Ni (Solución Watts) y uno de Ni-Co (Solución DOX), utilizando

3. RESULTADOS

Con la celda Haring se obtuvo el poder cubriente de 35.8% para la solución de Ni y 42.6% para la solución de Ni-Co

La figura 1 Compara el comportamiento del espesor de depósito contra distancia a la línea de depósito de la solución de Ni (Watts) contra la de Ni-Co (DOX), en el electrodepósito de los cátodos usados en la celda Hull.

4. CONCLUSIONES

El poder cubriente de la solución Ni-Co (DOX) demuestra tener mejor poder cubriente que el de la solución de Ni (Watts) debido a que, su curva exponencial es mucho más uniforme.

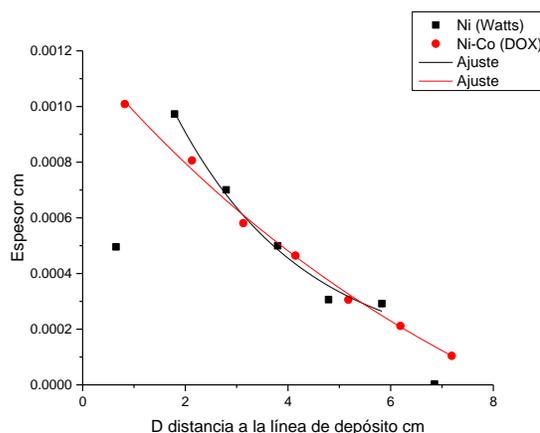


Figura 1. Comparación del espesor vs distancia de las dos soluciones.

Ambas celdas coinciden en los resultados de poder cubriente, pero la celda Hull con cátodos seccionados proporciona mayor información.

5. REFERENCIAS

- [1] Mohler, James B, Electroplating and Related Processes, Chemical Publishing Co, (1969).
- [2] Oropeza, Mercedes; Ponce de Leon, Carlos; Gonzalez, Ignacio, Principios y aplicaciones de los procesos electroquímicos, CBI, (2000).
- [3] JE Hoffmann - JOM, April p 24 (2002)

EE-V01 Electrochemistry: The link between thermodynamics and the electrostatic

Presentación Virtual

G. Orozco Gamboa^{1*}, I. N. Rodríguez-Hernández¹, B. Miranda-Alcántara¹
¹ and, G. Orozco.

E-mail: gorozco@cideteq.mx

1. INTRODUCTION

In 2020, Tsirlina [1] proposed a better route to teaching electrochemistry and commented that electrochemistry needs to be included in general chemistry courses, with clear step-by-step explanations. This can be accomplished by using at least two methods. The first method involves electrostatics, which facilitate the Born model and ionic atmosphere concept. With these models, students can learn solvation phenomena and solution equilibria. The other method proceeds with thermodynamics theory; when the concept of equilibrium is recognized in terms of the Gibbs energy, the term “with electrical potential” is added to provide a direct link to the electrochemical potential following the Nernst equation. The second scenario provided the motivation of our present work, which was used to open a brief introductory course in electrochemical science. In addition, Tsirlina [1] recommended rigorously learning the following three vital issues for master-level electrochemists: 1) interfacial thermodynamics (including adsorption with charge transfer); 2) the elementary act of electron transfer (including the basics of solid-state physics); and 3) mass transfer in solution (with involvement of hydrodynamics). Consequently, to address to issue 1), we share this prolegomenon with the intention of providing a clear link between thermodynamics and the electrostatic field.

2. METHODOLOGY

Undergraduate thermodynamics and electrostatics textbooks are mainly oriented to provide a separate understanding of these sciences. In this context, the intent of this article is to provide a clear connection between thermodynamics and the electrostatic field. This link is based on the introduction of electrical work in the thermodynamic framework. An axiomatic framework for thermodynamics is presented that incorporates the fundamental equation of internal

energy with the following extensive variables: 1) entropy, 2) volume, 3) the mole numbers of the chemical components, and 4) electric charge. This axiomatic approach promotes the concept of entropy as the directionality of thermodynamic processes. Subsequently, the Legendre transform is used to transform the original internal energy into the electrochemical Gibbs free energy. In this scenario, the partial derivative of the electrochemical Gibbs free energy with respect to the variable electric charge is defined as the electrical potential.

3. RESULTS

The sum of the transformed chemical potential and the electrical potential is referred to as the electrochemical potential, which is the total work performance when a single chemical component (molecule, electron, or ion) is moved from a universal reference state to a specified location at constant pressure and temperature.

4. CONCLUSIONS

The present article could be included in an introductory graduate-level course on electrochemistry or would be useful for teachers and those who need a review on the concept of the electrochemical potential.

5. REFERENCES

[1] G.A. Tsirlina, Evolution of electrochemical education. *J Solid State Electrochem* 24, 2679–2684 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10008-020-04752-6>.

EE-V02 La experiencia en ingeniería electroquímica del CIDETEQ para el desarrollo de reactores electroquímicos

Presentación Virtual

G. Orozco Gamboa^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandila, Pedro Escobedo 76703, Querétaro, Mexico.

E-mail: gorozco@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería electroquímica involucra el diseño, caracterización de componentes, acoplamientos de procesos que impliquen la interconversión de energía química y eléctrica. Como se ha mencionado, el reactor electroquímico es el montaje clave en el procesado electroquímico, y demanda un tratamiento integrado de conceptos de electroquímica e ingeniería. En el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ) del estado de Querétaro, se han construido reactores electroquímicos desde el año de 1991, contando estos reactores con múltiples aplicaciones.

2. METODOLOGÍA

Se consultó base de datos de Scopus Elsevier [1].

3. RESULTADOS

En la base de datos de Scopus se pueden encontrar 125 documentos publicados, sobre el desarrollo de reactores electroquímicos en el CIDETEQ, desde el año de 1991.

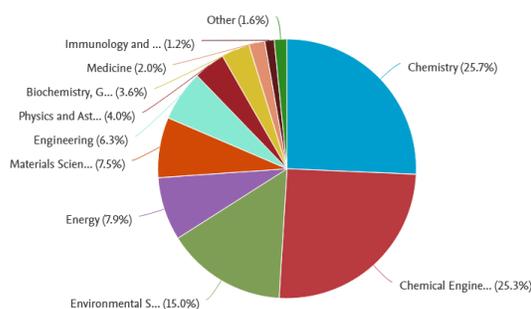


Figura 1. Clasificación de los documentos indizados por la base de datos de Scopus. Los documentos fueron publicados entre enero del 1991 a enero del 2023. Se usaron palabras claves en inglés sobre reactores

electroquímicos y el nombre del CIDETEQ. Palabras clave: (All (electrochemical and reactor) and Affiliation (centro and de and investigación and y and desarrollo and tecnológico and en and electroquímica). El número del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., asignado por la base de datos es 60084247. El texto del gráfico está en el inglés original.

4. CONCLUSIONES

Los problemas dentro del ámbito de la salud, el agua y el ambiente, afectan de manera amplia a sectores de la sociedad, por lo que cualquier contribución a la solución de problemas concretos en estas áreas obtiene un gran impacto en el ascenso de la calidad de vida de estos sectores de la población, sobre todos aquellos que sufren rezagos en cuanto a su bienestar. En ese contexto el quehacer del CIDETEQ se ha orientado hacia el desarrollo tecnológico con mayor relevancia para la propuesta de soluciones altamente pertinentes en las áreas de su especialidad de nuestro centro de investigación.

5. REFERENCIAS

[1] Scopus.com. “El número del Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., asignado por la base de datos es 60084247. Consultada 24/02/2023.



Electroquímica de Materiales **(EM)**



EM-O01 Electroodos anódicos modificados con electrodeósitos de Ni-CeO₂ para su aplicación en electrólisis alcalina

Presentación Oral

L. M. Flores Melo¹, H. J. Dorantes Rosales¹, R. de G. González Huerta^{2*}

¹Instituto Politécnico Nacional ESQIE, Depto. De Ingeniería en Metalurgia y Materiales, UPALM, 07738, CDMX, México

²Instituto Politécnico Nacional ESQIE, Laboratorio de Electroquímica, UPALM, 07738, CDMX, México
E-mail: ros Gonzales_h@yahoo.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los recubrimientos con nanocompuesto de tierras raras como el óxido de cerio (CeO₂), han despertado un gran interés entre los investigadores debido a su alta actividad catalítica y su alta resistencia a la corrosión en comparación con el Ni puro, mejorando así el tiempo de vida de los ánodos de electrolizador alcalino. Se ha considerado la técnica de galvanoplastia el método más eficaz para preparar recubrimientos con nanopartículas de CeO₂ ayudando a comprender la microestructura de los materiales [1-2]. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la adición de las nanopartículas de CeO₂, en el recubrimiento de Ni mediante las técnicas de caracterización microestructural y mediciones electroquímicas.

2. METODOLOGÍA

Se utilizaron electrodos de acero inoxidable AISI 304 con un área superficial de 0.7 cm² en la cual se deposita, a través de la Técnica de Baño Watts, una película de Ni con un espesor de 80 μm con nanopartículas de CeO₂ con una pureza de 95% y un tamaño < 25 nm.

3. RESULTADOS

Después de un estudio exhaustivo cinético de los electrodos de Ni-CeO₂ a diferentes concentraciones de CeO₂ mediante pruebas electroquímicas, se hicieron pruebas de caracterización estructural del recubrimiento mediante DRX y SEM, así como pruebas de estabilidad a los electrodos de Ni-CeO₂ que obtuvieron mejor desempeño a la REO durante 500 h a condiciones operativas reales usando como electrolito NaOH al 15% en peso aplicando una densidad de corriente de 0.5 A cm⁻²

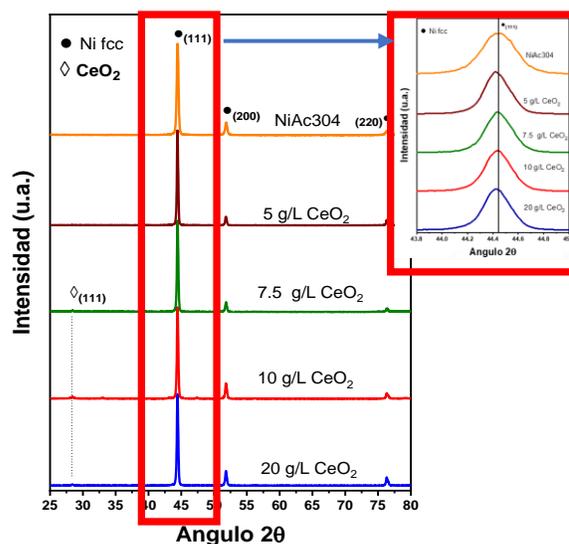


Fig 1. Patrón de difracción de los electrodos NiAc304 y Ni-CeO₂ a diferentes concentraciones.

4. CONCLUSIONES

El patrón de difracción muestra la señal de níquel ubicado a 44.5° correspondiente al plano cristalográfico (111), observándose un corrimiento a la izquierda en un ángulo de 44.42° para algunas concentraciones de CeO₂ formando una posible solución sólida en el recubrimiento de Ni-CeO₂ implicando un crecimiento en la red cristalina.

5. REFERENCIAS

- [1] R. Sen, *Surface & Coatings Technology*, **205**, 3847, (2011).
- [2] X. Zhou, *Surface & Coatings Technology*, **235**, 433, (2013).

EM-O02 Caracterización electroquímica de fotocatalizadores conformados por $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}\text{-gC}_3\text{N}_4$

Presentación Oral

A. X. Maldonado Pérez¹, J. J. Pérez Bueno^{1*}

¹Centro De Investigación y Desarrollo Tecnológico En Electroquímica, S.C.

E-mail: amaldonado@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Considerando los avances que se han obtenido en relación con los materiales nanométricos, los cuales han proporcionado opciones diversas para contrarrestar la contaminación del agua, dentro de los cuales los materiales a base de silicio han sido utilizados no solo para los componentes electrónicos, como chips, sensores, celdas fotovoltaicas entre otros, sino aprovechando sus propiedades y características, proporcionan una opción para el tratamiento de agua mediante nanoestructuras como Si_{NWs} .

Aprovechando su capacidad la generación de portadores de carga los cuales a su vez producen gracias a la oxidación o reducción del medio especies reactivas de oxígeno (ROS), son en realidad las que contribuyen con la descomposición de los contaminantes [1,2]. El trabajo presenta la caracterización se superficies fotocatalíticas a base de Si_{NWs} decorados con Cu_{NPs} y $\text{g-C}_3\text{N}_4$ mediante técnicas electroquímicas como lo son la voltamperometría cíclica, espectroscopia de impedancia electroquímica, cronopotenciometría y cronocoulombimetrías.

2. METODOLOGÍA

El procedimiento para realizar la experimentación se realizó en dos partes, primero la síntesis de los Si_{NWs} mediante grabado químico asistido por metal, seguido de la caracterización electroquímica en una celda de tres electrodos, adaptación de una celda de corrosión.

3. RESULTADOS

Se logro sintetizar Si_{NWs} con decoración de Cu_{NPs} y $\text{g-C}_3\text{N}_4$, mostrando estructura característica para los Si_{NWs} . Los resultados de VC muestran un aumento en la capacitancia de las superficies de $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}\text{-gC}_3\text{N}_4$ respecto a las superficies de Si_{NWs} sin decorado además de mostrar una diferencia en el espectro de EIS atribuido a el aporte proporcionado con Cu_{NPs} mejorando la resistencia a la transferencia de carga en un orden de magnitud, así como aumentando la

capacitancia.

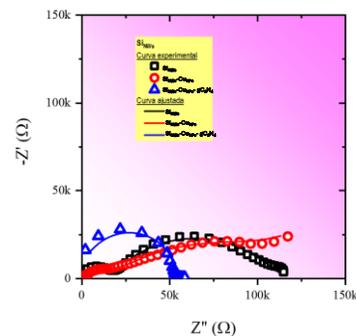


Figura 1. Resultados comparación espectroscopia de impedancia entre las superficies con diferentes decoraciones.

4. CONCLUSIONES

Se muestra mediante las técnicas electroquímicas, una mejora en la capacitancia, comparando las superficies de Si_{NWs} y Si_{NWs} decoradas, así como una mejora en la resistencia a la transferencia de carga para las superficies de $\text{Si}_{\text{NWs}}\text{-Cu}_{\text{NPs}}$, Sin embargo, muestra un aumento en la resistencia a la transferencia de carga para las superficies los recubrimientos de $\text{g-C}_3\text{N}_4$.

5. REFERENCIAS

- Brahiti, N., Hadjersi, T., Amirouche, S., Menari, H., & ElKechai, O. (2018). Photocatalytic degradation of cationic and anionic dyes in water using hydrogen-terminated silicon nanowires as catalyst. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(24), 11411–11421. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.02.141>
- Hernández Rodríguez, J. de J. Pérez Bueno, A. Maldonado Pérez, M. Ruiz Flores, G. Oz Photoelectrocatalytic activity of silicon nanowire decorated with electroless copper nanoparticles and graphene oxide using a plasma jet for removal of methylene orange under visible light, *RSC Advances*. 13 (2023) 10621–10635. <https://doi.org/10.1039/D3RA00932G>.

EM-O03 Mecanismo y cinética de la nucleación y crecimiento electroquímico de cobre sobre carbono vítreo obtenido a partir de Reline

Presentación Oral

B. Maldonado Teodocio¹, M. G. Montes de Oca¹, M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo No. 420 Col. Nueva el Rosario C.P. 02128.

E-mail: mepp@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas de cobre (NP Cu) representan una tecnología prometedora con aplicaciones amplias y diversas, en campos como: catálisis, electrocatálisis y fotocatalisis. Su tamaño, baja carga y dispersión adecuada mejoran la eficiencia de las reacciones químicas, combinada con la posibilidad de ser recicladas, las hace atractivas para la investigación y desarrollo[1]. No obstante, su tendencia a la oxidación bajo condiciones atmosféricas plantea desafíos que están siendo abordados mediante estrategias innovadoras como el uso de soportes, agentes estabilizadores y uso de solventes avanzados como: los disolventes eutécticos profundos (DES)[2]. El desarrollo y perfeccionamiento de estas estrategias potenciará la funcionalidad de las NP Cu y contribuirá a una mayor sostenibilidad en sus aplicaciones, alineándose con las tendencias actuales hacia tecnologías más respetuosas con el medio ambiente[3].

2. METODOLOGÍA

El DES *Reline* fue preparado mezclando cloruro de colina y urea en una proporción molar 1:2. Posteriormente, se disolvió la sal precursora $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ para obtener una concentración de 5 mM de Cu en la mezcla. Los experimentos se realizaron a 70 °C y presión de la CDMX, utilizando una celda electroquímica típica de tres electrodos: ET-carbono vítreo (GCE), EA- platino y ER- plata.

3. RESULTADOS

La **Figura 1** muestra el ajuste teórico del transitorio experimental de densidad de corriente con el modelo propuesto por Heerman y Tarallo[4], y un coeficiente de difusión promedio para Cu(I) de $2.50 \times 10^{-7} \text{ cm}^2\text{s}^{-1}$. Además, el inserto ejemplifica la resta del blanco que permite analizar únicamente la respuesta de electrodeposición de Cu sin la influencia del medio electrolítico.

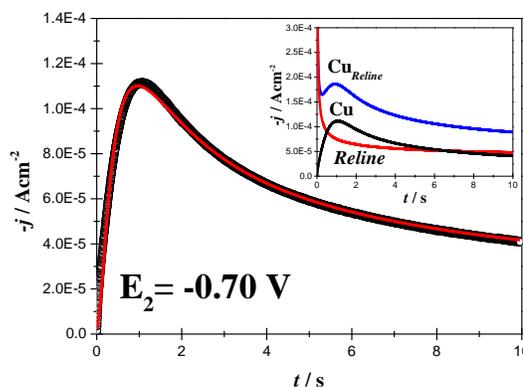


Figura 1 Transitorio potenciostático de densidad de corriente experimental (O) y ajuste teórico (—) [4], obtenido a $E_2 = -0.70 \text{ V}$.

4. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los transitorios potenciostáticos de densidad de corriente es posible electrodepositar Cu sobre el GCE a bajas concentraciones y empleando como medio electrolítico (*Reline*). La electrodeposición Cu es un proceso de nucleación y crecimiento 3D controlado por difusión. Se comprobó la aplicabilidad de modelo de Heerman y Tarallo[4] para obtener parámetros cinéticos como A , D y N_0 , asociados al proceso de reducción de Cu(I) a Cu(0).

5. REFERENCIAS

- [1] M. Din & R. Rehan, *Anal. Lett.*, **50**, 50, (2017).
- [2] N. Ojha, G. Zyranov, A. Majee, V. Charushin, O. Chupaknin and S. Santra, *Coord. Chem. Rev.*, **353**, 1, (2017).
- [3] M. Gawande, A. Goswami, F. Felpin, T. Asefa, X. Huang, R. Silva, X. Zou, R. Zboril and R. Varma, *Am. Chem. Soc.*, **116**, 3722, (2016).
- [4] L. Heerman and A. Tarallo, *Electroanal. Chem.*, **451**, 101, (1998).

EM-O04 Estudio de la reducción electroquímica de nitratos en electrodos de grafito y nanofibras de carbono modificados con polianilina

Presentación Oral

Oswaldo E. Hernández Gama¹, S. Gutiérrez Granados^{1*}, J. Salvador Jaime Ferrer², J. Manríquez³

¹Departamento de Química. División de Ciencias Naturales y Exactas. Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Gto., México. ²Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, León, Gto., México. ³Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C., Sanfandila, Pedro Escobedo, 76703, Qro., México.

*E-mail: gutigs59@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presenta el estudio de la reducción electroquímica de nitratos (RENs)^{1,2} en medio ácido empleando electrodos de grafito (G) y nanofibras de carbono (NFC) modificados con polianilina (PANI), mediante voltamperometría cíclica (VC) y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS).³ Los NFC fueron calcinadas a diferentes temperaturas. La anilina (ANI) fue electropolimerizada en forma de películas PANI por voltamperometría cíclica (VC) a distintas velocidades de barrido de potencial. Los sistemas fueron caracterizados previamente por VC, EIS y microscopía electrónica de barrido (SEM).

2. METODOLOGÍA

Las NFC fueron preparadas por electrohilado, estabilizadas a 250°C y luego calcinadas a 700, 800 y 900 °C. Los procesos de electropolimerización de la ANI fueron llevados a cabo dentro de una celda electroquímica de 20 mL mediante VC a 10, 50 y 100 mV/s, a temperatura ambiente y pH 0. Se utilizó un arreglo de tres electrodos: WE: G o NFC, RE, Ag|AgCl, CE: alambre de Pt. Los electrodos modificados se utilizaron para estudiar la RENs en medio ácido mediante VC y EIS, luego de ser caracterizados por SEM. Los estudios de RENs mediante EIS fueron llevados a cabo al aplicar una señal a.c. sinusoidal de ± 10 mV en una ventana de frecuencia de 1 MHz a 50 mHz, mientras que el potencial d.c. aplicado fue de -1.0 V vs. Ag|AgCl (en la zona donde ocurre la RENs).

3. RESULTADOS

Los voltamperogramas obtenidos para los electrodos modificados con PANI mostraron los cuatro picos característicos de la oxidación de la PANI (datos no mostrados). Adicionalmente, las corrientes catódicas

asociadas a la RENs para los electrodos modificados con PANI fueron significativamente mayores a las corrientes catódicas asociadas a la reacción de evolución de hidrógeno (REH). Asimismo, los electrodos de G y NFC modificados con PANI (G/PANI y NFC/PANI, respectivamente) mostraron una disminución en el sobrepotencial de activación para la RENs, cuando se comparan con la respuesta de los electrodos de G y NFC desnudos.

El análisis de los espectros de EIS obtenidos para los electrodos modificados (G/PANi y NFC/PANi) y desnudos (G y NFC) en presencia y ausencia de nitratos reveló que la RENs es cinéticamente más favorable en los electrodos de G/PANi y NFC/PANi que en los electrodos de G y NFC. Finalmente, los resultados de EIS indicaron que el mejoramiento en la cinética de la RENs para los electrodos modificados con PANi se debe a que la protonación de las unidades monoméricas de ANI promueve la preconcentración de los nitratos en las interfaces G|PANi y NFC|PANi.

4. CONCLUSIONES

El crecimiento de películas de PANI sobre superficies de G y NFC se llevó a cabo mediante VC en medio acuoso ácido. Se demostró que las películas de PANI favorecen cinéticamente la RENs gracias a que las unidades de ANI protonadas en el medio acuoso ácido, promueven la preconcentración de los nitratos en las interfaces G|PANi y NFC|PANi.

5. REFERENCIAS

[1] J.Christophe, V. Tsakova. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, vol. 221, no. 9-10, pp. 1123, (2007). [2] L. Mattarozzi, S. Cattarin, N. Comisso. *Electrochim Acta*, vol. 89, 488, (2013). [3] El Aggadi, S., Loudiyi, N., Chadil, A., Zoubida, *Mediterranean Journal of Chemistry*, 10(2), 138, (2020).

EM-O06 Estudio electroquímico de óxidos metálicos semiconductores obtenidos mediante anodizado sobre materiales ferrosos

Presentación Oral

F. C. García Rueda¹, L. A. Avalos Elizondo¹, P. C. Meléndez González¹, J. M. Hernández López^{1*}

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Avenida Pedro de Alba s/n, San Nicolás de los Garza 66455, Nuevo León, México

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

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un gran interés hacia el estudio de óxidos metálicos semiconductores con propiedades fotocatalíticas. En ese sentido, los materiales ferrosos resultan atractivos para la formación de óxidos fotocatalíticos como la hematita, una fase amigable con el medio ambiente, con alta estabilidad química, baja brecha energética y bajo costo de obtención [1]. En el presente trabajo, se estudió el comportamiento electroquímico de capas anódicas obtenidas sobre materiales ferrosos como el hierro, el acero al carbono 1018 e inoxidable 304L para conocer sobre sus propiedades fotocatalíticas.

2. METODOLOGÍA

Los materiales ferrosos (Fe, 1018 y 304L) recibieron limpieza química según la norma ASTM G1, luego fueron anodizados durante 1 hora en solución de etilenglicol + 0.33 % wt NH_4F + 0.4 % wt H_2O a 45 V, 10 °C y 300 rpm. Las superficies anodizadas se limpiaron en solución de CaCO_3 saturada, y finalmente se trataron térmicamente a 400 °C por 1 hora en atmósfera de N_2 . De esta manera, las películas anódicas obtenidas fueron estudiadas mediante ensayos electroquímicos como la respuesta en fotocorriente a la luz visible (200 W), el Mott-Schottky y la impedancia electroquímica.

3. RESULTADOS

Las curvas de corriente-tiempo de los anodizados evidenciaron mayores densidades de carga durante los procesos de oxidación de los aceros 304 y 1018 respecto al hierro, lo que se relacionó a la influencia de los elementos de aleación [2,3]. Por otra parte, las películas anódicas crecidas sobre los tres materiales ferrosos mostraron en los ensayos de fotocorriente respuestas combinadas de densidades de corriente positivas y negativas durante los tiempos de iluminación, lo que se relacionó a la presencia de

óxidos metálicos semiconductores tipo n y p [4], mientras las pendientes positivas y negativas en los diagramas de Mott-Schottky respaldaron tal comportamiento.

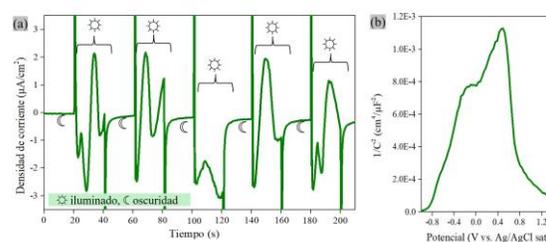


Figura 1. Respuestas de la película anódica obtenida sobre el acero al carbono 1018 (a) en fotocorriente a 0 V vs. OCP y (b) en Mott-Schottky

4. CONCLUSIONES

Se logró la obtención de películas anódicas sobre los tres materiales ferrosos, así como la presencia dual de óxidos semiconductores y fotocatalíticos tipo n y p, planteando la posibilidad de continuar trabajando con fotocatalizadores económicos de aceros 1018 o 304.

5. REFERENCIAS

- [1] R.N. Araujo, et al. *Journal of Alloys and Compounds*, **882**, 160683, (2021).
- [2] V. Klimas, et al. *The Journal of Physical Chemistry*, **117**, 20730, (2013).
- [3] A. Pawlik, et al. *Applied Surface Science*, **426**, 1084, (2017).
- [4] S. Tong, et al. *Electrochimica Acta*, **394**, 139110, (2021).

EM-O07 Depósito de películas de oxisulfuros metálicos sensibilizados con puntos cuánticos para la generación de fotocorriente

Presentación Oral

J-Alfaro-Chacón¹, I-Juárez-Ramírez^{1*}, y G-Ortiz-Rabell¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Ecomateriales y Energía. Ciudad Universitaria S/N. C.P. 66455. San Nicolás de los Garza, N. L. México.

E-mail: julian.alfarochc@uanl.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el avance tecnológico ha permitido el desarrollo e innovación de nuevos materiales con aplicación en diversos dispositivos electrónicos tales como sensores, diodos, celdas solares, transistores, capacitores, baterías, etc. Comúnmente, el material activo ha sido empleado en estos dispositivos en forma de película, por su versatilidad y potencial para su uso en escala industrial. Los materiales que suelen utilizarse llegan a ser costosos y con complejos métodos de síntesis. Por lo que, en años recientes se han buscado otras alternativas, siendo los oxisulfuros una opción viable por sus propiedades eléctricas, catalíticas, y químicas [1]. Por otro lado, se ha reportado que el uso de puntos cuánticos ha mejorado la actividad fotocatalítica de distintos materiales, esto gracias a sus tamaños nanométricos que permiten mejorar su absorción hacia la región de luz visible [2]. Con base en lo anterior, en el presente trabajo se reporta la preparación de películas de oxisulfuros metálicos sensibilizados con puntos cuánticos para la generación de fotocorriente, ya que hasta el momento no se ha reportado la influencia de puntos cuánticos sobre materiales de esta naturaleza.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de las películas de oxisulfuros metálicos y la preparación de los puntos cuánticos se llevó a cabo mediante las técnicas de baño químico, y método SILAR, respectivamente [3, 4]. En ambos, las condiciones experimentales fueron establecidas con base en un diseño de experimentos factorial 3².

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran que el depósito de películas de oxisulfuros (SnO_xS_{2-x}) y de puntos cuánticos (Ag₂S y CdS) sobre vidrio ITO favorecen la absorción de las películas hacia la región de luz visible.

Lo anterior, es un resultado interesante ya que permitirá que la película sea evaluada con gran expectativa en un dispositivo fotoelectroquímico para la medición de fotocorriente.

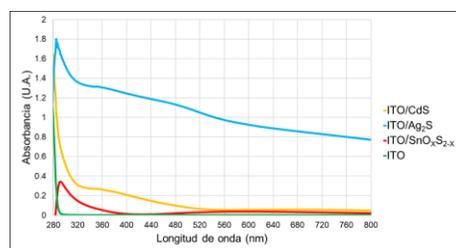


Figura 1. Espectro de absorción UV-Vis

4. CONCLUSIONES

Se logró el depósito de películas de oxisulfuros (SnO_xS_{2-x}) y de puntos cuánticos (Ag₂S y CdS) sobre vidrio ITO encontrando que la presencia de estos materiales favorece la absorción de las películas hacia la región de luz visible.

5. REFERENCIAS

- [1] Y. Subramanian, A. Dhanasekaran, L.A. Omeiza, M.R. Somalu, A.K. Azad, *Catalysts*, **Vol. 13**, pg. 173, (2023).
- [2] S. Sahai, A. Ikram, S. Rai, R. Shrivastav, S. Dass, V.R. Satsangi, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **Vol. 68**, pg. 19, (2017).
- [3] N.S. Mohamed Mustakim, C.A. Ubani, S. Sepeai, N.A. Ludin, M.A. Mat Teridi, M.A. Ibrahim, *Solar Energy*, **Vol. 163**, pg. 256, (2018).
- [4] D. Mugle, G. Jadhav, *Proceeding of International Conference on Condensed Matter and Applied Physics*, p. 30-31, Bikaner, India (2015).

EM-O08 Recuperación electroquímica de Fe a partir de concentrados de minerales sulfurados empleando Disolventes Eutécticos Profundos

Presentación Oral

A. Sampayo-Garrido¹, M. De la Cruz-Morales¹, D. Hernández-Pérez¹, M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé¹, J. Aldana-González^{1*}

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200, CDMX.

*jiag@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El hierro es importante debido a sus numerosas aplicaciones cotidianas, destacando su uso en la fabricación de acero, crucial para la industria de la construcción. Su obtención es mediante procesos hidrometalúrgicos que permiten separar eficazmente los compuestos metálicos del mineral. Investigadores han trabajado en mejorar la eficiencia de estos procesos y en encontrar alternativas a los medios lixiviantes tradicionales. En la investigación electroquímica, los disolventes eutécticos profundos (DES) han despertado un interés significativo debido a sus ventajas sobre los medios acuosos [1]. Esto ha permitido estudiar diversos sistemas metálicos difíciles de realizarse en medios acuosos. Por ejemplo, la electrodeposición de iones de hierro en un DES compuesto por cloruro de colina y urea ha proporcionado información valiosa sobre los mecanismos de nucleación y crecimiento del hierro en condiciones electroquímicas específicas. Basado en estos avances, el objetivo principal de este proyecto de investigación es la extracción electroquímica de hierro a partir de concentrados de minerales sulfurados, utilizando DES como medio lixivante. Se busca obtener información sobre la cinética de nucleación y crecimiento de los metales sobre diversos sustratos, contribuyendo al desarrollo de métodos más eficientes y sustentables para la recuperación de metales.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología descrita en la recuperación de cobalto a partir de baterías de iones de litio [2].

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta el estudio voltamperométrico en el sistema de GCE con el licor de lixiviación del concentrado de mineral sulfurado de hierro, utilizando reline en una proporción de 1/10

después de 72 horas. Se observa claramente la formación de un pico catódico en el intervalo de potencial de -0.8 a -1.1 V. Conociendo este intervalo donde se lleva a cabo la reducción de la especie, se realizó un transitorio potenciostático a -1.0 V para la electrodeposición de hierro, corroborándose la presencia de dicha especie mediante la técnica de caracterización de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM)

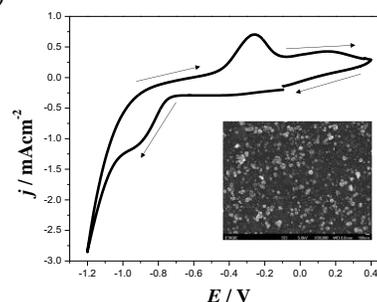


Figura 1. CV experimentales en el sistema GCE/reline + licor de lixiviación del concentrado de mineral sulfurado de hierro después de 72 horas a 70 °C en dirección catódica a 20 mVs⁻¹. Además, de una imagen por SEM obtenidas a un potencial constante de -1.0 V con electrones secundarios y a un aumento de 30,000X.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que los Disolventes Eutécticos Profundos (DES) actúan como medios lixiviantes y electrolíticos, ya que se puede realizar la electrodeposición de hierro a partir de concentrados de minerales sulfurados, corroborado si electrodeposición mediante técnicas de SEM.

5. REFERENCIAS

- [1] E. L. Smith, A. P. Abbott, and K. S. Ryder, "Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Applications," *Chem. Rev.*, vol. 21, no. 114, pp. 11060–11082, 2014.
- [2] Aldana-González, J., et al. "Electrochemical Nucleation and Growth of Cobalt after Leaching Waste Lithium-Ion Batteries Using a Deep Eutectic Solvent." *Journal of the Electrochemical Society* 169.10 (2022): 102504.

EM-O09 Influencia de la temperatura en el electrodeposición de Nd utilizando Reline

Presentación Oral

D. Hernández-Pérez¹, N. Sánchez-Piñón¹, J. Aldana-González^{1*}, A. Sampayo-Garrido¹, M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420 Col. Nueva el Rosario, CP 02128, Ciudad de México.

E-mail: mepp@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad han ido en aumento la fabricación e invención de las conocidas tecnologías renovables, esto con la finalidad de frenar el continuo deterioro de medio ambiente, como producto de este movimiento la implementación de elementos con propiedades específicas ha sido de vital importancia para el desarrollo de esta tecnología, entrando como principal repunte a las conocidas como tierras raras, las cuales debido a sus propiedades han sido foco de estudio en recientes investigaciones [1]. Dentro de esas tierras raras se encuentra el elemento neodimio (Nd), que el mayor porcentaje de la extracción y producción de este metal se designa a la fabricación de los imanes más potentes conocidos como permanente, compuestos por una aleación de Nd-Fe-B, además que también es utilizado en la fabricación de vehículos eléctricos que han surgido como el remplazo a los medios de movilidad tradicionales y contaminantes [2].

2. METODOLOGÍA

La síntesis del DES se realizó con una relación molar 1:2 de cloruro de colina y urea, posteriormente a la mezcla homogénea se le adiciono una concentración de 20 mM de cloruro de neodimio (NdCl₃) para tener la solución de estudio. En una celda típica de tres electrodos, carbono vítreo como trabajo, alambre de plata como cuasi referencia y grafito como auxiliar, se usaron uso las técnicas de voltamperometría y cronoamperometría para la caracterización electroquímica del sistema y se utilizó las temperaturas de 25, 40 y 75°C. Finalmente mediante SEM y EDS se caracterizaron los depósitos metálicos sobre el electrodo de trabajo.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la comparación de tres voltamperogramas cíclicos para el sistema de

neodimio en Reline a diferentes temperaturas, como se puede observar al aumentar la temperatura se tiene un aumento en la respuesta de densidad de corriente, lo que indica que debido a la disminución de la viscosidad con el aumento de la temperatura la conductividad eléctrica aumento.

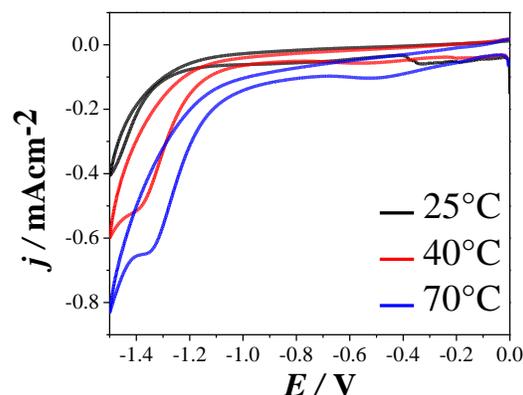


Figura 1. Comparativo de los voltamperogramas para el sistema de Nd sobre un electrodo de carbono vítreo a diferentes temperaturas usando Reline.

4. CONCLUSIONES

La temperatura tiene una influencia importante sobre la respuesta en la densidad de corriente del sistema de neodimio, además fue posible realizar depósitos de este elemento en Reline siendo la primera vez que se reporta.

5. REFERENCIAS

[1] L.M. Suli, W. Hanisah, W. Ibrahim, B.A. Aziz, M.R. Deraman, N.A. Ismail, *Chemical Engineering Research Bulletin*, **19**, 20, (2017).

[2] E. Bourbos, A. Karantonis, L. Sygellou, I. Paspaliaris, D. Panias, *Metals*, **18**, 803, (2018).

EM-O10 Estudio del electrodeposición de Ag sobre una película de carbón activado proveniente de *Sargassum sp*

Presentación: Oral

J. Garrido González, S.J. Figueroa Ramírez^{1*}, B. Escobar Morales²

J. M. Sierra Grajeda¹

¹Facultad 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.

²CONAHCYT- Centro de Investigación Científica de Yucatán, 5.5 Carretera Sierra Papacal-Chuburná Puerto, Sierra Papacal, Yucatán, 97302, México.

E-mail: sfigueroa@pampano.unacar.mx

1. INTRODUCCIÓN

La plata es uno de los mejores materiales conductores de electricidad, se utiliza en equipos electrónicos, para desinfectar agua potable, en el área de medicina y es un buen candidato como electrocatalizador para la reducción electroquímica del CO₂ debido a su buena selectividad y rentabilidad [1]. Se han obtenido nanopartículas de plata sobre diferentes sustratos y electrolitos [2]. Por esta razón, en el presente trabajo, se estudia el electrodeposición de plata sobre película de carbón activado proveniente *Sargassum sp* y se comparará con diferentes películas de carbón.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda típica de tres electrodos compuesta por un electrodo de referencia de calomel sat, una barra de grafito como electrodo auxiliar y como electrodo de trabajo las películas de carbono (vulcan, CDLC y SKPH). El SKPH es carbón activado proveniente de *Sargassum sp*. y sintetizado en el laboratorio. Como electrolito se empleó 0.1 M AgNO₃, 0.1 M KNO₃ a pH= 7. Se preparó una tinta catalítica de carbón utilizando nafión líquido, alcohol isopropílico y los diferentes polvos de carbón. Se empleó la técnica de voltamperometría cíclica para estudiar el electrodeposición de plata.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la comparación de las voltamperometrías cíclicas obtenidas sobre diferentes tintas de carbono poroso en medio neutro. En todos los casos, se observa el potencial de pico de catódico (Epc) de Ag⁺ a Ag y al invertir el potencial de barrido se describe el potencial de pico anódico (Epa) correspondiente al proceso de oxidación del Ag a Ag⁺.

Comparando las películas de carbón se observa que los potenciales catódicos y anódicos dependen del material poroso.

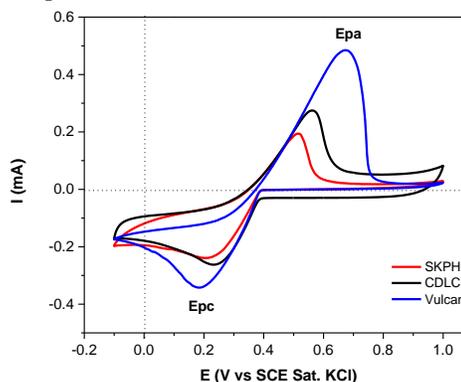


Figura 1. VC obtenidas sobre distintas películas de carbón a 20 mV/s en electrolito de 0.1 M AgNO₃, 0.1 M KNO₃ a pH=7.

4. CONCLUSIONES

Los resultados de voltamperometría cíclica permitieron establecer el intervalo de potencial de 0 V a 0.35 V vs Calomel sat. KCl, donde se lleva a cabo el electrodeposición de plata. El intervalo depende ligeramente del tipo de carbón.

5. REFERENCIAS

- [1] Shojaei, Z et al., Review of electrodeposition methods for the preparation of high-entropy alloys. *Int Miner Metall Mater* 29, 1683–1696 (2022).
- [2] Long, Y et al., (2011). *Rapid sintering of silver nanoparticles in an electrolyte solution at room temperature and its application to fabricate conductive silver films using polydopamine as adhesive layer* *Journal of Materials Chemistry*, 21(13), 4875.

EM-O11 Electro oxidación de eritromicina empleando electrodos de $\text{IrO}_2/\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$

Presentación Oral

J Paiz Barcena¹, E Arce Estrada³, A Romero Hernandez^{1,2}, M Palomar Pardavé¹, M Manríquez Ramírez².

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Laboratorio Interdisciplinario de Electroquímica e Ingeniería de los Materiales, Departamento de Materiales, CDMX, México.

²Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, Laboratorio de Investigación en Fisicoquímica y Materiales, UPALM, Edif. Z, Sección 5, 2do. Piso, CDMX, 07738, México.

³Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE, Departamento de Ingeniería en Metalurgia y Materiales. UPALM, Ed. 7, Zacatenco, CDMX, 07738, México.

E-mail: al2193043482@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los antibióticos son medicamentos ampliamente utilizados en medicina, debido a su amplio uso se han convertido en contaminantes que amenazan al medio ambiente y la salud humana [1]. La eritromicina es un antibiótico macrólido que posee anillos de lactona que hacen difícil su degradación [2]. Su detección en cuerpos de agua y la incapacidad de los tratamientos convencionales para eliminar por completo los antibióticos han dado pauta a proponer nuevos métodos para su eliminación [1]. Los procesos de oxidación avanzada, son una alternativa por su gran capacidad de oxidación en medios acuosos con altas eficiencias de degradación [1][3]. En este trabajo se sintetizaron electrodos de $\text{IrO}_2/\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ en diferentes relaciones llevando a cabo la degradación de eritromicina por medio de la electro oxidación a través de un medio de sulfato de sodio.

2. METODOLOGÍA

Probetas de titanio, se anodizaron en AgNO_3 a 80 V por 8 minutos, fueron recubiertas con tintas precursoras de IrCl_3 y RuCl_3 en las relaciones (1:1, 1:2, 2:1). Las probetas resultantes se sometieron a un tratamiento térmico a 450°C por 1 hora. La evaluación electroquímica se llevó a cabo mediante técnicas de voltametría cíclica y cronoamperometría, en una celda de tres electrodos, empleando una malla de platino como contraelectrodo, un electrodo de referencia de Ag/AgCl (KCl saturado), y como electrodos de trabajo las probetas sintetizadas, el electrolito fue una solución de eritromicina 0.1 mM disuelta en sulfato de sodio 0.1 M. Se monitoreo la tasa de oxidación por UV-vis.

3. RESULTADOS

Por medio de voltametría cíclica se eligió el potencial de 2.56 V vs ENH como el potencial a aplicar en las cronoamperometrías correspondientes a los electrodos de $\text{IrO}_2/\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ en las relaciones (1:1, 1:2, 2:1), se tomaron alícuotas a diferentes tiempos y fueron analizadas por UV- vis, obteniendo los porcentajes de degradación mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentajes de degradación de los electrodos de $\text{IrO}_2/\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ a diferentes tiempos, imponiendo un potencial de 2.56 V vs ENH.

Probeta	30 min	60 min	90 min	120 min
	% de degradación			
$\text{IrO}_2/\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ (1:1)	3.44	25.57	35.01	69.83
$\text{IrO}_2/\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ (1:2)	5.33	33.12	45.70	67.83
$\text{IrO}_2/\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ (2:1)	10.26	67.10	82.94	98.67

4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos por UV-vis el electrodo que mostró una mejor actividad en la degradación de eritromicina fue el de la relación 2:1, a comparación con los electrodos de relaciones 1:1 y 1:2.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Wang, E. Zhuan *Science of The Total Environment*, **volumen 701**, (2020).
- [2] H. Feng, M. Tang et al. *Chemosphere*, **volumen 313**, (2023).
- [3] L. Chu, R. Zhuan et al. *Chemical Engineering Journal* **volumen 361**, 156 (2019).

EM-O12 Descifrando el efecto de Mn y Co en la reversibilidad estructural y electroquímica de LNO

Presentación Oral

B.A García-Carrillo^{1,2}, I. González^{1,2}, G. Ramos-Sánchez^{1,3}, M.A Martínez-Cruz^{4*}.

¹Laboratorio Nacional CONAHCYT de Batería Ion-Li y Post Li (BIL-DEMO), ²Departamento de Química, ³Departamento de IPH, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, C.P. 09340 Ciudad de México, México.

⁴Instituto de Investigación en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Cd. Universitaria, Del. Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, México.

E-mail: bralex@live.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen numerosas investigaciones que buscan incrementar las propiedades de las Baterías Ion-Li (LIB); entre ellas, la estabilidad estructural, capacidad de carga, retención y costo de fabricación, mediante la modificación de los materiales catódicos que las conforman. El niquelato de litio (LNO) ha generado un gran interés, debido a su isoestructuralidad con el LiCoO_2 (material comercial en la fabricación de LIB), permitiendo una densidad energética alta a un menor costo de fabricación [1].

Desafortunadamente, el LNO posee desventajas estructurales que han evitado su utilización en baterías comerciales. La oxidación de iones Ni^{3+} a Ni^{4+} genera transiciones de fases irreversibles durante la deinserción de iones Li^+ , afectando negativamente el comportamiento electroquímico del material.

En este trabajo se propuso sintetizar el LNO dopado con iones metálicos de Co y Mn para evaluar los cambios en las propiedades electroquímicas que generan estos metales.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de los materiales se llevó a cabo mediante el método de combustión. La caracterización estructural de los materiales se realizó por XRD; además, fueron evaluados como materiales catódicos para LIB.

3. RESULTADOS

Los difractogramas revelaron que todos los materiales cristalizaron en una estructura romboédrica con grupo espacial $R\bar{3}m$, sin la presencia de una fase secundaria. La caracterización electroquímica de los materiales sintetizados permitió identificar cambios significativos en su comportamiento electroquímico.

Los perfiles galvanostáticos, después de 30 ciclos, demostraron que la incorporación de Mn incrementó la retención y estabilidad del material. En cambio, el dopaje con Co aumentó la capacidad obtenida (Tabla 1); demostrando que el dopaje ha mejorado el desempeño electroquímico respecto al material prístino.

Tabla 1. Capacidad y retención de carga obtenidas del LNO, Co- y Mn-LNO.

Muestra	Capacidad (mAhg^{-1})	Retención de carga (%)
LNO	118.79	73.19
Co-LNO	126.33	82.33
Mn-LNO	155.78	98.25

4. CONCLUSIONES

La incorporación de iones metálicos de Co o Mn modifica la estructura prístina del LNO, ocasionando cambios significativos en el comportamiento electroquímico de los materiales. Al realizar una comparación entre los materiales sintetizados, es posible identificar un incremento en la estabilidad estructural mediante la retención de carga cuando el Mn se ha incorporado en la estructura; mientras que el dopaje con Co genera un aumento en la capacidad del material prístino.

5. REFERENCIAS

[1] M. Bianchini, M. Rocas-Ayats, T. Brezesinski, J. Janek. *Angewandte*, **58**, 10434, (2019).

EM-O13 Efecto de la Composición Química en Electroodos de Aleación Ni-Cr e la Reacción de Evolución de hidrógeno (HER) utilizados en la electrólisis alcalina del agua

Presentación Oral

S. Garibay Coria¹, M. Velasco Plascencia¹, J.C. Villalobos Brito¹, O. Vázquez Gómez¹, A. Molina-Ocampo², H.J. Vergara Hernández^{1*}

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, Avenida Tecnológico No.1500, Col. Lomas de Santiaguito. Morelia, Michoacán, México. C.P 58120. 1.

²Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias aplicadas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Avenida Universidad No. 1001, Col Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, C.P. 2.

E-mail: hector.vh@morelia.tecnm.mx

1. INTRODUCCIÓN

Una de las alternativas a los combustibles fósiles es el hidrógeno producido por electrólisis alcalina, debido a sus cero emisiones contaminantes. Actualmente, en este proceso, la investigación se centra en determinar la actividad catalítica de los materiales mediante pruebas electroquímicas. Se reporta que el níquel exhibe un buen comportamiento catalítico y que el cromo actúa como elemento protector sobre la superficie de los materiales en condiciones alcalinas [1]. Además, al controlar el proceso de sinterizado en sistemas porosos, la reacción de evolución de hidrógeno (HER) es beneficiada [2]. El objetivo de esta investigación fue observar el comportamiento catalítico del Ni y los diferentes sistemas de aleación Ni-Cr en condiciones alcalinas y se mostró un mejor comportamiento catalítico en los sistemas de aleación Ni-Cr

2. METODOLOGÍA

Se iniciaron pruebas electroquímicas a electrodos porosos de Ni y Ni-Cr con distintas composiciones fabricados a partir de metalurgia de polvos y sinterizado de compactos en verde. Los ensayos consistieron en una medición de potencial de circuito abierto (OCP) con una duración de 50 minutos. Posteriormente, se realizaron pruebas potenciodinámicas con un escaneo de potencial inicial de -1.2 V hasta 2.0 V con respecto al OCP a una velocidad de escaneo de 1 mV/s.

3. RESULTADOS

Para evaluar la HER se hizo el análisis en la zona catódica de las curvas de polarización en una disolución de 1.5M de NaOH. Se observa que el

electrodo de Ni tiene la pendiente más grande, por tanto, el valor de sobrepotencial (η_{100}) a una densidad de corriente que un electrolizador industrial se encuentra en operación 100 mA/cm² es más alto de todos los sistemas. El sobrepotencial del electrodo de Ni es de 1099 mV; por el contrario, los electrodos de aleación Ni-Cr tienden a disminuir su valor de sobrepotencial al ir incrementando el Cr en los electrodos, el valor reportado de sobrepotencial del electrodo Ni-Cr20 es 421 mV.

Los valores de las pendientes de Tafel, rondan alrededor de 150 mV dec⁻¹, a excepción del sistema Ni-Cr20, cuyo valor fue de 117 mV dec⁻¹, de acuerdo a lo reportado con la literatura, el electrodo de Ni-Cr20 sugiere que los mecanismos que se llevan a cabo en este proceso de electrólisis fue Volmer- Tafel para la HER.

4. CONCLUSIONES

Los sistemas de aleación Ni-Cr presentan una mayor actividad catalítica en comparación al sistema de Ni. El sistema con mayor eficiencia para la HER de acuerdo con los valores cinéticos es Ni-Cr20.

5. REFERENCIAS

[1] Sundén Bengt *Hydrogen, Batteries and Fuel Cells*, 239 pag, Elsevier, 2019.

[2] M. Velasco-Plascencia, O. Vázquez-Gómez, L. Olmos, Determination of Activation Energy on Hydrogen Evolution Reaction for Nickel-Based Porous Electrodes during Alkaline Electrolysis, *Catalysts*, 2023, **13**(3), 517.

EM-O14 Evaluación de las propiedades mecánicas de un acero microaleado sometido a cargado catódico de hidrógeno para determinar su susceptibilidad a fragilización

Presentación Oral

M. Ochoa Urueta¹, P. Garnica González¹, O. Vázquez Gómez¹, H.J. Vergara Hernández¹, J.C. Villalobos Brito^{*1},

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Morelia, Avenida Tecnológico No.1500, Col. Lomas de Santiaguito. Morelia, Michoacán, México. C.P 58120.

E-mail: julio.vb@morelia.tecnm.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los aceros microaleados son particularmente susceptibles a la fragilización por hidrogeno, el cual aumenta en aceros de mayor resistencia dentro de la misma clase [1]. Factores como las microestructuras complejas, el estado de atrapamiento, el estado de deformación y la resistencia influyen en esta susceptibilidad [2]. Además, la presencia de tensiones residuales y la cinética de precipitación durante el tratamiento de revenido pueden intensificar estos efectos [3]. Se ha demostrado que los precipitados pueden retener hidrógeno durante más tiempo en el acero, indicando una difusión retardada del hidrógeno [4].

2. METODOLOGÍA

Se fabricaron probetas de tensión de acero microaleado las cuales fueron cargadas con hidrógeno durante 1, 6 y 12 horas, respectivamente. Estas probetas se sometieron a ensayos mecánicos para medir su microdureza y resistencia a la tensión hasta alcanzar la fractura, con el fin de realizar un análisis fractográfico para determinar la susceptibilidad al hidrogeno. Finalmente, se determinaron los parámetros de difusividad, solubilidad y flujo de hidrógeno en el acero mediante la prueba de permeabilidad de hidrógeno

3. RESULTADOS

La permeabilidad del hidrógeno permite visualizar el tiempo necesario para que se saturen las trampas de hidrógeno presentes en el acero. Con diferentes condiciones de carga de hidrógeno, las probetas fueron sometidas a ensayos de tracción, observando un incremento en la resistencia a la tracción en cada una de las condiciones de cargado con respecto a la probeta sin cargado. En el análisis

fractográfico, se observó que el hidrógeno favorece una fractura de tipo dúctil con zonas frágiles (cuasi-clivaje). El incremento del tiempo de cargado de hidrógeno favorece la susceptibilidad a la fragilización.

En las probetas sometidas a pretensión, se pudo observar un incremento de resistencia ligeramente mayor comparado con las probetas sin deformación. De acuerdo con el análisis fractográfico, el comportamiento observado, en una probeta se evidenció el fenómeno de plasticidad inducida por hidrógeno (HELP), mientras que en otras se detectó agrietamiento inducido por hidrógeno (HIC).

4. CONCLUSIONES

El cargado de hidrógeno aumento la resistencia a la tracción en comparación con la probeta en condición de llegada. El hidrógeno favoreció fracturas de cuasi-clivaje en las condiciones de deformación evaluadas y se observó plasticidad y agrietamiento inducido por hidrógeno.

5. REFERENCIAS

- [1] Cottis RA. Fragilización por hidrógeno. Escuela de Materiales; 2010.
- [2] Bernstein IM. En: Thompson AW, Moody NR, editores. Proc. 5 th int. Conf. On the effect of hydrogen on the behavior of materials. Warrendale, PA: TMS; 1996. p. 3-11.
- [3] Asahi H, Hirakami D, Yamasaki S, Wei F-G, Hara T, Tsuchida T, Tsuzaki K ISIJ Int 2003;43:527.
- [4] Lin Yu-Chen, Chen Delphic, Chiang Meng-Hsuan, Cheng Guan-Ju, Lin Hsin-Chih, Yen Hung-Wei. Respuesta de la desorción de hidrógeno y la fragilización por hidrógeno a la precipitación de un acero martensítico templado de bajo carbono. J Occup Med 2019;71(4):1349-56.

EM-O16 Caracterización Fotoelectroquímica de Óxidos Semiconductores por IMPS

Presentación Oral

M. Rodríguez-Pérez^{1*}, A. Vega-Poot², J. Duran-Lugo¹, G. Escalante Notario¹, G. Rodríguez Gattorno³, G. Oskam⁴.

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Campeche, Campus V. Colonia Ex Hacienda Kála. C.P.24085. San Francisco de Campeche, México.

²Universidad Modelo de Mérida, Carr. a Cholul, 200 m del Periférico, Mérida, Yucatán México.

³Departamento de Física Aplicada, CINVESTAV-IPN, Antigua Carretera a Progreso km 6, Mérida, Yucatán 97310, México.

⁴Departamento de sistemas Físicos, Químicos y Naturales, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, 41013, España

E-mail: mjrodrig@uacam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La implementación de óxidos semiconductores en fotoelectrodos que favorecen la disociación del agua en H₂ y O₂ mediante procesos fotoelectroquímicos utilizando la luz solar es una estrategia prometedora para generar energía renovable y limpia. No obstante, los electrodos deben de cumplir requisitos indispensables para una eficiente división de agua: i) tener una banda prohibida de 1.8-3.2 eV, ii) una adecuada ubicación de la banda de valencia y de conducción respecto al potencial redox del agua, y iii) suficiente estabilidad química y fotoquímica en un amplio rango de pH. La espectroscopía de intensidad de fotocorriente modulada (IMPS), se ha convertido en una herramienta esencial para comprender la dinámica de los portadores de carga en semiconductores. En este trabajo, se implementa la técnica de IMPS para analizar la cinética de transferencia de carga de electrodos de WO₃ y de CuBi₂O₄ utilizados para la oxidación y reducción del agua respectivamente.

2. METODOLOGÍA

El trióxido de tungsteno fue sintetizado por deshidratación térmica del H₂WO₄ en un horno a 550 °C [1]. Una pasta de WO₃ se utilizó para hacer películas mesoporosas empleando serigrafía. Las películas de CuBi₂O₄ se depositaron utilizando una impresora de inyección de tinta DIMATIX disolviendo sales precursoras de Bi y Cu en solventes orgánicos. El IMPS se realizó en frecuencia de 20 000 a 0.02 Hz, utilizando un LED de 455 nm [2].

3. RESULTADOS

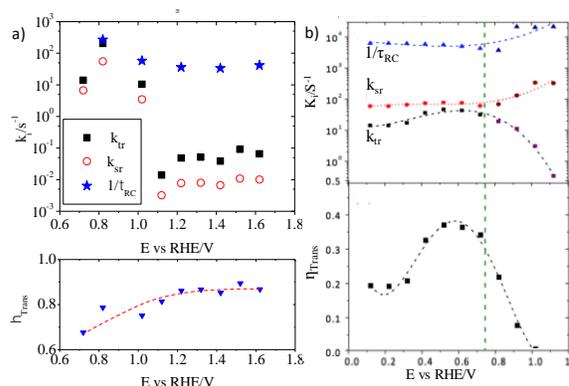


Figura 1.- K_{tr} , K_{sr} , τ_{RC} , η_{trans} en función del potencial aplicado, a) WO₃ y b) CuBi₂O₄

4. CONCLUSIONES

Las mediciones de IMPS en WO₃ mostraron que $K_{tr} > K_{sr}$ en un rango amplio de potencial aplicado. Los electrodos de CuBi₂O₄, mostraron un equilibrio desfavorable de las K_{tr} y K_{sr} , limitando la eficiencia del fotoelectrodo.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Marquez, M.J. Rodriguez-Perez, G. Oskam, T. Berger. *ChemElectroChem* **3**, 658, (2016).
- [2] I. Rodríguez-Gutiérrez, R. García-Rodríguez, M. Rodríguez-Pérez, B. A. Parkinson, and G. Oskam. *The Journal of Physical Chemistry C*, **122** (48), 27169, (2018)

EM-P01 Evaluación de la factibilidad de formación de depósitos vía electroquímica a base de Ni y Co en un LI prótico

Presentación Póster

R. Leal Avila¹, R. Ortega Borges¹, Y. Meas Vong¹, G. Trejo Córdova¹

¹ Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C.

E-mail: rortega@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El electrodepósito, un proceso electroquímico fundamental, se utiliza extensamente en la recuperación de metales y en la modificación de superficies, con el objetivo de obtener recubrimientos con propiedades estéticas o funcionales específicas de interés económico o tecnológico. La selección adecuada de electrolitos es crucial para el éxito de la electrodeposición, ya que determina la solubilidad de las especies metálicas, su especiación, el rango de potencial electroquímico aplicable y las propiedades de transporte de masa, factores que inciden directamente en los procesos de electrodeposición de metales. Dentro de este contexto, el electrodepósito en líquidos iónicos próticos emerge como una alternativa prometedora al electrodepósito acuoso, ofreciendo la posibilidad de obtener materiales con precursores altamente reductores o de estabilidad limitada en medios acuosos, gracias a su estabilidad inherente, características químicas y electroquímicas distintivas, y la solubilidad que ofrecen para una amplia gama de sales metálicas. [1, 2].

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al estudiar el comportamiento electroquímico de soluciones de sales de Ni y de Co en propionato de 2-hidroxietilamonio (P-2- HEA), con el fin de evaluar la factibilidad de obtener por electrodepósito recubrimientos a base de estos metales para aplicaciones en procesos de control de contaminación y como materiales de electrodo.

2. METODOLOGÍA

Para el estudio del electrodepósito de Ni y Co en P-2- HEA, se realizaron experimentos por voltametría cíclica (VC) y cronoamperometría tanto del P-2- HEA puro como de soluciones en proporciones 1:1, 1:2 y 2:1 de sal metálica de dichas especies y ácido bórico, sobre sustratos de óxido de estaño dopados con flúor (FTO) como electrodo de trabajo. Para identificar la influencia de las diversas variables en el mecanismo y eficiencia del proceso, se estudió el efecto de la

composición de las soluciones, así como de la temperatura, intervalos de barrido y potenciales de depósito.

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos del estudio electroquímico de las soluciones de Ni(II) y de Co(II) con ácido bórico en P-2- HEA muestran que ambas especies metálicas son susceptibles de reducirse a Ni(0) y Co(0), respectivamente, en soluciones de P-2- HEA. En ambos casos, los procesos de reducción son de naturaleza compleja como se evidencia en las curvas de VC. El conjunto de resultados obtenidos permitió elegir las condiciones de temperatura, composición y potencial en las que es posible obtener los recubrimientos con las mejores características de morfología y composición, lo cual fue confirmado posteriormente por análisis por SEM y EDS.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que utilizando el líquido iónico prótico P-2-HEA como electrolito es posible obtener recubrimientos metálicos electroquímicamente de Ni(0) y de Co(0) sobre FTO, con buenas características de homogeneidad, composición y cobertura.

De igual manera los resultados permitieron identificar la influencia de las condiciones de depósito sobre sus características y a partir de estos resultados, seleccionar las condiciones que permitan obtener los depósitos con mejores características fisicoquímicas.

5. REFERENCIAS

- [1] J.G. dos Reis da Costa, J. Martins Costa, *Metals*, **12**, 2095, (2022).
- [2] S.C. Huang, C.L. Yu, C.L. Lee, P.Y. Chen, *Journal of The Electrochemical Society*, **170**, 112505, (2023).

EM-P02 Electrorrecuperación de metales de los convertidores catalíticos de automóviles a partir disolventes eutécticos profundos

Presentación Poster

B. Camacho-García¹, M. G. Montes de Oca-Yemha², M. Landa-Castro^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ciencia de Materiales. Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C. P. 02200, CDMX, México.

²Universidad 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: midorilc@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha dado importancia al estudio de recuperación de metales con valores elevados en el mercado empleando métodos verdes, es decir, procesos amigables con el medio ambiente y con generación de desechos no contaminantes. En la presente investigación, se hizo uso de un Disolvente Eutéctico Profundo (DES), el cual actuó como medio lixiviante. La recuperación de metales en el campo de la metalurgia es deseable debido a su alta demanda en producción, al no ser naturalmente fáciles de extraer se consideran vías nuevas y atractivas de recuperarlos a través del lixiviado haciendo uso de medios amigables al medio ambiente como los DES [1,2].

2. METODOLOGÍA

Se colocaron polvos de un reactor monolítico cerámico en lixiviación con el disolvente eutéctico profundo 1ChCl:2Urea (reline), una vez concluido el tiempo a las condiciones determinadas se realizó el análisis potenciodinámico utilizando electrodos electrodos (ET: carbono vítreo, ER: Alambre de plata, CE: Alambre de Pt).

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la comparación de voltamperometrías cíclicas de los lixiviados, se observa el desplazamiento a valores menos negativos de la zona catódica del lixiviado de 50 y 100 h con respect al de 25 h, además de un aumento en la densidad de corriente de estos. El pico máximo tanto del lixiviado de 50 y 100 h se encuentran muy cercanos entre sí, esto indica que a pesar de duplicar el tiempo de lixiviación entre sí, las zonas catódicas se encuentran en el mismo intervalo de respuesta entre -1 y -1.40 V para poder alcanzar una zona de reducción.

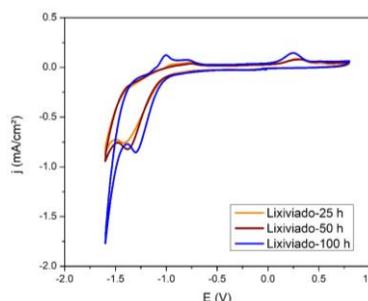


Figura 1. Voltamperograma ciclico obtenidos de la lixiviación del polvo del reactor monolitico ceramico en DES reline a 80 mVs⁻¹.

4. CONCLUSIONES

La recuperación de especies metálicas a partir de los polvos de un reactor monolítico cerámico bajo un proceso de lixiviación indica que al realizar el estudio potenciodinámico el lixiviado que favorece la zona de reducción es a un tiempo de 100 horas, obteniendo mayor depósito sobre la superficie del electrodo de trabajo de carbono vítreo.

5. REFERENCIAS

- [1] D. Yu, Z. Xue, T. Mu, *Cell Reports Physical Science*, **3**, 1, (2022).
- [2] M. Landa-Castro, J. Aldana-González, M.G. Montes de Oca-Yemha, M. Romero-Romo, E.M. Arce-Estrad M. Palomar-Pardavé, *Journal of Alloys and Compounds* **830**, 154650, (2020).

EM-P03 Nucleación y crecimiento electroquímico de nanopartículas Pd-La con reline

Presentación Póster

M. Landa-Castro^{1*}, A. O. Sánchez Delgadillo¹, M. G. Montes de Oca-Yemha², D. Flores-Sanchez¹.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Departamento de Materiales, Área Ciencia de Materiales. Av. San Pablo No. 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C. P. 02200, CDMX, México.

²Universidad 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: midorilc@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los DES son un líquido iónico Tipo III, compuesto por una sal de haluro con sales de amonio cuaternario con una gama de aminas [1]. Lo cual da como resultado un disolvente verde, que no genera desechos tóxicos, es amigable con el medio ambiente, seguro para el que lo emplea, y las ventajas electroquímicas que otorga al emplearse en una celda, superan los electrolitos preparados con agua y los ácidos, Por tanto, hace que el actual estudio tome relevancia, ya que emplear el Reline con un intervalo amplio de potencial para generar los depósitos de nanopartículas del sistema bimetalico Pd-La, hará posible observar los efectos que tienen las variables en las morfologías del depósito [2].

2. METODOLOGÍA

Se colocaron las sales de PdCl₂ y LaCl₃ con el disolvente eutéctico profundo 1ChCl:2Urea (reline), la concentración de cada sal metálica fue de 50 mM, una vez concluido el tiempo a las condiciones determinadas se realizó el análisis potenciodinámico potencioestático utilizando electrodos electrodos (ET: carbono vítreo, ER: Alambre de plata, CE: Alambre de Pt), se caracterizaron los depositos obtenidos a diferentes potenciales por SEM-EDX.

3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra los resultados de depósito del sistema bimetalico Pd-La, el potencial de -0.43 V fue seleccionado por encontrarse en el pico catódico en el estudio potenciodinámico VC. El tamaño de partícula promedio $140.107 \pm 0.02\text{nm}$ con una distribución central entre 120 y 170 nm. Principalmente la morfología de las partículas consta de cuasi-esferas con bordes rectos aludiendo a polígonos irregulares con una disposición aleatoria y en algunos puntos

aglomerada pero principalmente se encuentran partículas individuales.

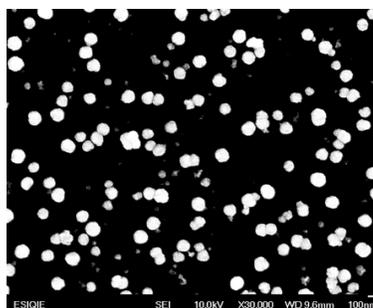


Figura 1. SEM de la superficie del electrodo de trabajo (carbono vítreo) con nanopartículas de Pd-La a -0.43 V.

4. CONCLUSIONES

La distribución y tamaño están en función del potencial, ya que se observó mayor número de aglomerados y menor tamaño mientras más negativo era el potencial aplicado.

5. REFERENCIAS

[1] F. Endres, D. MacFarlane, A. Abbott, *Electrodeposition from Ionic Liquids*, p. 31-40, Wiley-VCH, Alemania, (2008).

[2] Q. B: Zhang, C. Yang, Y. X. Hua, Y. Li, P. Dong, *Physical Chemistry Chemical Physics*, **15**, 4701, (2015).

EM-P05 Diseño y estudio de la geometría de fotocatalizadores de Cu_xO : síntesis por manufactura aditiva y electroquímica

Presentación Póster

L.A. Avalos Elizondo¹, P.C. Meléndez González¹, F.C. García Rueda¹, L.P. Domínguez Jaimes², J.M. Hernández López^{1*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, (UANL) Facultad de Ciencias Químicas, Ave. Universidad S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza N.L. México, C.P. 664552

²Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Parque Tecnológico Querétaro s/n, Pedro Escobedo, Querétaro, México

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

1. INTRODUCCIÓN

El interés por desarrollar fotocatalizadores heterogéneos inmovilizados de mejor calidad para su aplicación en la degradación de compuestos emergentes ha aumentado debido a que ofrecen ventajas sobre fotocatalizadores empleados tradicionalmente, como son su facilidad de recuperación y reutilización [1]. La aplicación de la manufactura aditiva ha permitido obtener resultados prometedores en la fabricación de fotocatalizadores por su flexibilidad al diseñar geometrías complejas para sustratos. Estos diseños pueden incluir estructuras porosas, superficies rugosas, canales o cavidades que mejoran la eficiencia de la fotocatálisis al aumentar la superficie de reacción en semiconductores inmovilizados [2-3].

En este trabajo, se emplearon técnicas electroquímicas como el electrodeósito y el proceso de anodizado para sintetizar los óxidos de cobre sobre estructuras impresas 3D de diferentes geometrías para determinar su influencia en las propiedades fotocatalíticas.

2. METODOLOGÍA

Se diseñaron tres diferentes estructuras de 21 cm^2 , y se fabricaron con filamento ácido poliláctico (PLA) se nombraron M1 (placa), M2 (placa con orificios) y M3 (placa hueca). Posteriormente, se aplicó un recubrimiento de pintura de grafito, haciendo la pieza conductora. Para obtener Cu_xO , primero se realizó un electrodeósito de Cu seguido de un anodizado (Figura 1) y se caracterizó mediante las técnicas FE-SEM, DRX, cronoamperometrías con luz-obscuridad, y ciclo voltametrías. Por último, los fotocatalizadores se emplearon para la degradación de sulfametoxazol (SMX) (50 ppm) con luz visible.

3. RESULTADOS

El proceso de anodizado generó una morfología de nanofojas de Cu_xO con una combinación de fases cristalinas. La respuesta de la fotocorriente depende de la geometría, obteniendo valores de Δi entre -6 y -12 mA cm^{-2} . A su vez, se destaca su efecto en la degradación de SMX alcanzando como mejor resultado un porcentaje de degradación de 75% en 6 h.

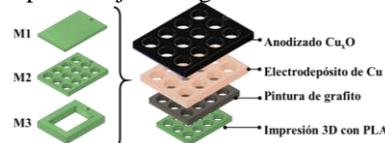


Figura 1. Metodología general.

4. CONCLUSIONES

Los resultados sugieren la posibilidad de explorar geometrías más complejas en la fabricación de fotocatalizadores mediante técnicas de manufactura aditiva y electroquímica, ya que juega un papel fundamental en su desempeño en la actividad fotocatalítica y durante la degradación de contaminantes emergentes. Además, el uso de estas técnicas ofrece la ventaja de reducción de costos y tiempos de producción.

5. REFERENCIAS

- [1] Z. Zhu, D.W. Hou, Ng, M.C. McAlpine, *Nature Reviews Materials*, **6**, 27, (2021).
- [2] A. L. Teik Zheng, T. Ohno, Y. Andou, *Topics in Catalysis*, **65**, 1634, (2022).
- [3] P.C. Meléndez-González, W.J. Pech-Rodríguez, E. Luévano-Hipólito, A. Hernández-Ramírez, J.M. Hernández-López. *Environmental Chemical Engineering*, **12**, 3, (2024).

EM-P06 Estudio de propiedades dieléctricas de suspensiones de nanopartículas de ZnO para depósito electroforético

Presentación Oral

E. F. Hernández Molina¹, R. Mayén Mondragón², J. Genescá Llongueras², M. Navarrete Montesinos², A. Espinoza Vázquez³,

¹Facultad de Química UNAM, CU Cd. de México, ²UNITA UNAM Apodaca N.L.,

³Instituto de Ingeniería Universidad Veracruzana, Veracruz, Ver.

E-mail: iqm.ericmolina@quimica.unam.com

1. INTRODUCCIÓN

Se presenta un estudio de espectroscopia dieléctrica de suspensiones acuosas de nanopartículas de óxido de zinc (NPs) de tamaño <100 nm esféricas, estabilizadas con hidróxido de tetrametilamonio (TMHA). Los estudios muestran propiedades dieléctricas dependientes del pH y de la frecuencia, se reporta ϵ' , ϵ'' , además de la capacitancia y la tangente de pérdida que disminuyen con la frecuencia [1]. Adicionalmente los sistemas coloidales con las mismas condiciones de porcentaje en sólidos y pH, son sometidos a un campo eléctrico para evaluar un proceso electroforético, depositando nanopartículas sobre vidrio ITO.

2. METODOLOGÍA

Para el estudio se utilizan nanopartículas comerciales (Sigma- Aldrich) en suspensión con agua bidestilada, agregando 15 μL de hidróxido de tetrametilamonio como agente estabilizante y modificador de pH (desde 9.3 a 11.8) { }. Para tener el sistema homogéneamente disperso se utilizó una cuba ultrasónica de 60 Hz. Las suspensiones fueron preparadas con 1%-0.01%-0.1% m/m de NP's de ZnO en agua desionizada. Se utilizó un equipo Vector Impedance Meter (4193, Hewlett Packard) en un rango de frecuencia de 400 KHz a 110MHz, para medir la magnitud y fase de los vectores de impedancia. Posteriormente se aplicó una electroforesis a cada suspensión entre dos electrodos, depositando ZnO en un cátodo de vidrio conductor ITO.

3. RESULTADOS

Dos mecanismos de polarización dieléctrica conocidos contribuyen al comportamiento dieléctrico de la suspensión [2], se puede identificar un proceso de polarización en la dirección de rotación y la propia polarización por carga espacial, ambos fenómenos dieléctricos del sistema se pueden caracterizar por la

permitividad compleja.

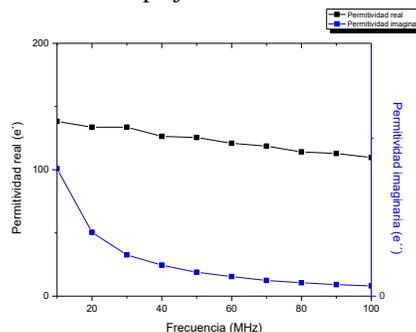


Figura 1. Permitividad real e imaginaria vs Frecuencia (MHz) en suspensión de Nps ZnO 0.01% pH 9.3.

4. CONCLUSIONES

El comportamiento dieléctrico del ZnO en diferentes concentraciones y de pH es tentativamente explicado en función de la frecuencia. La parte real es la medida de la cantidad almacenada y la parte imaginaria la energía disipada.

Las moléculas o átomos pueden ser afectados por el campo eléctrico, lo que permite la movilidad y el depósito sobre el vidrio ITO.

5. REFERENCIAS

- Thiebaut, J. M., et al. "Dielectric study of the activation of blende with cupric ions." Journal of electroanalytical chemistry and interfacial electrochemistry 262.1-2 (1989): 131-144.
- B. Chen, J. Sha, X.S. Ye, Z.G. Jiao, L.D. Zhang, Dielectrical behavior of nanostructured α -Fe₂O₃ with different annealed temperatures, Sci. China 42 (1999) 510–516.

EM-P07 Cuantificación electroquímica de iones NO_3^- en medio acuoso mediante un electrodo de carbono vítreo modificado con nanopartículas de cobre

Presentación **Póster**

B. Maldonado Teodocio¹, M. G. Montes de Oca¹, M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo No. 420 Col. Nueva el Rosario C.P. 02128.

E-mail: mpepp@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de iones nitrato (NO_3^-) en fuentes subterráneas constituye un problema significativo tanto para la salud pública como para el medio ambiente. Esta contaminación se origina principalmente por prácticas agrícolas y ganaderas, pueden provocar eutrofización de los cuerpos de agua. Aunque los nitratos no se consideran carcinógenos en estudios con animales, su reducción en el organismo humano se asocia con la metahemoglobinemia, ciertos tipos de cáncer y daños hepáticos[1].

El informe de CONAGUA de 2022 revela que el 11.6% de los sitios evaluados en la red de aguas subterráneas en México presentan concentraciones de nitratos que superan el umbral máximo aceptable de 11.3 mg L^{-1} , según los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la NOM-127-SSA1-2021. Esto evidencia la necesidad de desarrollar métodos sencillos y precisos para la cuantificación de nitratos en el agua, con el fin de garantizar la seguridad del recurso hídrico y proteger la salud de la población.

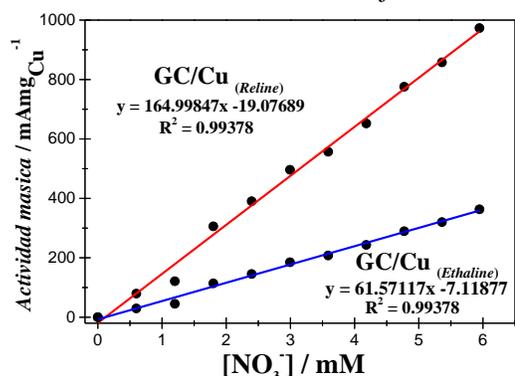
2. METODOLOGÍA

Los electrodos carbono vítreo (GCE) modificados con nanopartículas de Cu (NP Cu) se obtuvieron mediante electrodeposición a un potencial de -0.70 V (usando como medio electrolítico una solución 5 mM CuCl_2 en DES). Para la reducción de iones NO_3^- se emplearon voltamperometrías lineales (VL) y la metodología descrita por Aguilar *et al.* [2] que consiste: en sumergir los electrodos dentro de una celda electroquímica con 50 mL de solución 100 mM de HClO_4 (electrolito soporte) e ir añadiendo para cada una de las VL una alícuota de $10 \mu\text{L}$ de 3.0 M NaNO_3 .

3. RESULTADOS

La **Figura 1** muestra la dependencia lineal de la corriente de pico máxima en términos de actividad

máxima asociada con la reducción de ion $[\text{NO}_3^-]$ como una función de la concentración de trabajo.



Al comparar las rectas obtenidas se puede observar que la pendiente $\text{GC/Cu}_{(\text{Reline})}$ es 2.7 veces mayor respecto a $\text{GC/Cu}_{(\text{Ethaline})}$, lo que indica una mayor sensibilidad.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que el ion NO_3^- puede ser cuantificado con los electrodos modificados GCE/NP Cu con LQ (inferior a 1.56 mM) que da la ventaja competitiva en comparación con un electrodo de Cu que tiene LQ de 3.12 . Además, el $\text{GCE/NP Cu}_{(\text{Reline})}$ presenta una sensibilidad mayor.

5. REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, *Guidelines for drinking-water quality*, p. 418, Geneva, Switzerland, (2008)
- [2] M. Aguilar, S. Corona, M. T. Ramírez, M. E. Palomar, B.R. Sharifker, J. Mostany and M. A. Romero, *ECS Transactions*, **15**, 555, (2008).

EM-P08 Recuperación electroquímica de Cu a partir de concentrados de minerales sulfurados empleando Disolventes Eutécticos Profundos

Presentación Póster

A. Sampayo-Garrido¹, M. De la Cruz-Morales¹, D. Hernández-Pérez¹, M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé¹, J. Aldana-González^{1*}

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200, CDMX.

*jjag@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

El cobre es el metal más producido a nivel mundial debido a sus diversas aplicaciones industriales. La obtención de este metal puede realizarse mediante procesos hidrometalúrgicos y/o pirometalúrgicos, siendo los primeros cruciales para separar eficazmente los compuestos metálicos del mineral. Sin embargo, estos procesos son conocidos por ser altamente contaminantes. En respuesta a ello, se ha incrementado el interés en mejorar la eficiencia de los procesos y en buscar medios lixiviantes más amigables con el medio ambiente. En el ámbito de la investigación electroquímica, los disolventes eutécticos profundos (DES) han captado una atención considerable debido a sus ventajas sobre los medios acuosos tradicionales. Estos DES ofrecen la posibilidad de obtener especies metálicas mientras se abordan las desventajas relacionadas con la contaminación ambiental asociada a los métodos acuosos. Por consiguiente, este proyecto de investigación se enfoca en la extracción electroquímica de cobre a partir de concentrados de minerales sulfurados utilizando DES como medio lixiviante. Además, se busca estudiar la cinética de nucleación y crecimiento de los depósitos metálicos sobre diversos sustratos.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología descrita en la recuperación de cobalto a partir de baterías de iones de litio [2].

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta el estudio voltamperométrico del sistema con el GCE del licor de lixiviación del concentrado de mineral sulfurado de cobre, utilizando reline en una proporción de 1/10 después de 24 horas. Se observan claramente dos picos catódicos en los intervalos de potencial de 0.4 a -0.8 V

y de -0.4 a 0.8 V, respectivamente. Esto implica la nucleación y el crecimiento de la especie de cobre en dos etapas, las dos etapas se lleva a cabo de acuerdo con las reacciones de reducción indicadas en la figura.

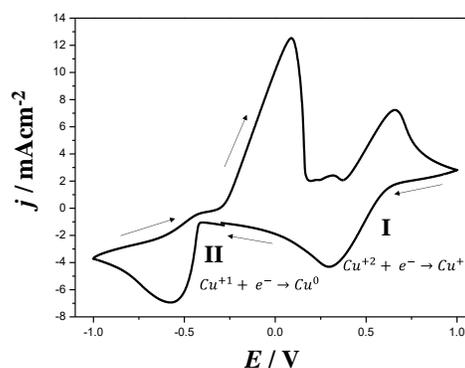


Figura 1. CV experimentales registrados en el sistema GCE/reline + licor de lixiviación del polvo del concentrado de mineral sulfurado de cobre después de 72 horas a 70 ° C en dirección catódica a 20 mVs⁻¹.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que es viable realizar la extracción electroquímica de cobre a partir de concentrados de minerales sulfurados utilizando Disolventes Eutécticos Profundos (DES) como medio lixiviante y electrolito. Además, esto permite evaluar los mecanismos involucrados en la nucleación y el crecimiento del depósito sobre el GCE desde el DES.

5. REFERENCIAS

- [1] E. L. Smith, A. P. Abbott, and K. S. Ryder, "Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Applications," *Chem. Rev.*, vol. 21, no. 114, pp. 11060–11082, 2014.
- [2] Aldana-González, J., et al. "Electrochemical Nucleation and Growth of Cobalt after Leaching Waste Lithium-Ion Batteries Using a Deep Eutectic Solvent." *Journal of the Electrochemical Society* 169.10 (2022): 102504.

EM-P10 Correlación de las propiedades electrocrómicas y fotocatalíticas de las películas delgadas de WO₃

Presentación Póster

H. Perez-Elías¹, J.A. Díaz-Real¹, L. Estudillo-Wong²

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., CIDETEQ, Parque Tecnológico Querétaro, s/n, Sanfandila, Pedro Escobedo, Qro., 76703, México.

²CIEMAD, Instituto Politécnico Nacional, Calle 30 de Junio de 1520, s/n, Barrio La Laguna Ticomán, Alcaldía GAM, 07340, Ciudad de México, México.

E-mail: hpez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El WO₃ es óxido metálico semiconductor con interesantes propiedades electrocrómicas, cuyas películas delgadas tienen la capacidad de modular su opacidad y cambiar su coloración bajo polarización [1], asociado a un cambio de los estados de oxidación del W. Sus propiedades fotocatalíticas lo vuelven un candidato potencial para degradar contaminantes en medio acuoso, las cuales tienen una relación con el grado de polarización que se induzca sobre estas. Sin embargo, la información que relaciona sus propiedades electrocrómicas y fotocatalíticas es limitada aún [2].

2. METODOLOGÍA

El WO₃ se sintetizó vía hidrotermal, con una solución de (NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀·4H₂O, Na₂SO₄, C₆H₈O₇ y HCl en una autoclave a 180°C por 24h. Con el polvo filtrado y seco se hizo una suspensión para preparar películas delgadas mediante spin-coating que se depositó a 3200 rpm sobre vidrio FTO, previamente desengrasado. Las películas obtenidas se sinterizaron durante 2 horas a 500°C para obtener una estructura cristalina.

3. RESULTADOS

Los difractogramas de las películas delgadas de WO₃ confirmaron la estructura hexagonal con picos principales a 37.6° 2-theta correspondientes al plano (210). El estudio de potencial de inversión por voltamperometría cíclica de estos electrodos mostró un $E_{1/2} \approx -0.1V$ vs Ag|AgCl (0.5M H₂SO₄) donde se apreció un cambio electrocrómico, asociado a la reacción $WO_3 + e^- \leftrightarrow W_2O_5$.

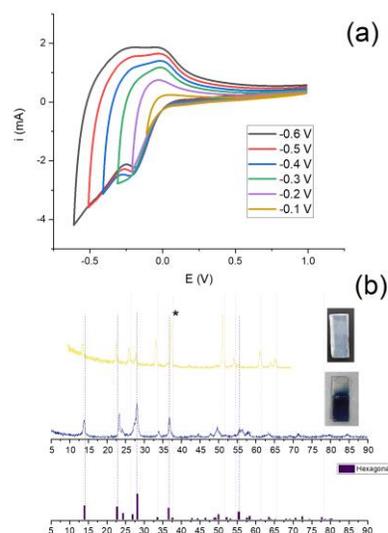


Figura 1. (a) Voltamperogramas cíclicos (b) Perfil cristalográfico de las películas delgadas de WO₃.

4. CONCLUSIONES

Se sintetizaron películas delgadas de WO₃, con una fase cristalina hexagonal, determinada por XRD. El comportamiento electrocrómico fue observable mediante VC, donde el $E_{1/2} \approx -0.1V$ vs Ag|AgCl genera un cambio de coloración.

5. REFERENCIAS

- [1] Zhao, Y., Zhang, X., Chen, X., Li, W., Wang, L., Ren, F., ... Li, Y., *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **8**, 11658, (2020).
[2] Zhao, Y., Zhang, X., Li, W., Zhang, H., Chen, M., Sun, W., Xiao, Y., Zhao, J & Li, Y., *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **237**, 111564, (2022).

EM-P11 Evaluación de propiedades electroquímicas y fisicoquímicas de hojas grafénicas modificadas

Presentación Póster

J.L. Uribe-García¹, A.I. Oliva-Avilés², E.G. Uc-Cayetano^{1*}

¹Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, C.P. 97203 Chuburná de Hidalgo Inn, Mérida, Yucatán, México.

²División de Ingeniería y Ciencias Exactas, Universidad Anáhuac Mayab, Yucatán, México.

E-mail: erbin.uc@correo.uady.mx

1. INTRODUCCIÓN

El grafeno es una estructura atómica bidimensional que consta de átomos de carbono dispuestos hexagonalmente; esta estructura ha mostrado una amplia gama de impresionantes propiedades eléctricas, mecánicas y térmicas [1,2]. Sin embargo, los materiales de un solo componente de grafeno tienen ciertas limitaciones como: una actividad electroquímica débil, fácil aglomeración y un procesamiento complicado, lo cual limita su aplicación [3]. La modificación funcional del grafeno es crucial para ampliar su aplicación como: desalinización, administración de fármacos, celdas solares, almacenamiento de energía, entre otros [3]. Varios estudios mencionan el uso del grafeno como un refuerzo en matrices poliméricas, lo cual mejora sus propiedades mecánicas, eléctricas, y de conducción térmica [4]. La oxidación química mediante ácidos se ha utilizado para purificar y funcionalizar nanoestructuras como el grafeno y nanotubos [5].

2. METODOLOGÍA

Hojas grafénicas (HG) xGnP C300 fueron sometidas a un tratamiento con mezclas de ácido nítrico y sulfúrico a diferentes concentraciones asistido con baño ultrasónico. Las HGs fueron lavadas con agua destilada, secadas y pulverizadas. La caracterización fue realizada mediante XRD, SEM, espectroscopía Raman, XPS, FTIR y voltamperometría cíclica. Se fabricaron nanocompuestos de polimetilmetacrilato (PMMA) reforzados con HGs y se calculó su conductividad eléctrica.

3. RESULTADOS

Los análisis SEM y XRD de las HGs tratadas mostraron una estructura cristalina y ordenamiento similar al de hojuelas. En el caso de las HGs sin tratamiento, estas presentaron una menor cristalinidad

y ordenamiento de conglomerados. El análisis Raman exhibió que el tratamiento ácido introdujo defectos en la superficie de las HGs. El análisis XPS indica que las HGs sin tratamiento tienen una mayor cantidad de oxígeno, mientras que los tratamientos añadieron más grupos funcionales en las HGs. La voltamperometría cíclica mostró un aumento en las intensidades de corrientes de los picos anódico y catódico, donde el tratamiento con mayor concentración exhibió el mayor aumento, ver Tabla 1. La conductividad eléctrica de los nanocompuestos HGs/PMMA a 5 wt. % sin tratar fue de 5.81×10^{-3} S/m, y para las HGs tratadas fue de 2.67×10^{-2} S/m.

Tabla 1. Intensidades de corriente (μ A) obtenidos de la voltamperometría cíclica.

Tratamiento	Sin tratar	A	B	C
Pico catód.	-19.11	-20.47	-19.10	-21.83
Pico anód.	28.26	29.26	28.71	31.62

4. CONCLUSIONES

La funcionalización promovió una disminución de conglomerados, así como un aumento en la cristalinidad de las HGs. La oxidación ácida aumentó la relación C/O de las HGs y conforme la concentración ácida aumentaba, esta relación disminuía. El tratamiento de mayor concentración ácida demostró un aumento tanto en el comportamiento electroquímico como en la conductividad eléctrica.

5. REFERENCIAS

- [1] A. K. Geim; K. S. Novoselov, *Nature Materials*, **6**, 183, (2007).
- [2] K. S. Novoselov, *Reviews of Modern Physics*, **83**, 837, (2011).
- [3] W. Yu; et al., *RCS Advances*, **10**, 15328, (2020).
- [4] C. Wan; B. Chen, *Journal of Materials Chemistry*, **22**, 3637, (2012).
- [5] F. Avilés; et al., *Carbon*, **47**, 2975, (2009)

EM-P12 Evaluación de las condiciones energéticas en la síntesis electroquímica de ZnO

Presentación Póster

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

1. INTRODUCCIÓN

La crisis climática que atravesamos está generando conciencia en la humanidad y la búsqueda de técnicas alternativas para la síntesis de materiales. Encontrar mejores condiciones para la producción de nuevos materiales que tengan un menor impacto en el ambiente también es un objetivo para considerar. La electroquímica es una ciencia interdisciplinaria que está coadyuvando en este sentido, la electrosíntesis se podría considerar como “síntesis verde” contando con 9 de los 12 puntos a considerar. [1]

En el presente trabajo se estudia el comportamiento de diferentes medios electrolíticos reportados para la síntesis de ZnO [2], el cual es un material interesante debido a sus múltiples aplicaciones en la disminución del impacto ambiental.

2. METODOLOGÍA

El estudio se realizó mediante curvas de polarización en una ventana de potenciales entre 1 y -1 V, utilizando una celda típica de 3 electrodos, donde el electrodo de trabajo fue una placa de zinc de 1cm² de área, el contraelectrodo una barra de grafito y como referencia se usó un electrodo Ag/AgCl.

3. RESULTADOS

Al hacer una evaluación del comportamiento de diferentes medios electrolíticos, se demuestra que es posible la formación de ZnO en el intervalo de potencial en el que se llevó a cabo el estudio. Siendo el pH clave para propiciar la formación de ZnO, lo cual fue previsto mediante los resultados preliminares obtenidos utilizando Hydra/Medusa [3].

Soln.	Electrolito de:	Intervalo de E y pH Hydra/Medusa	Potencial experimental observado (pH9)
1	NaHCO ₃	pH 9.8 a 11.5 con E de -0.3 a -0.8 V	-0.17 a -0.75V
2	Buffer de NaCO ₃	pH 9 con E de -0.3 a -0.8 V	-0.32 a -0.70V
3	NaCO ₃	pH 9 con E de -0.3 a -0.8 V	-0.041 a -0.65 V
4	Buffer de ZnC ₄ H ₆ O ₄	pH 9.8 a 11.5 con E de -0.8 a 1V	-0.10 a -0.53 V

Tabla 1. Intervalo de potenciales para la síntesis electroquímica de ZnO.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos con los diferentes electrolitos permiten observar que el comportamiento de la solución 2 la posiciona como la más efectiva para la formación de ZnO, con un requerimiento energético menor a 1V.

5. REFERENCIAS

- [1] A.J. Fernández Romero, *Aplicaciones medioambientales y energéticas de la tecnología, electroquímica*, p. 17, Reverté, (2021).
- [2] K. Mika et al. *Nanostructured films formed on Zn during anodic oxidation in different carbonate-based electrolytes*. Applied Surface Science 623 (2023)
- [3] I. Puigdomenech, *HYDRA (Hydrochemical Equilibrium-Constant Database) and MEDUSA (Make Equilibrium Diagrams Using Sophisticated Algorithms) Programs*. Royal Institute of Technology, Stockholm (2006). <http://www.kemi.kth.se/medusa/>

EM-P13 Síntesis electroquímica de unas cuantas capas de grafeno asistida con poli(ácido metanílico) como surfactante

Presentación Póster

C.A. Llamas Castro¹, Luz María Torres Rodríguez^{1*}, A. Montes Rojas¹

¹Laboratorio de electroquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

E-mail: luzmaria@uaslp.mx

1. INTRODUCCIÓN

El grafeno y sus derivados, debido a sus propiedades únicas, tienen una innumerable cantidad de aplicaciones. Sin embargo, no hay un método de síntesis que compagine escalabilidad, calidad de las láminas y costos. Los métodos electroquímicos permiten una rápida y eficiente obtención de grafeno por medio la intercalación iónica y la exfoliación del grafito. La adición de surfactantes permite mejorar la eficiencia y rapidez del proceso [1]. Sin embargo, en ocasiones se requieren medios orgánicos, además de que las láminas de grafeno quedan funcionalizadas con algunos radicales oxigenados y por el mismo surfactante [1]. En este trabajo se propone la exfoliación electroquímica del grafito para la obtención de unas cuantas láminas de grafeno, usando una solución de ácido sulfúrico y polianilina sulfonada (SPAN), específicamente poli(ácido metanílico). Esto debido a que se ha reportado que el SPAN forma una suspensión con el grafeno [2] y que es posible trabajar en medios acuosos.

2. METODOLOGÍA

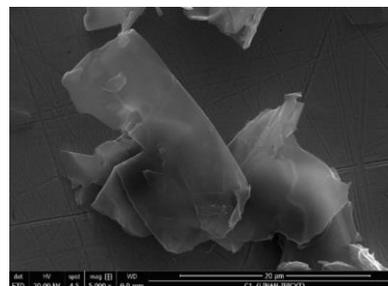
El grafito se intercaló realizando 200 barridos de potencial entre 200mV y 1350mV a una velocidad de 5 mVs⁻¹. La solución de trabajo estuvo formada por H₂SO₄ (0.6 molL⁻¹) y SPAN sintetizada electroquímicamente en el laboratorio. Después del tratamiento, tanto la suspensión resultante como el EPC tratado fueron analizados mediante técnicas electroquímicas, espectroscópicas y micrográficas para verificar la formación de grafeno.

3. RESULTADOS

La respuesta obtenida durante el tratamiento mostró evidencias de la formación de grafeno como el aumento de la capacitancia de la respuesta, así como la incorporación de la SPAN en su superficie. Por otra parte, la solución de trabajo presentó un cambio de

consistencia y coloración evidente. Los análisis mostraron que el tratamiento da lugar a la funcionalización del electrodo con composites de unas cuantas capas de grafeno y SPAN. Así mismo, se mostró la presencia de unas cuantas capas de grafeno en suspensión. Las láminas no presentan grupos funcionales oxigenados, ni residuos de surfactante. Por otro lado, las láminas obtenidas fueron grandes (Figura 1).

Figura 1. Imagen MEB de láminas de grafeno sintetizadas.



4. CONCLUSIONES

La intercalación/exfoliación electroquímica de grafito natural contenido en un electrodo de pasta de carbono asistida por SPAN como surfactante, da lugar a la formación de unas cuantas capas de grafeno de alta calidad, libres de grupos funcionales y de gran tamaño.

5. REFERENCIAS

- [1] G.Wang, B.Wang, J.Park, Y.Wang, B.Sun, *Carbon*, 47, 3242 (2009).
- [2] H.Bai, Y.Xu, L.Zhao, C.Li, G. Shi, *Chem. Comm.* 13, 1667, (2009).

EM-P14 Correlación de las propiedades electrocrómicas y fotocatalíticas de las películas delgadas de WO₃

Presentación Póster

H.I. Perez-Eliás¹, J.A. Díaz-Real¹, L.A. Estudillo-Wong²

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., CIDETEQ, Parque Tecnológico Querétaro, s/n, Sanfandila, Pedro Escobedo, Qro., 76703.

²CIEMAD, Instituto Politécnico Nacional, Calle 30 de Junio de 1520, s/n, Barrio La Laguna Ticomán, Alcaldía GAM, Ciudad de México, México, 07340.

E-mail: hpez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

El WO₃ es óxido metálico semiconductor con interesantes propiedades electrocrómicas, cuyas películas delgadas tienen la capacidad de modular su opacidad y cambiar su coloración bajo polarización [1], asociado a un cambio de los estados de oxidación del W. Sus propiedades fotocatalíticas lo vuelven un candidato potencial para degradar contaminantes en medio acuoso, las cuales tienen una relación con el grado de polarización que se induzca sobre estas. Sin embargo, la información que relaciona sus propiedades electrocrómicas y fotocatalíticas es limitada aún [2].

2. METODOLOGÍA

El WO₃ se sintetizó vía hidrotermal, con una solución de (NH₄)₆H₂W₁₂O₄₀·4H₂O, Na₂SO₄, C₆H₈O₇ y HCl en una autoclave a 180°C por 24h. Con el polvo filtrado y seco se hizo una suspensión para preparar películas delgadas mediante spin-coating que se depositó a 3200 rpm sobre vidrio FTO, previamente desengrasado. Las películas obtenidas se sinterizaron durante 2 horas a 500°C para obtener una estructura cristalina.

3. RESULTADOS

Los difractogramas de las películas delgadas de WO₃ confirmaron la estructura hexagonal con picos principales a 37.6° 2-theta correspondientes al plano (210). El estudio de potencial de inversión por voltamperometría cíclica de estos electrodos mostró un $E_{1/2} \approx -0.1V$ vs Ag|AgCl (0.5M H₂SO₄) donde se apreció un cambio electrocrómico, asociado a la reacción $WO_3 + e^- \leftrightarrow W_2O_5$.

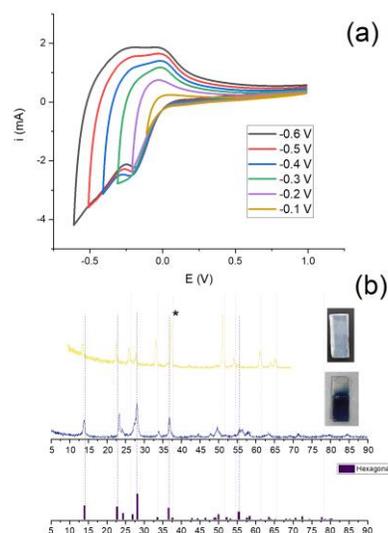


Figura 1. (a) Voltamperogramas cíclicos (b) Perfil cristalográfico de las películas delgadas de WO₃.

4. CONCLUSIONES

Se sintetizaron películas delgadas de WO₃, con una fase cristalina hexagonal, determinada por XRD. El comportamiento electrocrómico fue observable mediante VC, donde el $E_{1/2} \approx -0.1V$ vs Ag|AgCl genera un cambio de coloración.

5. REFERENCIAS

- [1] Zhao, Y., Zhang, X., Chen, X., Li, W., Wang, L., Ren, F., ... Li, Y., *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **8**, 11658, (2020).
- [2] Zhao, Y., Zhang, X., Li, W., Zhang, H., Chen, M., Sun, W., Xiao, Y., Zhao, J & Li, Y., *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **237**, 111564, (2022).

EM-P15 Efecto del dopaje en la estabilidad de la fase y de la conductividad iónica en el granate LLZO

Presentación Póster

A.A. Lopez-Ibarra¹, H. Camacho-Montes.¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

E-mail: abigail-loia@outlook.com

1. INTRODUCCIÓN

El granate de litio, litio, zirconio y oxígeno (LLZO) se ha destacado como un material altamente prometedor para electrolitos sólidos en baterías de estado sólido, gracias a su sobresaliente conductividad iónica y su robustez química. La práctica del dopaje, que consiste en la inserción de átomos ajenos en la red cristalina del LLZO, puede modificar profundamente sus atributos físicos y químicos. Tales modificaciones pueden conducir a una conductividad iónica optimizada, un aspecto crítico para la eficacia de las baterías de estado sólido. Adicionalmente, el dopaje tiene el potencial de afectar la estabilidad estructural del LLZO, previniendo la emergencia de fases no deseadas que pudieran comprometer su funcionalidad [1].

2. METODOLOGÍA

Se disolverán los aportadores de Li, La, Zr y además los aportadores que se usaran como sustitución parcial que serán $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ y $\text{Nb}(\text{HC}_2\text{O}_4)_5 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, en agua destilada, en otra solución se preparará ácido nítrico diluido en agua destilada, la mezcla se llevará a gelificación a 120 °C y se secará a 250 °C. Una vez seca la muestra se llevó a tratamiento térmico a 500 °C para descomponer compuestos orgánicos presentes y después se llevará a 950 °C por 12 horas a una velocidad de calentamiento de 10 °C por minuto [2]. La sinterización convencional (PLS) los polvos calcinados de LLZO-AL se prensaron bajo una fuerza uniaxial de 2500 kPa y se llevaron a sinterizar a 1150 °C por una hora. Para el sinterizado de forja (SF) se colocó la muestra entre dos placas de platino y se aplicará tensión uniaxial gradualmente a una velocidad de 10 N/min hasta llegar a 200 N a una temperatura de 1150 °C. Después se llevaron las muestras a realizas EIS con un potencióstato galvanostato en una frecuencia inicial de 100000 Hz y final de 0.01 Hz.

3. RESULTADOS

Los resultados del estudio se centran en la síntesis y caracterización de electrolitos sólidos basados en LLZO ($\text{Li}_{6.4}\text{Al}_{0.6}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$ y $\text{Li}_{6.4}\text{Fe}_{0.6}\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$). Se realizaron diversos métodos de sinterización para analizar su impacto en la conductividad iónica del material. Las técnicas de sinterizado utilizadas incluyen la sinterización convencional, la sinterización por forja y la sinterización por plasma de chispa (SPS). Los difractogramas de rayos X confirmaron la formación de la fase cúbica del granate en las muestras sintetizadas. Se realizaron mediciones de la conductividad iónica mediante espectroscopía de impedancia electroquímica. Los gráficos de Nyquist obtenidos permitieron calcular la conductividad iónica de las muestras sinterizadas, demostrando que la técnica de sinterización tiene un impacto significativo en la densificación y la conductividad del material.

4. CONCLUSIONES

La sinterización y el dopaje del LLZO son procesos fundamentales para la mejora de la conductividad iónica, un factor clave para su uso en baterías de estado sólido, la adición de elementos dopantes como aluminio y hierro ha resultado en un avance significativo de las cualidades electroquímicas del LLZO.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Chandrasekhar, M. Dhananjaya, O. M. Hussain, A. Mauger, and C. M. Julien, "Enhanced Electrochemical Performance of $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ by Niobium Doping for Pseudocapacitive pp. 28–42, Jun. 2021, doi: 10.3390/MICRO1010004/S1.
- [2] H. El-Shinawi, G. W. Paterson, D. A. MacLaren, E. J. Cussen, and S. A. Corr, "Low-temperature densification of Al-doped

EM-P16 Producción y caracterización de unas cuantas capas de grafeno por intercalación electroquímica usando aglomerados de β CD/ ClO_4^- como surfactante

Presentación Póster

G.A Méndez Rivera¹, L.M Torres Rodríguez*, C.A Llamas Castro, A. Montes Rojas

¹Laboratorio de Electroquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

E-mail: luzmaria@uaslp.mx

1. INTRODUCCIÓN

La intercalación electroquímica es uno de los métodos usados para la obtención de grafeno, ya que en comparación de otros métodos el proceso es más económico y es posible tener un mejor control con los productos obtenidos. Para mejorarlo se han usado surfactantes, éstos tienen diferentes funciones como mantener en suspensión el grafeno, actuar como intercalante y evitar que se vuelvan a unir las capas de grafeno [1]. Una macroestructura que puede actuar como surfactante son los aglomerados de β CD ($\text{A}\beta\text{CD}$), los cuales están formados por unidades de β CD unidas por puentes de hidrógeno. Los $\text{A}\beta\text{CD}$ pueden suspender medicamentos insolubles con interacciones diferentes a las de complejos de inclusión, tipo micelas [2]. En este trabajo se evaluará la factibilidad de usar $\text{A}\beta\text{CD}$ como surfactante en la síntesis de grafeno por intercalación. Una posible ventaja sería que se espera no se funcionalice el grafeno obtenido, dado que los $\text{A}\beta\text{CD}$ pueden disociarse cambiando el pH.

2. METODOLOGÍA

El grafito natural se colocó en un electrodo de pasta de carbono, el cual se barrió en un rango de potencial de -0.800 V a 1.350 V medidos contra $\text{Ag}/\text{AgCl}/\text{KCl}$ (1 mol L^{-1}) a 5 mVs^{-1} . La solución de trabajo estuvo formada por HClO_4 y βCD . La suspensión obtenida fue filtrada y el material fue resuspendido en dimetil formamida y analizado por TEM, MEB, EDX, Raman, FTIR, voltamperometría cíclica e impedancia electroquímica.

3. RESULTADOS

El voltamperograma obtenido durante el proceso de intercalación, presentó los picos característicos de este proceso, adicionalmente se observó un incremento considerable con los barridos de potencial, así como un

incremento en la capacitancia. Este comportamiento es congruente con la separación de las capas y la formación de láminas de grafeno. Los diferentes análisis mostraron que el material suspendido corresponde a unas cuantas láminas de grafeno de alta calidad. Ya que son de gran tamaño y no presentan rastro alguno de $\text{A}\beta\text{CD}$, ni de grupos funcionales oxigenados.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se mostró que la intercalación electroquímica del grafito natural en presencia de $\text{A}\beta\text{CD}$ da lugar a la formación de unas cuantas láminas de grafeno. Las ventajas de este compuesto es que los $\text{A}\beta\text{CD}$ son biodegradables por lo que el proceso es más amigable.

5. REFERENCIAS

[1] W.H.Danial, N.A. Norhisham, A.F.A. Noorden, Z.A.Majid, *Journal of Applied Science and Engineering*, **25**, 595, (2022).

[2] M. Másson, J. A. Magnósdóttir, M. Másson, J.F.Sigurjónsdóttir, *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences*, **91**, 2307, (2002).

EM-V01 Deslignificación de la fibra de lirio acuático mediante electro- hidrólisis para su posible aplicación en concretos porosos

Presentación Virtual

R. Sánchez Torres¹, E. Onofre Bustamante^{1*}, A.C. Espíndola Flores¹

¹ Instituto Politécnico Nacional Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada
Unidad Altamira.

E-mail: eonofre@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

En este estudio se investigó el efecto del pretratamiento por electrohidrólisis sobre los cambios fisicoquímicos y morfológicos en la biomasa lignocelulósica del lirio acuático (LA). La demanda de biomasa lignocelulósica ha aumentado en los últimos años debido a sus diversas aplicaciones en el sector energético y la producción de biomateriales [1]. La composición química de la biomasa está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Existen diferentes métodos de pretratamiento, como los físicos, químicos e híbridos, pero también se ha explorado la electrohidrólisis como una opción amigable con el medio ambiente y eficiente. En este estudio se comparó el pretratamiento por electrohidrólisis con los métodos de hidrólisis química ácida y alcalina. El objetivo fue analizar el efecto que tiene el pretratamiento de deslignificación en la biomasa del LA sobre la composición química y estructura y física de la biomasa.

2. METODOLOGÍA

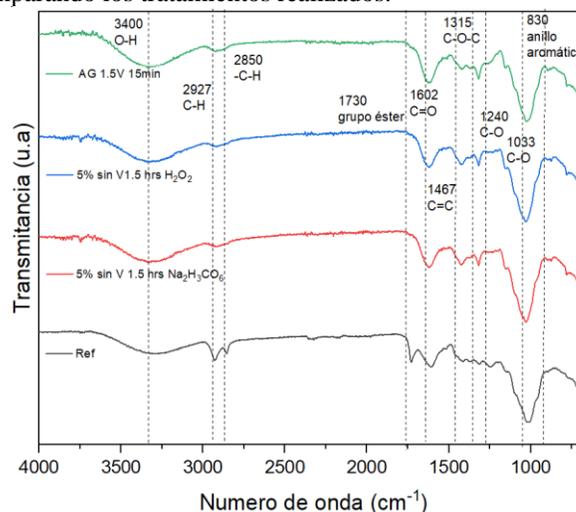
Se realizó un tratamiento químico (ácido y alcalino) para la eliminación de los azúcares solubles. De manera general, consiste en la inmersión de la fibra natural en el medio elegido (H_2O_2 o $Na_2CO_3 \cdot 1.5H_2O_2$) con una concentración del 5% con un tiempo de contacto de 30 y 60 minutos a temperatura ambiente, posteriormente se secaron en una estufa a 105 °C durante 6 horas para su caracterización en FT-IR, DRX y MO.

El pretratamiento por electrohidrólisis se llevó a cabo utilizando una celda electroquímica de 500ml de capacidad donde se coloca LA inmerso en agua de grifo como electrolito y se usaron 2 electrodos de acero inoxidable como electrodo de trabajo y auxiliar, conectados a la fuente de poder de corriente continua (CC). Aplicando un voltaje de 1.5 V durante 15 min., posteriormente se secaron en una estufa a 105 °C y se procede a caracterizar por FT-IR, DRX Y MO.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se observa como se disminuyen las bandas relacionadas a la lignina y hemicelulosa las cuales demuestran la efectividad de los tratamientos realizados.

Figura 1. Espectro de FTIR de la FLA comparando los tratamientos realizados.



4. CONCLUSIONES

Los diferentes tratamientos cumplieron con su objetivo, sin embargo, se resalta la eficiencia del tratamiento por electrohidrólisis debido a su corto tiempo de aplicación, electrolito de bajo costo y bajo consumo energético.

5. REFERENCIAS

[1] O. Onuaguluchi and N. Banthia, "Plant-based natural fibre reinforced cement composites: A review," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 68, pp. 96–108, Apr. 2016, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2016.02.014.

EM-V02 Síntesis fotoquímica y caracterización electroquímica de nanopartículas Core/Shell Ag⁰/Pt⁰

Presentación Virtual

L. García-Hernández^{1*2}, PA. Ramírez Ortega¹, E. Ortega Martínez¹, J. Carrasco Lozano¹, MU. Flores Guerrero¹

Afiliación¹: Universidad Tecnológica de Tulancingo, Camino a Ahuehuetitla No.301 Colonia Las Presas, Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43645, México.

Afiliación²: UAEH, Esc. Preparatoria no. 4, Avenida Guadalupe s/n, Colonia Guadalupe Pachuca, Hidalgo, C.P. 42079, México.

E-mail: laura.garcia@utectulancingo.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las nanopartículas de tipo core/shell existen varios tipos que comprenden un núcleo (material interno) y una cubierta (material de la capa externa). Esto puede dar lugar a diferentes combinaciones. La elección del material del shell depende en gran medida de la aplicación y el uso finales. Las nanopartículas esféricas concéntricas son las más comunes, donde la parte central es esférica y está completamente recubierta por una cubierta de un material diferente. Las nanopartículas core/shell con diferentes formas han despertado un gran interés debido a sus diferentes y novedosas propiedades. Se forman nanopartículas core/shell de diferentes formas cuando un núcleo no es esférico [1].

2. METODOLOGÍA

Primero se sintetizaron las nanopartículas monometálicas de Ag se utilizó agentes reductores el extracto de Thuja orientalis, mediante fotoirradiación con luz UV con un calentamiento inicial a 90°C, una vez obtenidas se caracterizaron por espectroscopia de Uv-Vis, y posteriormente se incorporó el precursor de Pt y se volvió a calentar a 90°C y se continuó con la irradiación. Finalmente las soluciones de síntesis se caracterizaron por espectroscopia de Uv-Vis y voltamperometría cíclica.

3. RESULTADOS

Las nanopartículas de Ag⁰ obtenidas se caracterizaron por espectroscopia de Uv-vis encontrándose el plasmón característico a los 430 nm, después se incorporó la solución iónica de platino y se obtuvo una respuesta característica para las nanopartículas Ag⁰/Pt⁰ [2] finalmente por voltamperometría cíclica, se evidenció el agotamiento

de las soluciones iónicas.

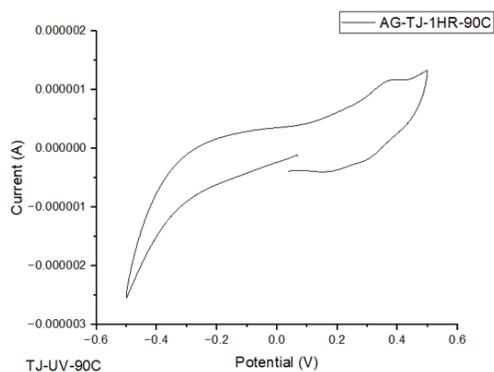


Figura 1. Voltamperograma de nanopartículas de plata en dispersión acuosa.

4. CONCLUSIONES

La síntesis fotoquímica por irradiación proporciona resultados favorables para la obtención de nanopartículas monometálicas y bimetálicas tipo core/shell, las técnicas electroquímicas permiten caracterizar los medios de reacción y las nanopartículas obtenidas.

5. REFERENCIAS

- [1] R. Ghosh, S. Paria, *Chemical Review*, 112, 2373-2433. 2012.
- [2] M. Sui, S. Kunwar, P. Pandey & J. Lee, *Scientific Reports*, 9:16582, 2019
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-53292-1>

EM-V03 Síntesis y caracterización de BMNPS-Au⁰/Pt⁰

Presentación **Virtual**

L. García-Hernández^{1*2}, P.A. Ramírez Ortega¹, J.H. Gutiérrez Lazcano¹, A.D. Tianguistengo Morales¹,
M.U. Flores Guerrero¹

Afiliación¹: Universidad Tecnológica de Tulancingo, Camino a Ahuehuetitla No.301 Colonia Las Presas,
Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43645, México.

Afiliación²: UAEH, Esc. Preparatoria no. 4, Avenida Guadalupe s/n, Colonia Guadalupe
Pachuca, Hidalgo, C.P. 42079, México.

E-mail: laura.garcia@utectulancingo.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas bimetalicas (BMNPS), compuestas por dos diferentes metales, presentan estructuras más complicadas que las monometalicas. En general se han descrito diferentes formas en cómo se integra un metal A con un metal B, dependiendo de las propiedades fisicoquímicas de cada uno y el tipo de nanopartícula obtenida dependerá del modo de distribución de del metal A y B dando lugar a las denominadas Estructura de tipo núcleo-coraza (core-shell), cúmulos segregados, aleación o multicapa [1,2]. En la actualidad se ha reportado diferentes métodos de síntesis para este tipo BMNPS, uno de los métodos propuestos para esto es la síntesis fotoinducida de nanopartículas metálicas, explorando la fotorreducción directa y la fotosensibilización. Las principales ventajas de la síntesis fotoquímica son: es un proceso limpio, la generación controlable in situ de agentes reductores dado que la formación de BMNPS puede ser provocada por fotoirradiación, y su gran versatilidad ya que permite fabricar nanopartículas en diversos medios [3].

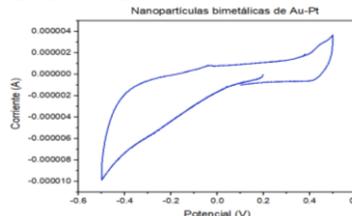
2. METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis de las nanopartículas monometalicas de Au a partir de soluciones iónicas y se usaron agente bioreductor el extracto de Thuja orientalis, mediante fotoirradiación con luz LED azul, una vez obtenidas se caracterizaron por espectroscopia de Uv-Vis, y posteriormente se incorporó el precursor de platino y se continuo con la irradiación. Finalmente las soluciones de síntesis se caracterizaron por espectroscopia de Uv-vis y voltamperometría cíclica.

3. RESULTADOS

Primero se caracterizaron las nanopartículas monometalicas mediante espectroscopia de Uv-vis y se

comprobó su presencia con el plasmón característico, posteriormente se procedió a la síntesis in-situ de las BMNPS, se volvieron a caracterizar por Uv-vis y finalmente se caracterizaron las soluciones iónicas madres corroborar el agotamiento de los iones precursores de Pt.



4. CONCLUSIONES

La síntesis fotoquímica es una alternativa viable para la síntesis de nanopartículas monometalicas y bimetalicas ya que la caracterización electroquímica no evidenció la presencia de iones de Platino después de terminado el tiempo de síntesis.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Aguilar, *Mundo Nano*, Vol. 10, N° 19, 72-92. 2017.
- [2] R. Ghosh, S. Paria, *Chemical Review*, 112, 2373-2433. 2012.
- [3] M. Sakamoto, M. Fujistuka, T. Majima, *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews* 10 33–56, 2009.

EM-V04 Electrooxidación de alcoholes en presencia de nanoestructuras Ni/(SBA-15)-C en condiciones alcalinas

Presentación Virtual

E. Castañeda-Morales¹, J.R. Carpio-España¹, D.M. Morales², LF. Chen¹, A. Manzo-Robledo¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio de electroquímica y corrosión, Escuela de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE), UPALM, C. P. 07738, CDMX. México

²Engineering and Technology Institute Groningen (ENTEG). Nijenborgh 3, Groningen, 9747 AG, The Netherlands

E-mail: amanzor@ipn.mx

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de tecnologías para la electrólisis híbrida de agua en medio alcalino presenta desafíos tales como obtener altos desempeños en la reacción de oxidación de alcoholes (AER) versus la reacción de evolución de oxígeno (OER). Nanoestructuras de níquel han sido reportadas como altamente activas debido a sus propiedades electrónicas [1]. En este trabajo, nanopartículas de níquel soportadas en heteroestructuras de carbón vulcan-SBA-15 son investigados como catalizadores para electrooxidación de alcoholes y evolución de oxígeno.

2. METODOLOGÍA

Los materiales fueron preparados por el método de impregnación y se evaluaron en una celda electroquímica en solución alcalina de KOH 1 M y en presencia de alcoholes como glicerol, metanol, etanol y etilenglicol. El desempeño electrocatalítico fue caracterizado por técnicas electroquímicas para evaluar diversos parámetros, incluyendo la sobretensión y el área de superficie electroquímica. Se emplearon técnicas de caracterización como DRX, TEM y XPS para determinar la morfología, estructura cristalina y composición elemental. Análisis in-situ de productos de reacción fue realizado por la técnica de espectrometría electroquímica diferencial de masas (DEMS).

3. RESULTADOS

Mediante la técnica de voltametría cíclica se caracterizó el desempeño electroquímico de los materiales. En la AOR se obtuvo una menor sobretensión y una mayor corriente con Ni/C comparado con Ni/C-SBA15, aunque para la OER se observó lo contrario. En la Figura 1 se muestra una comparación de la voltametría obtenida con los dos materiales en presencia de 0.5 M de glicerol,

demostrando un mayor desempeño por parte de Ni/C.

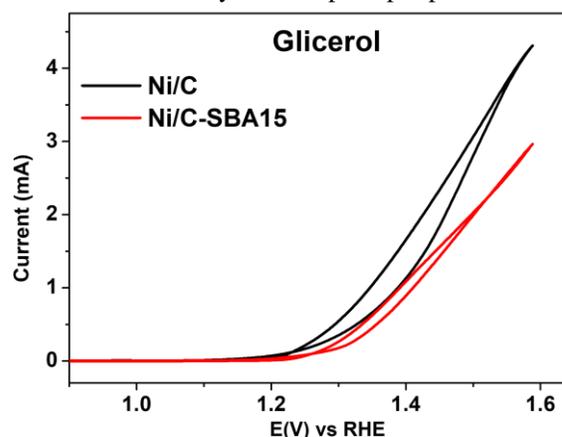


Fig. 1 Perfil corriente-potencial de materiales en KOH 1 M en presencia de glicerol 0.5 M. Velocidad de barrido 5 mV/s.

4. CONCLUSIONES

En la electrooxidación de alcoholes se obtuvo una mejor respuesta para el material Ni/C. Al introducir SBA-15 como soporte catalítico se observó una mayor actividad hacia la evolución de oxígeno.

5. REFERENCIAS

[1] E. Castañeda-Morales, M.A. Kazakova, A.G. Selyutin, G.B. Golubsov, D.M. Morales, A. Manzo-Robledo, *Surf. interfaces*, **46**, 104026, (2024).

EM-V05 Fabricación y caracterización de compuestos hidroxiapatita- x% dióxido de titanio para una posible sustitución ósea

Presentación Virtual

J. A. Marcelo Castro, C. O. Hernández Chávez, M. E. Refugio García, M. E. Palomar-Pardavé, G. Vázquez Huerta *.

Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana

E-mail: gvh@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Un biomaterial debe de tener cierta morfología, porosidad, densidad, resistencia a la degradación y resistencia mecánica para ser utilizado como sustituto óseo en el cuerpo humano, además que sea aceptado por el cuerpo humano sin rechazo. Algunas investigaciones sobre sustitutos óseos se han enfocado en los materiales compuestos de Hidroxiapatita-Titania, Hidroxiapatita-Circona, Hidroxiapatita-Titanato de Bario, Hidroxiapatita-Oxido de Titanio, Hidroxiapatita-Magnesio [1]. En este trabajo se estudió la influencia de la cantidad de dióxido de titanio (TiO_2) en una matriz de hidroxiapatita (HA) sobre las propiedades mecánicas y de corrosión para su posible uso como sustituto óseo. En el estudio se determinó la densidad, porosidad, morfología y resistencia a la degradación de los materiales compuestos de HA-x% TiO_2 .

2. METODOLOGÍA

Se fabricaron pastillas cilíndricas de HA-x% TiO_2 mediante metalurgia de polvos. En esta técnica se compactan los polvos con una carga uniaxial y posteriormente se realiza un tratamiento térmico de sinterizado a 1100°C, con un tiempo de 1 hora. La composición de los materiales HA-x% TiO_2 se varió con $x = 0, 5, 10, 15$ y 20 . La densidad y porosidad de los materiales se obtuvo con el método de Arquímedes. La morfología se determinó mediante microscopía óptica. Por su parte, la espectroscopia de impedancia electroquímica se utilizó para determinar la resistencia a la degradación, lo anterior se determinó de los valores de la resistencia a la polarización (R_p). Las curvas de impedancia se obtuvieron en el potencial de circuito abierto, en un intervalo de frecuencias de 100 kHz hasta 100 mHz y con la señal de perturbación de ± 10 mV. Todas las pruebas se realizaron utilizando una solución fisiológica (suero) que simula las condiciones en el cuerpo humano.

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los valores de dureza Vickers obtenidos de los materiales compuestos HA-x% TiO_2 . Se encuentra que con el aumento del porcentaje de TiO_2 disminuye la dureza. A un 20% de TiO_2 en peso, la dureza se asemeja más a la del hueso bovino.

Tabla 1. Valores de dureza Vickers (HV) de materiales compuestos de hidroxiapatita-dióxido de titanio y del hueso bovino como comparación.

Muestra	Dureza HV (kg_f/mm^2)
100% HA - 0% TiO_2	412
95% HA - 5% TiO_2	113
90% HA - 10% TiO_2	83
85% HA - 15% TiO_2	55
80% HA - 20% TiO_2	57
Hueso bovino	40

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se determinó la influencia que tiene el dióxido de titanio en una matriz de hidroxiapatita. Se encontró que el porcentaje de TiO_2 determina las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos HA-x% TiO_2 , el aumento de la cantidad de TiO_2 disminuye la dureza HV. El material que más se asemeja a las características del hueso bovino es 80% HA - 20% TiO_2 .

5. REFERENCIAS

[1] H. Melero, J. Fernández, Recubrimientos bioactivos: Hidroxiapatita y Titania. *Biomecánica*, **19**, 35, (2011).

EM-V06 Evaluación de propiedades mecánicas y de corrosión de compuestos hidroxiapatita-magnesio como potenciales implantes en el organismo humano

Presentación Virtual

A. E. Chávez Pantiga, C. O. Hernández Chávez, M. E. Refugio García, M. E. Palomar-Pardavé, G. Vázquez Huerta *.

Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana

E-mail: gvh@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los biomateriales han revolucionado el campo de la medicina y la ingeniería, especialmente en lo que respecta a la reparación de tejidos óseos humanos. La pérdida de tejido óseo debido a lesiones y enfermedades es un problema muy importante dado que afecta la calidad de vida de las personas. En este sentido, la investigación y el desarrollo de biomateriales destinados al uso en huesos humanos han cobrado una creciente importancia. La presente investigación se centra en analizar el efecto de la adición de magnesio por metalurgia de polvos a una matriz de hidroxiapatita (HA), posteriormente los materiales se sinterizan a 1100°C [1]. Con los materiales elaborados se llevaron a cabo pruebas de dureza, densidad, porosidad utilizando el método de Arquímedes y resistencia a la degradación utilizando la técnica electroquímica de Espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS).

2. METODOLOGÍA

En un molino de rodillos se mezclan polvos de hidroxiapatita (HA) y magnesio (Mg), ambos marca Aldrich, pureza 99% y tamaño de partícula 5-10 μm , en diferentes porcentajes (0, 1, 3, 5 y 10 % en peso de Mg). Se moldearon pastillas de forma cilíndrica con un diámetro de 1 cm y un grosor de 0.5 cm, después se sinterizan en un horno a una temperatura de 1100°C, durante una hora. La densidad y porosidad se determinaron mediante el principio de Arquímedes. La dureza Vickers se determinó con un microdurómetro Vickers, marca Emco-Test (Duran Scan 200), con una carga de 2.5 HV. Mediante la espectroscopia electroquímica de impedancia (EIS) se evaluó la resistencia a la polarización (R_p), en una solución fisiológica (suero) que simula las condiciones en el cuerpo humano, la señal de perturbación fue de ± 10 mV, en un intervalo de frecuencias de 100 kHz hasta 100 mHz.

3. RESULTADOS

En la tabla 1 se muestran los valores de la resistencia a la polarización (R_p). Estos resultados sirven como indicador de la susceptibilidad que tienen los materiales compuestos de hidroxiapatita -magnesio (HA-Mg) para la degradación. Se encontró que los materiales que contienen Mg tienen una mayor resistencia a la corrosión en comparación con la HA sola y que el hueso bovino el cual se utiliza como referencia.

Tabla 1. Resistencia a la polarización (R_p) de distintos materiales compuestos de hidroxiapatita-magnesio (HA-Mg) y del hueso bovino como comparación.

Muestra	R_p ($k\Omega \text{ cm}^2$)
100% HA - 0% Mg	580
99% HA - 1% Mg	2245
97% HA - 3% Mg	2360
95% HA - 5% Mg	2450
90% HA - 10% Mg	2910
Hueso bovino	1410

4. CONCLUSIONES

La adición de Mg puede ser una estrategia viable para mejorar las propiedades de la hidroxiapatita, haciendo que los materiales compuestos HA-Mg presenten propiedades similares a las del hueso humano para posibles aplicaciones biomédicas.

5. REFERENCIAS

[1] C. Liu, Z. Ren, Y. Xu, S. Pang, X. Zhao, Y. Zhao, Biodegradable Magnesium Alloys Developed as Bone Repair Materials: A Review. *Scanning*, **2018**, 1, (2018).

EM-V07 Resistencia a la degradación, dureza y morfología de materiales de hidroxiapatita-níquel, titanio y magnesio como posibles sustitutos óseos

Presentación Virtual

O. Pérez Sevilla, C. O. Hernández Chávez, S. I. Rivera Hernández, M. E. Refugio García, G. Vázquez Huerta*.

Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana

E-mail: gvh@azc.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los biomateriales son elementos esenciales en la medicina y la ingeniería, proporcionan soluciones para una amplia gama de aplicaciones médicas. La resistencia a la degradación de los biomateriales se convierte en un área crítica de investigación, donde la caracterización electroquímica se destaca como una herramienta fundamental. Los materiales metálicos como el níquel, titanio y magnesio poseen las propiedades necesarias para proporcionar a la hidroxiapatita las condiciones de durabilidad y resistencia a la corrosión. [1]. El presente estudio se enfoca en la evaluación de la resistencia a la degradación, dureza y morfología de posibles sustitutos óseos de hidroxiapatita (HA) con níquel, titanio y magnesio empleando la metalurgia de polvos. La combinación HA-NiTiMg ofrece ventajas significativas en el desarrollo de implantes ortopédicos de alto rendimiento.

2. METODOLOGÍA

Se realiza la mezcla y molienda de los materiales compuestos para fabricar pastillas cilíndricas de HA-%NiTiMg mediante metalurgia de polvos. En esta técnica se compactan los polvos con una carga uniaxial y posteriormente se realiza un tratamiento térmico de sinterizado a 1100°C, con un tiempo de 1 hora. La composición de los materiales se realiza de tal forma que se logra 30%, 40% y 50% de los metales en comparación de la HA. La morfología se estudió empleando un microscopio estereográfico Olympus modelo PMG3. Por su parte la dureza se determinó con un microdurómetro Vickers, marca Emco-Test (Duran Scan 200). Mediante la espectroscopia de impedancia electroquímica se determinó la resistencia a la polarización (Rp) en el potencial de circuito abierto, utilizando un intervalo de frecuencias de 100 kHz hasta 100 mHz, la amplitud de la señal de perturbación es de ± 10 mV. Las pruebas se realizaron en una solución fisiológica (suero) que simula las condiciones en el

cuerpo humano.

3. RESULTADOS

A través de la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica se determinaron los valores de Rp, en la tabla 1 se presentan los valores obtenidos de los materiales compuestos HA-%NiTiMg. Se encontró que la Rp aumenta con el porcentaje de los metales en comparación con la HA.

Tabla 1. Valores de la resistencia a la polarización (Rp) y del hueso cortical bovino como comparación.

Muestra HA-%NiTiMg	Rp (k Ω / cm ²)
30%	650
40%	700
50%	900
Hueso cortical	450

4. CONCLUSIONES

La fabricación de materiales compuestos de hidroxiapatita (HA) con distintos porcentajes de NiTiMg mediante la metalurgia de polvos tiene gran potencial para la fabricación de biomateriales. Con esta metodología fue posible fabricar biomateriales con propiedades semejantes a las de un hueso cortical de bovino, se encontró que el aumento en la composición de 30%, 40% y 50% de HA-%NiTiMg presenta un aumento progresivo en la resistencia a la polarización, lo cual significa que son más resistentes a la degradación en una solución fisiológica que simula las condiciones en el cuerpo humano.

5. REFERENCIAS

[1] H. Melero, J. Fernández, Recubrimientos bioactivos: Hidroxiapatita y Titanía. *Biomecánica*, **19**, 35, (2011).

EM-V08 Eficiencia de extractos naturales en relación con tiempos de conservación

Presentación Virtual

J. del R. Torres Hernandez ^{1*}, E. Del Ángel Meraz ¹, F. E Corvo Pérez ²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Posgrado en Ciencias en Ingeniería.

²Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Investigación en Corrosión.

E-mail: jr.torreshdez@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

El proceso corrosivo de los metales y aleaciones metálicas es un problema que se enfrenta en la industria química según las leyes de la termodinámica, considerándolo como una amenaza en la parte de gastos operacionales y/o sustitución del material. Para conservar los metales es importante controlar este proceso corrosivo con el uso de inhibidores de corrosión “verdes” porque son amigables con el medio ambiente, no tóxicos y de bajos costos para su elaboración con compuestos farmacéuticos o con extractos de plantas que contienen moléculas de N, O y S (heteroátomos), que a su vez pueden formar una capa protectora sobre la superficie del metal. Los metales expuestos en ácidos pueden disolverse en los iones presentes que, por lo general, se usan en métodos de limpieza como el decapado o acidificación [1,2].

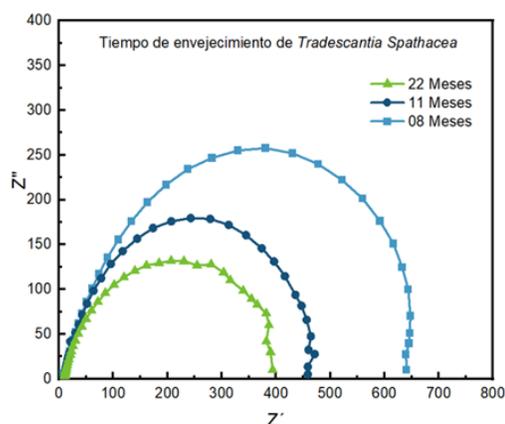
2. METODOLOGÍA

Se realizó la extracción de los compuestos de la hoja de *Tradescantia spathacea* EHTS por el método soxhlet. Se elaboraron electrodos de trabajo con el acero SAE 1010. Con la técnica de impedancia electroquímica (IE), se realizaron pruebas del extracto en concentraciones de 400, 800 y 1200 ppm en tiempos de inmersión de 1 h en medio ácido. Se analizaron los EHTS reservados por tiempos de 8, 11, y 22 meses, por la técnica de IE en concentración de 1200 ppm.

3. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados de IE y con los respectivos cálculos, con la concentración de 400 ppm se obtuvo eficiencia del 77%, mientras que en 800 ppm se obtuvo eficiencia del 87% y en 1200 ppm se alcanzó la máxima eficiencia del 91%. En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos por la técnica de IE. De los extractos reservados de 8 meses, alcanzó 89% de eficiencia, de 11 meses se obtuvo 84% de eficiencia y de 22 meses se alcanzó 81% de eficiencia.

Figura 1. IE del EHTS en tiempos de reserva de 8, 11 y 22 meses en medio ácido.



El aumento de eficiencia se puede atribuir a la formación de una capa protectora en relación con el adsorbato y a la superficie del metal.

4. CONCLUSIONES

En concentración de 1200 ppm del EHTS se alcanzó la mayor eficiencia del 91%, sin embargo, con el tiempo de reserva de 8, 11 y 22 meses esta eficiencia disminuyó del 91% hasta 81%. En períodos de 8 meses, el EHTS tiene solo el 2% de disminución, siendo que para 22 meses la eficiencia disminuye el 10%.

5. REFERENCIAS

[1] W. Shan, C. Huikai, Z. Zhang, L. Bokai, G. Xingpeng, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **9**, 1, (2021).

[2] H. Mahmoud, F. Aziz, *J Chin Chem Soc*, **1**, 1 (2020).

EM-V09 Efecto de la modificación superficial de ilmenita mineral con heteropoliácidos en las propiedades fotoelectroquímicas y fotocatalíticas del material

Presentación Virtual

S. Córdoba Miranda^{1*}, D. M. Cañas Martínez¹, J. Vazquez Samperio², P. Acevedo Peña³, E. F. Reguera Ruíz², J. A. Pedraza Avella¹

¹GIMBA, Universidad Industrial de Santander, Colombia

²CICATA, Instituto Politécnico Nacional, México

³CONAHCYT-IPN, LNCAE, CICATA-Legaria, México

E-mail: stefanny.cordoba@correo.uis.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

El arsénico es un contaminante tóxico cuya ingesta prolongada puede conducir al padecimiento de enfermedades graves. Por lo anterior, la OMS ha establecido un límite máximo permisible en agua potable de 10 µg/L [1]. La fotocatalisis heterogénea es un proceso de oxidación avanzada que puede ser utilizada para la oxidación de As(III) a As(V) y la posterior eliminación por adsorción de As(V) de fuentes acuosas. La ilmenita (FeTiO₃), material que posee propiedades semiconductoras semejantes al TiO₂, presenta un ancho de energía prohibida (E_g) entre 2.5 y 2.9 eV, que permitiría su activación con irradiación de luz visible [2]. Sin embargo, la tasa de recombinación de pares electrón-hueco también podría aumentar por este valor de E_g. Para reducir la incidencia de este problema, y aumentar la eficiencia fotocatalítica, se ha optado por la modificación superficial con heteropoliácidos, que actúan como una jaula de electrones disminuyendo la tasa con la que se recombinan [3].

2. METODOLOGÍA

Aplicando un método físico de impregnación húmeda, se modificó la superficie de la ilmenita con ácido fosfotúngstico (TPA). Se varió la relación volumétrica etanol/agua del medio de impregnación (3/1, 1/1 y 1/3) y la relación mástica TPA/Ilmenita (20, 30 y 40%) y se evaluó el efecto de la modificación en las propiedades fisicoquímicas, fotofísicas y fotocatalíticas de los materiales.

3. RESULTADOS

Se realizaron pruebas de OCP en luz y oscuridad para analizar la respuesta del material a la irradiación de luz visible. En la Figura 1 se puede observar que, al

comenzar la iluminación, la caída de potencial es más lenta en el material modificado con TPA y que, una vez detenido el flujo de fotones, también se observa una disminución en la recuperación de potencial en comparación a la ilmenita pura. Las pruebas de LSV y CA mostraron un aumento en la fotocorriente de los materiales modificados. Lo anterior podría estar relacionado con una menor tasa de recombinación de los pares electrón-hueco.

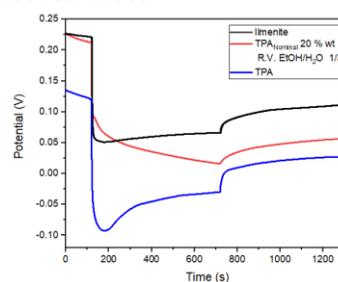


Figura 1. Evolución en el tiempo del potencial de circuito abierto (OCP) en oscuridad e irradiación de luz visible.

4. CONCLUSIONES

Se observó una relación inversa entre la cantidad de etanol del medio y la eficiencia de impregnación del material. Se determinó que los materiales modificados tuvieron una mejor respuesta a la fotocorriente, lo cual se atribuye a la presencia de TPA en la superficie.

5. REFERENCIAS

- [1] DL Alonso, E Castillo. *International Congress on Arsenic in the Environment*, Argentina (2014).
- [2] PA Ochoa, et al. *Chem Phys Lett*, **732**, 136643 (2019).
- [3] LR Pizzio, et al. *Appl Catal A Gen*, **167**, 283-294, (1998).

EM-V10 Evaluación fotoelectroquímica de ilmenita mineral modificada por tratamiento básico para su uso en la reducción fotocatalítica de CO₂

Presentación Virtual

Jennifer X. Vera Peña¹, Diana M. Cañas Martínez¹, Juvencio Vazquez Samperio², Próspero Acevedo Peña³, Edilso Reguera Ruiz², Julio A. Pedraza Avella¹

¹Grupo de Investigaciones en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente - GIMBA, UIS, Sede Guatiguará, Transv. Guatiguará, Calle 8N No. 3W-60, Barrio El Refugio, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia.

² Instituto Politécnico Nacional, LNCAE, CICATA - Legaria, Calzada Legaría 694, Col. Irrigación, 11500, CDMX, México.

³ CONAHCYT-Instituto Politécnico Nacional, LNCAE, CICATA-Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, 11500, CDMX, Mexico.

E-mail: jennifer2228126@correo.uis.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

El interés por emprender acciones enfocadas hacia la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es un aspecto relevante en la actualidad. La conversión fotocatalítica de CO₂ se plantea como una estrategia sostenible para llevar a cabo la transformación de esta molécula y así obtener compuestos orgánicos volátiles mediante la irradiación de un material semiconductor. [1], [2]. La ilmenita (FeTiO₃) es un mineral disponible en depósitos de arenas negras y posee un ancho de banda prohibida de 2.83 eV, sin embargo, dada las características intrínsecas del material es posible mejorar su desempeño fotocatalítico en torno a reacciones de foto-reducción a través del ajuste en las propiedades ácido-base y el incremento de sitios activos disponibles en superficie. Por lo anterior, en este trabajo se modificó ilmenita mediante tratamiento básico con hidróxido de sodio (NaOH) y carbonato de sodio (Na₂CO₃), con el fin de favorecer la adsorción y la fotoreducción de CO₂ en la superficie del material.

2. METODOLOGÍA

La ilmenita se modificó empleando soluciones acuosas de NaOH y Na₂CO₃ al 1, 3 y 5% w/w bajo agitación magnética constante durante 2 h a temperatura ambiente. Las muestras fueron caracterizadas por UV-Vis DRS, IR, DRX y XPS. Para la caracterización electroquímica se empleó una celda convencional de tres electrodos (Ag/AgCl/3M KCl como RE, barra de grafito como CE, las muestras de ilmenita modificadas y depositadas sobre vidrios FTO se usaron como WE y 0,1 M de Na₂SO₄ como electrolito.

3. RESULTADOS

Por pruebas de potencial a circuito abierto (OCP), se evidenció que, tras el periodo de iluminación, ningún material logra alcanzar el potencial que tenía inicialmente bajo oscuridad, indicando que existen defectos como vacancias de oxígeno inducidas por la presencia de los cationes monovalentes y/o reducción de sitios metálicos como el hierro (Fe) y titanio (Ti) que evitan la recombinación de los electrones fotogenerados acumulados en la banda de conducción. Mediante pruebas de cronoamperometría se evaluó la fotocorriente alcanzada y la estabilidad de los materiales, evidenciando que todos los materiales modificados con Na₂CO₃ presentaron un incremento en la fotocorriente en comparación con FeTiO₃.

4. CONCLUSIONES

Los materiales modificados presentaron un cambio en las propiedades electrónicas y sin alternación en la estructura cristalina. Se evidenció una mejora en la fotocorriente alcanzada tras la modificación, dado que el catión monovalente (Na⁺) favorece la separación del par electrón-hueco, además, la presencia de vacancias de oxígeno induce un cambio en la posición de las bandas de valencia.

5. REFERENCIAS

[1] S. Matavos-Aramyan, S. Soukhakian, M. H. Jazebizadeh, M. Moussavi, y M. R. Hojjati. *Appl. Mater. Today*, vol. 18, p. 100499, (2020).

EM-V11 Síntesis y caracterización de nanopartículas de Au con Cys-GOD sobre electrodos fto

Presentación Virtual

León Zúñiga Karla¹, Ocampo Hernández Janet¹, Jiménez González Martha Leticia², Rocha Ortiz Gilberto¹, Ortiz-Frade Luis Antonio¹

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

²Universidad Autónoma de Aguascalientes, Avenida Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20100 Aguascalientes, Ags.

E-mail: kleon@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La síntesis Turkevich para nanopartículas de Au es conocido por la versatilidad y características obtenidas de Nps Au [1], lo cual se puede corroborar con la caracterización. Por otra parte, para el depósito por la técnica electroless (sin electricidad), permite el pegado de las nanopartículas para estudios electroquímicos [2].

2. METODOLOGÍA

En la figura 1, se explica los reactivos utilizados, equipos para la caracterización, además de las técnicas empleadas.

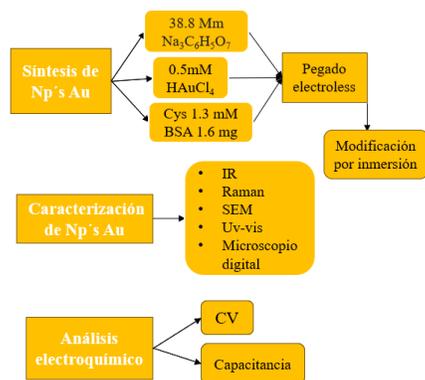


Figura 1. Resumen de metodología usada

3. RESULTADOS

De acuerdo con la síntesis usada, se obtuvo un color rojo-rubí en las nanopartículas de Au, obteniendo un espectro uv-vis en aproximadamente 524 nm, con el microscopio digital y AFM, se comprobó la presencia de oro nanoestructurado. Por la parte electroquímica por el perfil obtenido [3].

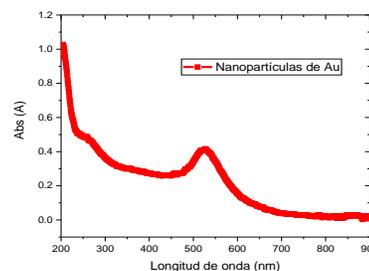


Tabla 1. Los datos más relevantes en formato de tabla se deben ajustar a los márgenes establecidos.

4. CONCLUSIONES

El método electroless se puede describir como bueno debido a que, de acuerdo con la caracterización se obtiene el pegado de nanopartículas de Au adecuado. Los análisis electroquímicos demuestran un cambio en transferencia electrónica y el área electroactiva.

5. REFERENCIAS

[1] Turkevich, J.; Stevenson, P. C.; Hillier, J. Discussion of the Faraday Society 1951, 11, 55

[2] Ivanov MR, Bednar HR, Haes AJ. Investigations of the mechanism of gold nanoparticle stability and surface functionalization in capillary electrophoresis. AC Nano. 2009 Feb 24;3(2):386-94. doi: 10.1021/nn8005619. PMID: 19236076; PMCID: PMC2707777

EM-V12 Electrodeposición de Fe sobre Au policristalino a partir de soluciones amoniacaes

Presentación Virtual

M. I Cruz Martínez¹, M. Rivera², G. A. Álvarez Romero¹, L. H. Mendoza Huizar^{1*}

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

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

E-mail: hhuizar@ueh.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales fabricados a base de hierro, presentan propiedades electromagnéticas, térmicas, de corrosión y de desgaste, las que son esenciales en la fabricación de sensores, dispositivos electromagnéticos y en procesos de catálisis, entre otros [1]. Específicamente la electrodeposición de nanopartículas magnéticas de hierro sobre un sustrato no magnético como lo es el oro, ofrece ventajas para controlar el tamaño de la nanopartículas de hierro y relacionar directamente su morfología con su dipolo magnético. Por lo que en el presente trabajo realizamos un estudio electroquímico, para analizar el proceso de nucleación y crecimiento del hierro sobre oro policristalino para determinar los parámetros cinéticos asociados y relacionarlos con la morfología que presentan los núcleos de hierro sintetizados electroquímicamente.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio termodinámico para determinar las especies predominantes en el baño electrolítico, posteriormente se realizó un estudio voltamperométrico del sistema Au / 0.01 M FeCl₂ + 0.1 M NH₄Cl a pH 6 a 25 °C, a diferentes velocidades de barrido con la finalidad de determinar el tipo de control cinético que rige al sistema y tomando en consideración los resultados de estudio voltamperométrico se realizó un estudio cronoamperométrico, con el objetivo de obtener los parámetros cinéticos del sistema, como son: el coeficiente de difusión, velocidad de nucleación y número de sitios activos.

2. RESULTADOS

Mediante el estudio termodinámico se determinó que el potencial de equilibrio de la especie predominante Fe²⁺ + 2 e⁻ → Fe⁰ fue de -0.538 V. El

estudio voltamperométrico reveló que a medida que aumentamos la velocidad de barrido, la densidad de corriente también aumenta, esto quiere decir que se favorece la electrodeposición de Fe⁰. También se encontró que el sistema se encuentra controlado por difusión. Al realizar el estudio cronoamperométrico, se pudieron evaluar los parámetros cinéticos asociados al proceso de nucleación y crecimiento del Fe⁰. Por otro lado, un estudio por microscopía óptica nos permitió analizar el cambio de morfología del electrodo causado, por las partículas de hierro electrodepositadas en función de la duración del pulso de potencial. Lo que indica que este parámetro también es importante para controlar el tamaño de las partículas de hierro adicional al valor del potencial de pulso aplicado.

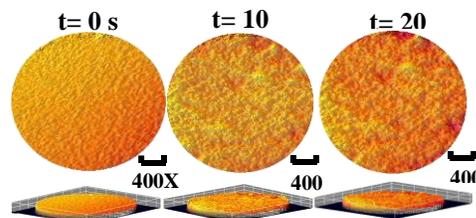


Fig 1. Comparación del crecimiento del Fe⁰ sobre el sustrato de oro a t = 0 s, t = 10 s y t = 20 s para el sistema Au / 0.01 M FeCl₂ + 0.1 M NH₄Cl pH 6 a 25 °C.

3. CONCLUSIONES

Mediante el estudio voltamperométrico y cronoamperométrico, se determinó que el sistema se encuentra controlado por difusión con un crecimiento tridimensional.

4. REFERENCIAS

[1] A. Brant, Sundaram. M, *Manufacturing Letters*, **31**, 52.55, (2022).

EM-V14 Comparación de la actividad catalítica de níquel macroscópico y electrodepositado para la reacción de oxidación de metanol mediante voltamperometría de eliminación

Presentación Virtual

V.S. Nava Engelking, M.J. Cabrera Maldonado, M. Videa, D.A. Crespo Yapur*

¹Departamento de Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Av. E. Garza Sada 2501 Sur, Monterrey, NL 64849, México

E-mail: alfonso.crespo@tec.mx

1. INTRODUCCIÓN

El metanol es un combustible prometedor para celdas de combustible de metanol [1]. Materiales nanoestructurados como el níquel pueden llegar a tener actividad catalítica para la reacción de oxidación de metanol (MOR) similar a la de metales nobles como el Pt [1]. En este trabajo se compara la actividad catalítica para la MOR de un electrodo de Ni macroscópico (M-Ni) contra la de un electrodo de Ni electrodepositado sobre Ni (N-Ni). Con el fin de tener un mejor entendimiento de las diferencias entre ambos materiales se utilizó la voltamperometría de eliminación (ELSV), un método analítico que permite la descomposición de la corriente medida en sus contribuciones capacitivas, difusionales y cinéticas [2].

2. METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron sobre un electrodo de trabajo de disco de níquel, antes y después de la electrodeposición. Se utilizó la metodología de Salinas-Quezada para la electrodeposición de Ni, con un pulso de 2 segundos, una densidad de corriente de 4.0 mAcm^{-2} , y un baño de NiSO_4 y Na_2SO_4 [1]. Tras la activación de los electrodos por ciclado en 1 M KOH, la oxidación de metanol se llevó a cabo en 1 M KOH + 0.5 M Metanol por voltamperometría cíclica a tres diferentes velocidades de barrido: 50, 100 y 200 mV s^{-1} .

3. RESULTADOS

La Figura 1 muestra los análisis ELSV del M-Ni y del N-Ni. El pico I corresponde a la formación de NiOOH en la superficie del electrodo, mientras que el pico II corresponde a la MOR [2]. El pico I ocurre en N-Ni a potenciales más anódicos ($\sim 0.485 \text{ V}$) que para M-Ni ($\sim 0.495 \text{ V}$). Por otro lado, se observa una diferencia en las contribuciones individuales para el M-Ni y el N-Ni, específicamente para la contribución

cinética y capacitiva. Para ambos picos I y II, las corrientes capacitivas son dominantes para M-Ni, mientras que las corrientes difusivas son dominantes para N-Ni.

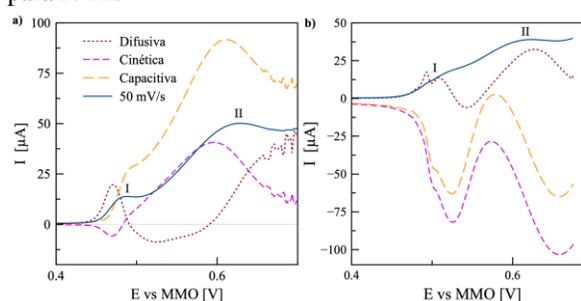


Figura 1. (a) ELSV del M-Ni y (b) ELSV de N-Ni en 1 M KOH + 0.5 M Metanol, junto sus distintas contribuciones.

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados de Crespo-Yapur [2], el níquel macroscópico conduce a una mayor formación de $\alpha\text{-Ni}(\text{OH})_2$, mientras que esta fase se encuentra en menor grado en el N-Ni, pero presenta una mayor actividad frente a la oxidación de metanol, por lo que es posible que N-Ni sea mejor catalizador que M-Ni. Finalmente, la diferencia entre las contribuciones independientes en el pico I, indica que la formación de NiOOH sobre la superficie metálica ocurre de manera diferente. Específicamente para N-Ni, la contribución difusiva junto con la capacitiva se atribuye a algún tipo de especie adsorbida durante el proceso de oxidación [2].

5. REFERENCIAS

- [1] M. P. Salinas, D. A. Crespo, A. Cano and M. Videa, *Fuel Cells*, **19**, 587, (2019).
- [2] D. A. Crespo, A. P. Hernández, Z. E. Ángeles, M. P. Salinas, M. Videa, *ECS Transactions*, **101**, 45, (2021).

EM-V15 Estudio electroquímico de catecoles para la modificación de nanopartículas de magnetita y el efecto de los grupos funcionales

Presentación Virtual

K. L. Bautista Zárate¹, A. G. González Gutiérrez¹, G. Rocha Ortiz², M. E. Cano³, N. Casillas Santana¹.

¹ Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara.

² Centro Universitario de Tonalá, Universidad de Guadalajara.

³ Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara.

E-mail: karla.bautista5421@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

La magnetita (Fe_3O_4) es un óxido mixto de hierro que se destaca por sus propiedades magnéticas [1]. Sin embargo, estas propiedades promueven la formación de aglomeraciones que afectan las propiedades físicas y químicas. Lo anterior se puede solucionar con modificaciones superficiales en las nanopartículas de magnetita (NPM).

Las NPM pueden ser modificadas mediante el anclaje de ciertas especies químicas [1]. Los ligandos o especies químicas que se unen a las NPM, tienen como principal fin preservar su estabilidad, sin embargo, estas especies también le pueden conferir propiedades que pueden extender sus aplicaciones a otros campos [2]. El objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento electroquímico del 1,2-dihidroxibenceno (BEN) y del 4-nitrocatecol (NC) antes y después de su interacción con las NPM, y determinar si la modificación con estos catecoles aporta propiedades electroactivas a las NPM. Además, se busca dilucidar el mecanismo de interacción entre las moléculas y las nanopartículas.

2. METODOLOGÍA

La síntesis de NPM se efectúa por el método de coprecipitación, empleando cloruro férrico (FeCl_3) y sulfato ferroso (Fe_2SO_4), e hidróxido de amonio (NH_4OH) como agente precipitante. Las NPM fueron funcionalizadas con 1,2-dihidroxibenceno (BEN) y 4-nitrocatecol (NC). El estudio del comportamiento electroquímico de las NPM, con y sin funcionalizar se realizó en dimetilsulfóxido (DMSO), utilizando perclorato de tetrabutilamonio (TBAP) 0.2 M como electrolito soporte en atmósfera de nitrógeno. Todas las pruebas se realizaron en un potenciostato Autolab PGSTAT 128N y una celda electroquímica convencional de tres electrodos, empleando carbón vitreo ($\varnothing = 3$ mm) como electrodo de trabajo (WE), un alambre de Pt como contra electrodo (CE) y SCE

(Saturated Calomel Electrode) como electrodo de referencia (REF).

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestran las respuestas voltamperométricas de las NPM tras su funcionalización. Se puede observar que la señal de los grupos hidroxilo desaparece después de la funcionalización. Por lo contrario, se aprecia que las señales de los grupos nitro del NC en las NPM funcionalizadas se mantienen presentes.

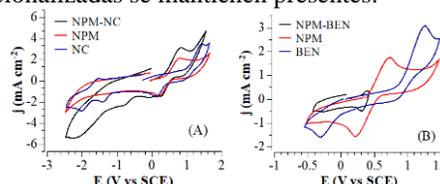


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos de los catecoles y de las NPMs antes y después de su modificación con a) NC y b) BEN a 500 mV/s.

4. CONCLUSIONES

Las NPMs fueron modificadas con dos tipos de catecoles. Después de la funcionalización, no se detectó la respuesta electroquímica de los grupos -OH, mientras que la respuesta del grupo nitro permaneció. Esto indica que la interacción se lleva a cabo exclusivamente con los grupos -OH, independientemente de la presencia de otros grupos en las moléculas.

5. REFERENCIAS

- [1] J. G. C. Baños, V. E. N. Lara, C. O. Puentes, *Rev. Colomb. Quím.*, **46**, 42–59, (2017).
- [2] S. Campelj, M. Pobrežnik, T. Landovsky, L. Mart Samos, V. Hamplova, D. Lisjak, *Nanomaterials*, **1** 1–13, (2023).



Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica (EMB)



EMB-O01 Análisis *in situ* del estrés oxidativo de *E. coli* en contacto con ZIF-67 mediante la detección electroquímica de peróxido de hidrógeno

Presentación Oral

María José Martín-Martínez^a, Lorena Álvarez Contreras^b, Beatriz Liliana España Sánchez, Noé Arjona^a.

^aCentro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C., Pedro Escobedo, Querétaro, C. P. 76703

^bCentro de Investigación de Materiales Avanzados S.C. Chihuahua, Chihuahua, C.P. 31136

E-mail: mjmartinez@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La detección del estrés oxidativo es crucial para comprender el daño bacteriano y desarrollar estrategias antimicrobianas efectivas. Detectar el estrés oxidativo proporciona información sobre cómo las bacterias responden y resisten estos factores, lo que ayuda a entender mejor las primeras etapas del daño bacteriano. Los Zeolitic Imidazolate Frameworks (ZIFs), especialmente el ZIF-67, surgen como prometedores antimicrobianos, así como para la detección de H₂O₂ debido a su alta área superficial, su estructura de ion de cobalto y ligando orgánico, posicionándolo como un excelente candidato para la inhibición y erradicación bacteriana. Este estudio se enfoca en la detección electroquímica del estrés oxidativo en bacterias *E. coli*, inducido por la sobreproducción de H₂O₂ al contacto con ZIFs.

2. METODOLOGÍA

Se sintetizó ZIF-67 mediante el método solvotermal [1] como agente antibacteriano, mientras que, para fines de detección, el material se soportó en nanotubos de carbono (N-CNTs). Las evaluaciones de actividad antibacteriana se llevaron a cabo por dilución seriada a diferentes etapas de crecimiento bacteriano (3 y 24 hrs), con concentraciones de 16-0.125 mg/ml. Se emplearon VC y DPV para evaluar la generación de peróxido debido al estrés oxidativo inducido al entrar en contacto entre ZIF-67 y *E. coli*, a 0.25 mg/ml (ZIFs) con una concentración de 1x10⁵ CFU. La inclusión de estos materiales resalta la capacidad potencial para evaluar el estrés oxidativo inducido mediante técnicas electroquímicas para la detección de H₂O₂.

3. RESULTADOS

Los resultados mostraron una alta eficiencia (99.9%) antibacteriana de ZIF-67 a concentraciones adecuadas a tiempos cortos y largos (3 y 24 h), junto con una sensibilidad destacada para la detección de

H₂O₂, en un rango de 20-100 ppm con el ZIF-67/N-CNT (Fig. 1). La aplicación de VC y DPV permitió identificar la generación de H₂O₂ debido al estrés oxidativo inducido en presencia de ZIF-67 con *E. coli*.

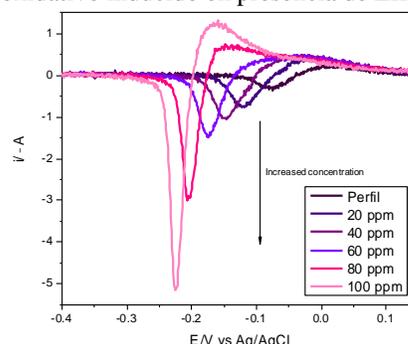


Fig. 1. DPV del ZIF-67/N-CNTG en PBS a pH 7.4 con H₂O₂.

4. CONCLUSIONES

Se resalta el potencial del ZIF-67 como agente antibacteriano y para la detección de H₂O₂ mediante técnicas electroquímicas. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para la comprensión y detección electroquímica del estrés oxidativo y las diferentes etapas de daño de las bacterias al contacto con los ZIFs, lo que puede ser fundamental para el desarrollo de nuevos tratamientos y terapias antimicrobianas.

5. REFERENCIAS

- [1] Xiaoze W., Hui W., Jiafan C., Hang L., *et al.* *Chemical Engineering Journal* (2023).
- [2] Demirci S; Yildirim Y.; Sahiner N. *Inorganica Chimica Acta.* (2022).

EMB-002 Funcionalización de un electrodo de carbón vítreo con grupos carboxilo como soporte de aptámeros para la detección de tobramicina

Presentación Oral

C. Corona Elizarrarás^{1,3}, S.A. López Juárez², C. Slim³, N. Arroyo Currás⁴, S. Griveau³, S. Gutiérrez Grandos^{1*}

¹Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas – Noria Alta S/N, Guanajuato, Gto., México, 36050.

²Universidad de Guanajuato, División de Ciencias e Ingenierías – Calle Loma del bosque 103, Lomas del Campestre, León, Gto., México, 36050.

³Chimie ParisTech-PSL – rue Pierre et Marie Curie, Paris, France, 75005

⁴Department of Pharmacology and Molecular Sciences, Johns Hopkins School of Medicine, Hunterian Building, Room 314, 725 North Wolfe St., Baltimore, MD 21205, USA

E-mail: c.coronaelizarraras@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se centra en el desarrollo de sensores electroquímicos basados en aptámeros (E-Abs, por sus siglas en inglés) para la detección de tobramicina, una tecnología que puede apoyar la detección molecular continua en el organismo. Concretamente, dado que los electrodos de carbono (GCE) son conocidos por ser materiales baratos, químicamente inertes y no tóxicos en entornos biológicos [1]. El trabajo pretende demostrar E-Abs inmovilizados en carbono, centrándose en la evaluación de la afinidad aptámero/analito en solución y en las formas de inmovilización de aptámeros en la superficie del electrodo. La funcionalización de electrodos de carbono permite la bioconjugación de aptámeros a la superficie de carbono [2]. Exploramos específicamente la modificación de electrodos de carbono vítreo mediante polimerización electroquímica, utilizando varios monómeros oxidables: ácido aminobenzoico, y ácido aminohexanoico con hexilamina y se optimizaron las condiciones de electropolimerización.

2. METODOLOGÍA

El proyecto se divide en tres etapas: la primera es la modificación de electrodos de carbono vítreo con monocapas de 4-ABA (figura 1); la segunda es el acoplamiento químico de aptámeros a dichas monocapas; por último, se persigue la detección de tobramicina, primero en soluciones tamponadas y después, en fluidos biológicos.

3. RESULTADOS

Las capas contienen grupos carboxílicos que pueden enlazarse al aptámero con terminación amina mediante reacciones de acoplamiento amida.

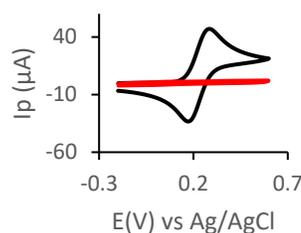


Figura 1. Voltamperometría cíclica de un electrodo de carbono desnudo (---) y funcionalizado con 4-ABA (---) en 5 mmol $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ en PBS, vel. de barrido: 50 mV/s.

4. CONCLUSIONES

Cada paso de la modificación de la superficie del GCE se caracterizó electroquímicamente (VC, VDP, EIS). Se están estudiando otras técnicas para caracterizar la superficie del electrodo, como el ángulo de contacto y FTIR.

5. REFERENCIAS

- [1] J. Liu, S. Dong, *Electrochemistry Communications*, **2**, 707, (2000).
[2] J. Liu, L. Cheng, *LANGMUIR*, **16**, 7471, (2000).

EMB-O03 Desarrollo de un biosensor enzimático electroquímico para la detección del anión superóxido utilizando ultramicroelectrodos de Pt modificados PEDOT/SOD

Presentación Oral

J.A Chávez García¹, C. Corona Elizarrarás¹, Silvia Gutiérrez Granados^{1*}, M. Martínez Alfaro¹, L. L. Flores Villavicencio¹.

¹Universidad de Guanajuato. División de Ciencias Naturales y Exactas. Cerro de la Venada S/N. Pueblito de Rocha. C.P. 36049, Guanajuato, Guanajuato, México.

E-mail: ja.chavezgarcia@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los ultramicroelectrodos (UME) modificados con polímeros conductores y enzimas, son una opción novedosa en el desarrollo de biosensores, al permitir un bajo límite de detección y biocompatibilidad. El anión superóxido (O_2^-) es una especie reactiva de oxígeno. Se produce en los neutrófilos y macrófagos. Su detección es importante, estas especies tóxicas desencadenan procesos celulares, de fibrosis, renovación y cáncer [2]. El estrés oxidativo es diferente según la especie tóxica, así como la cantidad de O_2^- generada [3]. Este trabajo estudió, por vía electroquímica, la producción de O_2^- en células de neuroblastoma expuestas a plomo (Pb), usando un biosensor enzimático preparado con UME, PEDOT y enzima SOD, para su detección directa y específica.

2. METODOLOGÍA

Por voltamperometría cíclica (VC) se electropolimerizó, el monómero EDOT en NaSS 0.1 M, sobre la superficie del UME de Pt (Díá. 25 μ m). La inmovilización de la enzima SOD, se realiza a través del crosslinking con una solución de BSA (2%) y Glutaraldehído (2.5%). El biosensor se probó en cultivos celulares (neuroblastoma) expuestos al acetato de plomo (II) para inducir el O_2^- . Su detección se realizó por voltamperometría lineal, y se comparó con la curva de calibración realizada con KO_2 como generador químico del O_2^- . Mientras, la especificidad se estudió con los interferentes: ácido úrico, ácido ascórbico y xantina por VC.

3. RESULTADOS

La enzima SOD fue inmovilizada exitosamente sobre un UME de Pt modificado con PEDOT que reacciona selectivamente con el O_2^- , formando H_2O_2 que se

reduce y genera una corriente directamente proporcional a su concentración. En muestras sintéticas se logró la detección del O_2^- , en el intervalo de concentraciones de 7.5 a 125 μ M. Un cultivo de neuroblastoma, expuesta a Pb, permitió la determinación del O_2^- a concentración mayor de 10 μ M. Finalmente, los interferentes analizados no ejercen efecto sobre la señal de reducción del H_2O_2 , así el biosensor es específico.

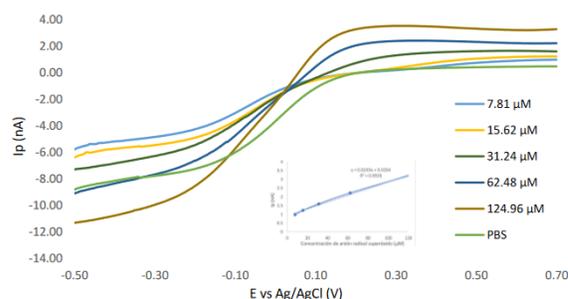


Figura 1. A) Voltamperograma de barrido lineal para la detección de O_2^- , por KO_2 en PBS. B) Curva de calibración obtenida.

4. CONCLUSIONES

El biosensor fabricado de Pt, PEDOT y SOD, permite la detección del O_2^- , de manera específica y lineal, para muestras sintéticas y en cultivos celulares.

5. REFERENCIAS

- [1] Z. Jie, J. Liu, M. Shu, Y. Ying, H. Yang, *Talanta*, **235**, 122892, (2022).
- [2] C.C. Winterbourn, A. J. Kettle, M. B. Hampton, *Annual review of biochemistry*, **85**, 765, (2016).
- [3] M. Hayyan, M. A. Hashim, I. M. AlNashef, *Chemical reviews*, **116**, 3029, (2016).

EMB-O04 Caracterización celular de andamios de policaprolactona para proliferar células mesenquimales

Presentación Oral

R. González^{1*}, K. Gómez-Lizárraga², M. Álvarez³, P. González-Alva³, M. Hernández¹

¹Instituto de Física, UNAM, México

²Facultad de Ingeniería, CENISA, UNAM, México

³CONAHCYT-Fellow, Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM, México

⁴Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos, Facultad de Odontología, UNAM, México

E-mail: rparra@fisica.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La hidroxiapatita (HaP) es un compuesto a base calcio y fosfato con una estructura policristalina densa o porosa que se encuentra dentro del tejido vivo [1]. Al sintetizar este componente en laboratorio se funcionaliza para incrementar sus propiedades biocompatibles con ácido glutámico [1]. La funcionalización puede modificar la estructura original de la HaP. Por ello, es necesario explorar otras condiciones de la HaP en aplicaciones biomédicas. El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto, por separado, de cuatro tipos de HaP incorporados a un andamio híbrido electrohilado a base policaprolactona (PCL)-alginato de sodio (AS)-colágena en presencia de células mesenquimales. Se evalúa la viabilidad celular, las propiedades electroquímicas y las características morfológicas del andamio.

2. METODOLOGÍA

Mediante electrohilado se obtuvieron cuatro distintos tipos de andamios mezclando PCL-AS-colágena. Los distintos tipos de HaP empleados fueron: 1) nanométrica (nHaP), 2) micrométrica (μ HaP), 3) nanométrica funcionalizada (nHaPf) y nanométrica descelularizada a partir de cóndilo de bovino (NKB). El cultivo celular se realizó empleando osteoblastos humanos hFOB-line/(ATCC-CRL-3602) en un medio DMEM/F12 (Gibco/Invitrogen-USA).

3. RESULTADOS

Los resultados indican que tanto el perfil de rugosidad como el tamaño y los defectos de las nanofibras se ven influenciados por el tipo de HaP incorporado al andamio. La muestra 4 mostró la mayor rugosidad entre todos los sistemas (1883.1

μ m). Mientras tanto, el ensayo celular demostró que los cuatro sistemas no cambiaron ni su morfología ni su matrix extracelular durante las 168 h de ensayo. Este ensayo junto con la técnica de impedancia electroquímica, evidenciaron que el sistema 4 desarrolló la más alta adhesión y proliferación celular a 168h, dado que se obtuvo un crecimiento abundante (Fig. 1) con una alta impedancia electroquímica que indica condiciones favorables de viabilidad celular [2].

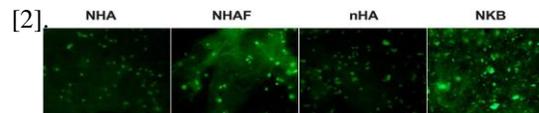


Fig. 1 Resultados de tinción-DAPI por fluorescencia

4. CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que la viabilidad celular del andamio híbrido a base de policaprolactona-alginato de sodio-colágena, está directamente influenciada por la condición físico-química de la hidroxiapatita empleada, siendo la muestra descelularizada (NKB) la que mostró mayores propiedades de biocompatibilidad. Ese tipo de andamios prometen ser un material efectivo para la proliferación celular mesenquimal empleado en la ingeniería de tejidos.

5. REFERENCIAS

[1] Kwak, A. Haider, K. C. Gupta, S. Kim, Inn-Kyu Kang, *Nanoscale Research Letter*, **11**, 1, (2016)

[2] M. Hernández, M. A. Álvarez-Pérez, J. Genesca, K. K. Gómez, A. Covelo, *Bioelectrochemistry*, **131**, 107386, (2020)

Se agradece al proyecto PAPIIT IN110423, UNAM

EMB-O05 Derivados de ftalimidas como mediadores redox en reacciones de electrosíntesis orgánica

Presentación Oral

E. S. Patiño Alonzo¹, B. A. Frontana Uribe^{1,2*}

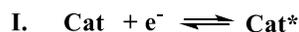
¹CCIQS UAEM-UNAM, C.P. 50200, Toluca, Estado de México, México.

²Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, C.P. 04510, CDMX, México.

E-mail: bafrontu@unam.mx*

1. INTRODUCCIÓN

La electroreducción directa de halogenuros de alquilo **RX** exhibe un mecanismo de tipo EC_i en voltamperometría cíclica: $RX + e \leftrightarrow RX^{\cdot-} \rightarrow R^{\cdot} + X^-$. A menudo, ocurre que $E_{R^{\cdot}/R^-} > E_{RX/RX^{\cdot-}}$, lo cual permite la fácil sobre-reducción de R^{\cdot} hacia el carbanión R^- en la superficie del electrodo. Sin embargo, se ha visto que derivados de ftalimidas (**Cat**) pueden generar radicales alquilo R^{\cdot} a partir de halogenuros de alquilo (**RX**) por medio de la catálisis redox, y estos pueden adicionarse a una olefina activada (**OA**) (Esquema 1) [1].



Esquema 1.

Si bien ese esquema de catálisis redox presenta a **Cat**, **RX** y **OA** como tres especies diferentes, nosotros contemplamos la posibilidad de que, por ejemplo, **Cat** y **RX** se encuentren en la misma molécula. Es decir, que haya una transferencia electrónica intramolecular [2]. Con estos antecedentes en mente surge la hipótesis: ¿Es posible aprovechar una catálisis redox intramolecular en moléculas que contengan el grupo ftaloilo y darle una segunda función a este grupo protector?

2. METODOLOGÍA

Se utilizó voltamperometría cíclica en carbón vítreo para determinar potenciales de reducción y evaluar reversibilidad, irreversibilidad y catálisis redox de los radicales aniones.

3. RESULTADOS

En la **figura 1** se muestra la aparición de las características diagnósticas típicas de la catálisis redox al incorporar un átomo de bromo en posición bencílica

(**curva roja**) de una ftalimida químicamente reversible (**curva negra**).

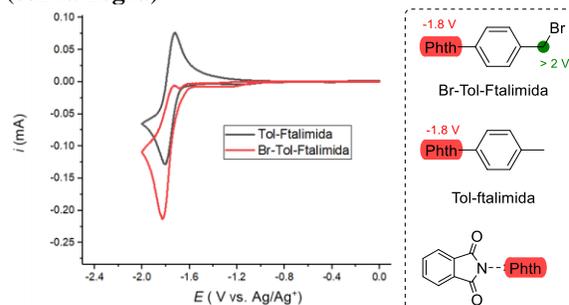


Figura 1. Voltamperometría cíclica de Tol-Ftalimida y Br-Tol-Ftalimida. MeCN 0.1 M Bu₄NClO₄, carbón vítreo (ET), Pt (EA), E vs. Ag/Ag⁺(ER), 100 mV/s a 25°C.

4. CONCLUSIONES

Se observó catálisis redox en una ftalimida que contienen una funcionalidad de tipo **RX**. No obstante, la transferencia electrónica podría ocurrir *via* intramolecular o intermolecular. La elucidación del mecanismo predominante en la transferencia, así como la determinación del intermediario reactivo generado (R^{\cdot} o R^-) están siendo investigados. Paralelamente nos encontramos explorando el caso de estudio donde **Cat** y **OA** se encuentra en la misma molécula.

5. REFERENCIAS

[1] E.S. Patiño-Alonzo, J. Barroso-Flores, B. Frontana-Urbe, *ChemCatChem*, **15**, 1, (2023).

[2] L. S. Hernández-Muñoz, M. A. González-Fuentes, R. Díaz-Sánchez, R. Fragozo-Soriano, C. Vázquez López, F. J. González, *Electrochim Acta*, **63**, 28 (2012).

EMB-O06 Electrosíntesis de tetrahidrotiofenos-3,4-dihidroxi-3,4-disustituidos empleando DLG/PC como medio de reacción ambientalmente amigable

Presentación Oral

J.M. Ramos Villaseñor¹, J. Romero Ibañez¹, B.A. Frontana Uribe^{1,2*}

¹Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM, Toluca, 50200, Estado de México, México.

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

E-mail: bafrontu@unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

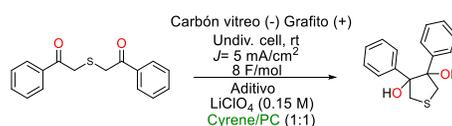
Dihidroleovoglucosenona (DLG) es un disolvente biodegradable y biorenovable no tóxico tanto para el ser humano como el medio ambiente, es sintetizado a través de dos etapas de reacción a partir de la celulosa y, comercialmente disponible bajo el nombre de CyreneTM. DLG tiene propiedades fisicoquímicas similares a los disolventes polares aproticos tradicionales como DMF, Acetonitrilo, DMAc y NMP [1]. En particular, las propiedades fisicoquímicas de interés para su aplicación en electrosíntesis orgánica son la constante dieléctrica y la polaridad, el cual posee un valor de $\epsilon = 37.3$ y $\pi^* = 0.93$ [2], sin embargo, DLG posee una elevada viscosidad de 14.5 cP, lo cual puede ser una limitante en electroquímica. Este problema de viscosidad puede ser superado con la adición de un co-disolvente no tóxico como PC (propileno carbonato) en una proporción 1:1. Este trabajo tiene la finalidad de presentar los resultados alcanzados utilizando la mezcla de DLG/PC como un medio ambientalmente amigable para llevar a cabo la electrosíntesis de compuestos heterocíclicos tetrahidrotiofenos-3,4-dihidroxi-3,4-disustituidos.

2. METODOLOGÍA

Caracterizar la ventana de electroactividad de la mezcla DLG/PC y el comportamiento electroquímico de 1,5-dicetonas derivadas del ácido tioglicólico mediante voltamperometría cíclica. Electrolisis preparativas

3. RESULTADOS

La ventana de electroactividad en la región catódica de la mezcla de DLG/PC alcanza un valor de hasta -2.5 V, el cual permite la reducción de 1,5-dicetonas derivadas del ácido tioglicólico. Se muestran resultados sobre las electrolisis preparativas.



Entrada	Variación del aditivo	Rendimiento (%)
1	3 equivalentes de DABCO	Trazas
2	3 equivalentes de Et ₃ N	Trazas
3	3 equivalentes de Dípea	Trazas
4	3 equivalentes de ácido fórmico	74
Entrada	Variación del electrolito soporte	Rendimiento (%)
5	Bu ₄ NBF ₄	70

El empleo de aminas como reactivo de sacrificio [3] resulta en la obtención de trazas debido a que reaccionan con los hidrógenos alfa al grupo carbonilo y al heteroátomo, este problema es superado con la adición de ácido fórmico.

4. CONCLUSIONES

La mezcla DLG/PC puede ser utilizada eficientemente como disolvente para llevar a cabo la electrosíntesis de tetrahidrotiofenos-3,4-dihidroxi-3,4-disustituidos, representado una metodología ambientalmente amigable.

5. REFERENCIAS

- [1] J. E. Camp, *ChemSusChem*. **2018**, *11*(18), 3048-3055.
- [2] J. Sherwood, M. De Bruyn, A. Moity, L. McElroy, T. J. Farmer, T. Raverty, W. Hunt, A. J. Clark, *Chem. Commun.* **2014**, *50* (68), 9650-9652.
- [3] J.M. Ramos-Villaseñor, J. S. Sotelo-Gil, S. E. Rodil, B.A. Frontana-Uribe *Faraday Discuss.* **2023**, 247, 182-194

EMB-O07 Evaluación de un bioánodo para su uso en biobaterías híbridas

Presentación Oral

A. Ramos García¹, W. García García¹, G. A. Huerta Miranda²
A. Hernández Eligio², K. Juárez², M. Miranda Hernández^{**1}

¹Instituto de Energías Renovables, Priv. Xochicalco s/n Temixco, Morelos, México. C.P.62580

²Instituto de Biotecnología, Av. Universidad 2001, Col. Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62210.

E-mail: alraga@ier.unam.mx, mmh@ier.unam.mx**

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas bioelectroquímicos, como biobaterías híbridas, se han reportado como una opción para la degradación de compuestos orgánicos [1]. Actualmente se sugieren como una alternativa de baja potencia para la generación de energía en aplicaciones de monitoreo remoto o dispositivos portátiles [2,3]. Uno de los temas que demanda atención es el acoplamiento del biomaterial con el colector de corriente. Para el caso particular de ánodos elaborados con biopelículas de *Geobacter sulfurreducens* (GSWT) es necesario asegurar un buen contacto, el cual depende del crecimiento uniforme del biofilm. En este trabajo se pretende atender esta problemática. Se reportan los resultados al evaluar electrodos colectores de corriente de FTO con y sin biopelícula de *G. sulfurreducens*.

2. METODOLOGÍA

Se utiliza una celda cúbica de dos cámaras separadas con membrana Nafion N-117. La cámara catódica contiene un cátodo de laccasa, buffer de succinato de sodio 100 mM a pH 5 y 2 mM ABTS como intermediario redox. La cámara anódica contiene medio basal pH 6 y 20 mM de acetato de sodio, bajo atmósfera de nitrógeno. Como ánodo se utilizó un soporte de FTO sobre el que se creció biofilm de *Geobacter sulfurreducens*. Se caracteriza la biocelda híbrida mediante voltamperometría de barrido lineal y se obtiene la curva de potencia. Estos ensayos también se realizan para ánodos de FTO sin biofilm.

3. RESULTADOS

En las curvas de polarización y de potencia (figura 1) se observa que la presencia de la biopelícula de *G. sulfurreducens* aumenta la corriente hasta un orden de magnitud con respecto al electrodo sin biofilm. Las curvas de potencia son evidentemente diferentes, mientras la respuesta del FTO es simétrica, la

presencia de biofilm muestra un comportamiento propio del metabolismo de *G. sulfurreducens*.

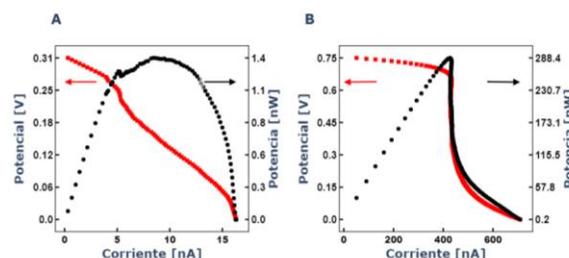


Figura 1. Curva de polarización y curva de potencia A) ánodo de FTO, B) ánodo FTO/GSWT.

4. CONCLUSIONES

La comparación entre las curvas de potencia de los sistemas Lac/FTO y Lac/GSWT demuestra que la contribución a la producción de corriente del sustrato de FTO es mínima, por los parámetros de caracterización eléctrica del sistema Lac/GSWT corresponden únicamente a la actividad metabólica de *G. sulfurreducens*. Las perspectivas del trabajo son evaluar el efecto de la concentración de acetato en la cámara anódica.

5. REFERENCIAS

- [1] P. Mani, V.T. Fidal, K. Bowman, M. Breheny, T.S. Chandra, T. Keshavarz, G. Kyazze, *Frontiers in Energy Research*, **7**, (2019).
- [2] G. Strack, H.R. Luckarift, S.R. Sizemore, R.K. Nichols, K.E. Farrington, P.K. Wu, P. Atanassov, J.C. Biffinger, G.R. Johnson, *Bioresource Technology*, **128** 222, (2013).
- [3] M.A. Mousavian, S. Hosseini, B. Ayati, *Water*, **15**, 101, (2023).

EMB-O09 Estudio espectroelectroquímico de la interacción entre el hidrógeno disuelto y la desorción reductiva de monocapas autoensambladas en superficies de platino

Presentación Oral

J. D. González Gallardo^{1*}, J. Casanova-Moreno¹, A. García Maya¹, A. García Vargas¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ).

E-mail: jgallardo@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las monocapas autoensambladas (SAM) en superficies metálicas han sido objeto de un amplio estudio en las últimas décadas. Estas monocapas se han investigado mediante técnicas electroquímicas, que involucran reacciones de oxidación para el depósito y reacciones de reducción para la desorción. Se ha demostrado la utilidad de combinar la electroquímica con la microscopía de fluorescencia para abordar este problema [1]. En este enfoque, se han formado monocapas con alquiltios modificados con moléculas fluorescentes. En nuestro grupo de investigación, se han desarrollado estudios relacionados con la desorción química de SAMs depositadas en superficies de Pt utilizando H₂ como agente reductor.

2. METODOLOGÍA

Se abordó el estudio de la desorción de una monocapa autoensamblada en una esfera de Pt mediante la polarización del electrodo, lograda al añadir H₂ a la solución. Para las mediciones mediante microscopía de fluorescencia, se utilizaron alquiltios modificados con el fluoróforo BODIPY. Se diseñaron varias configuraciones de una celda electroquímica de dos compartimentos, en las cuales se realizaron mediciones de corriente, OCP e intensidad de la fluorescencia. Se realizaron mediciones de la cobertura de la monocapa a distintos potenciales mediante la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS), para ello fue usada una configuración de una celda de tres electrodos.

3. RESULTADOS

Se logró obtener un diseño óptimo de la celda (figura 1), donde en uno de sus compartimentos se observó a través de un microscopio de fluorescencia invertido la fluorescencia emitida por las moléculas desorbidas, mientras en el otro se añadió H₂ localmente

producido para polarizar el electrodo de trabajo a través de un alambre de Pt. El aumento progresivo de la intensidad de fluorescencia observado se correlacionó con la desorción de la SAM en diferentes regiones de la esfera. A través de la EIS, se obtuvo el valor de la capacitancia de la esfera de platino. Con este dato, se calculó la cobertura del electrodo por la SAM. Se determinó la cobertura inicial total del electrodo, representada como el 100%, y se calculó posteriormente para distintos potenciales de desorción. Esto permitió establecer una curva que describe el comportamiento de la desorción para moléculas con cadenas alquílicas de distintas longitudes.

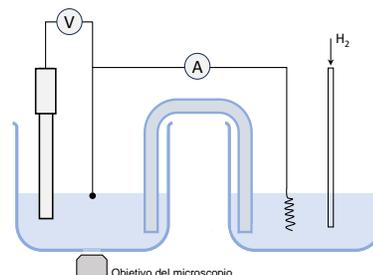


Figura 1. Diseño utilizado para el estudio de la desorción de la monocapa autoensamblada.

4. CONCLUSIONES

El uso de la microscopía de fluorescencia acoplada a técnicas electroquímicas ha resultado un método eficaz en el estudio de SAMs sobre superficies metálicas. El burbujeo de H₂ en la solución puede ser empleado como método alternativo en la desorción de monocapas sobre superficies en las cuales no pueda ser impuesto un potencial eléctrico.

5. REFERENCIAS

[1] J. R. Casanova-Moreno, D. Bizzotto, *Langmuir*, **29**, 2065, (2013).

EMB-O10 Acoplamiento de fluorescencia con electroquímica para el estudio en tiempo real de la desorción de monocapas autoensambladas de electrodos de platino

Presentación Oral

G. J. Martínez Blanco¹, J. R. Casanova Moreno^{1*}

¹ Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. (CIDETEQU)
Parque Tecnológico Querétaro s/n, Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México. C.P. 76703.
E-mail: jcasanova@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las monocapas auto ensambladas (SAMs) son una técnica popular para la modificación de superficies de electrodos. El sistema más común son alquiltios sobre oro. Una de las principales reacciones de estos sistemas es la desorción reductiva, que a potenciales catódicos remueve la monocapa liberando los alquiltiolatos. En electrodos de oro, esta reacción ha sido muy estudiada, sobre todo por técnicas electroquímicas. En platino, el estudio electroquímico de esta reacción se ve impedido por la reacción de evolución de hidrógeno (HER) que domina la respuesta faradámica a estos potenciales. Por ello, sólo 4 trabajos se han publicado estudiando esta reacción en Pt [1-4]. En este trabajo demostramos el uso de la fluorescencia acoplada a la electroquímica como una herramienta útil para caracterizar este sistema complejo reduciendo la interferencia de la HER.

2. METODOLOGÍA

Se fabricaron electrodos monocristalinos esféricos de Au y Pt derritiendo la punta de sus respectivos alambres. Se emplearon alquiltios modificados con el fluoróforo Bodipy para formar monocapas autoensambladas sobre ambos electrodos. La desorción reductiva se llevó a cabo con un barrido de potencial en una celda electroquímica transparente colocada encima de un microscopio de fluorescencia invertido. La intensidad de fluorescencia experimental se comparó con el resultado de simulaciones en Comsol.

3. RESULTADOS

Las gráficas de intensidad de fluorescencia vs tiempo para el Au muestran un aumento de fluorescencia al inicio de la desorción, seguido de una disminución debido a la difusión de las especies desorbidas. En Pt se observa un aumento similar, pero

la subsecuente caída es mucho más abrupta (Fig. 1). La comparación con la simulación revela que esta diferencia está causada por el movimiento advectivo causado por la diferencia de densidad de la solución al estar expuesta a la evolución de hidrógeno. Se compararon los potenciales de inicio de desorción entre los metales y diferentes orientaciones cristalográficas.

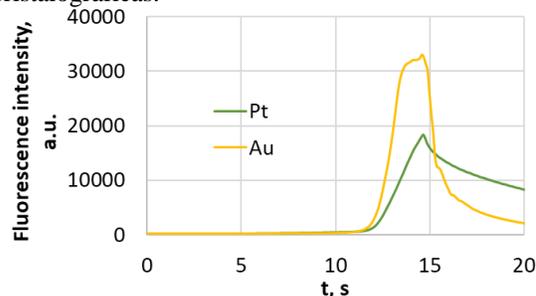


Figura 1. Curvas de desorción de SAMs monitoreando su fluorescencia durante el proceso.

4. CONCLUSIONES

Se demostró que la fluorescencia bajo control de potencial es menos afectada por la HER que las corrientes faradámicas, permitiendo el estudio de la desorción de SAMs de electrodos de Pt. Se caracterizó el efecto del H₂ producido en la señal de fluorescencia. Dada la irreversibilidad del sistema, se usó una variable que captura factores termodinámicos y cinéticos simultáneamente.

5. REFERENCIAS

- [1] Y.-C. Yang et al., *Langmuir*, **20**, 10030, (2004).
- [2] J. A. Williams et al., *J. Phys. Chem. C*, **111**, 12804, (2007).
- [3] M. A. Floridia Addato et al., *J. Phys. Chem. C*, **115**, 17788, (2011).
- [3] N. C. Ramos et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **15**, 14470, (2023).

EMB-O11 Desarrollo de hidrogeles a base de gelatina, alginato de sodio y NTCPM para aplicaciones médicas

Presentación **Póster**

M.G Carrera Ramírez ¹, C. A Martínez Pérez ¹, J.M Jaquez Muñoz ^{1*}

¹Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Del Charro, 32584, Ciudad Juárez, Chihuahua.

E-mail: martha.carrera@uacj.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los hidrogeles son estructuras 3D, que se componen principalmente de largas cadenas poliméricas, que forman espacios entre las cadenas poliméricas están llenos de moléculas de agua [1]. Al ser geles poliméricos hidrofílicos, tienen la capacidad de absorber una gran cantidad de agua, sin perder su forma, hasta alcanzar su máximo grado de hidratación. En estado seco, el gel es un material sólido y duro, pero cuando entra en contacto con una solución acuosa, esta se difunde hacia el interior y el gel se hincha hasta alcanzar un equilibrio fisicoquímico [2]. La bioimpresión 3D se trata de un proceso de impresión aditiva de células y biomateriales, para generar una estructura apta para la viabilidad celular, enfocada a solucionar diversos problemas como sustitución de órganos [3]. En la siguiente investigación se presentarán resultados de TGA, FTIR, MEB, Reología, DRX, pruebas de impedancia y pruebas de hinchamiento.

2. METODOLOGÍA

Se usó la impresora 3D Hyrel Hydra 16 A, la cual permitió imprimir las estructuras por extrusión a una temperatura ambiente. Para la formulación de las tintas, se usó como solvente el buffer PBS, solución salina tamponada con fosfato, la mezcla del alginato de sodio, gelatina y NTCPM se llevó a cabo en diferentes concentraciones, haciendo uso de agitación, utilizando el equipo vortex Genie 2, baño ultrasónico BRANSON. Se realizó un diseño de experimentos con un total de 7 muestras. Se utilizó un diseño con un patrón para corroborar que la tinta tuviera la viscosidad necesaria para ser imprimible, para posteriormente llevar las tintas a caracterizar con ayuda del reómetro (TA Instruments AR G2) y determinar curva de viscosidad y módulos de almacenamiento. Para observar características superficiales se empleó un análisis por MEB, con ayuda del equipo scanning electron microscope SU5000. Para el análisis de

propiedades fisicoquímicas y mecánicas, se emplearon caracterizaciones de apoyo con FTIR, TGA, DRX. Para FTIR se utilizó el equipo Thermo SCIENTIFIC NICOLET 6700. Para TGA se usó Perkin Elmer 6000STA, con una rampa de calentamiento desde los 0 °C a 800 °C, a 10 °C / min. Los DRX se recolectaron con PANalytical X'Pert equipado con un rayo de Cu K α .

3. RESULTADOS

El análisis reológico permite relacionar los módulos elástico (G') y módulo de pérdida (G'') en función de la velocidad de cizallamiento o tasa de corte. Para las 7 muestras se determinó un comportamiento pseudopolítico. Se destaca un comportamiento viscoelástico para la muestra 3, la que se indica como la mejor muestra para impresión 3D, así mismo fue la muestra con mayor porosidad y equilibrio en pruebas de hinchamiento. Lo que se relaciona con la cantidad de NTCPM que presentaba.

4. CONCLUSIONES

La estructura de NTCPM está protegida después de que los procesos de funcionalización se confirmaron a partir del análisis DRX. Dentro de las propiedades de conductividad, la impedancia indicó un comportamiento resistivo para la muestra blanca, mientras que la muestra tres se desgasta menos al tener NTCPM.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Chyzy and M. E. Plonska-Brzezinska, *Molecules*, vol. 25, no. 24, 2020.
- [2] A. Ramirez, J. L. Benítez, L. R. De Astudillo, and B. R. De Gáscue, "Rev. Latinoam. Metal. y Mater.", vol. 36, no. 2, pp. 108–130, 2016.
- [3] S. E. Moulton and G. G. Wallace, "J. Control. Release", vol. 193, pp. 27–34, 2014.

EMB-O12 Estudio electroquímico, espectro-electroquímico y teórico de la estabilidad de especies electro-generadas de compuestos de coordinación con ligantes diiminicos

Presentación Oral

G. Rocha Ortiz¹, J. P. F. Rebolledo Chávez², L. A. Ortiz Frade^{1*}

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

²División de Química y Energías Renovables, Universidad Tecnológica de San Juan del Río, 76800 San Juan del Río, México.

E-mail: grocha@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los compuestos de coordinación diiminicos pueden favorecer una reacción homogénea de transferencia de electrón en presencia de dióxido de carbono (CO₂), cuya reacción redox se localiza sobre el centro metálico y/o sobre el ligante, modificando su estructura molecular. Dicho fenómeno tiene aplicaciones en áreas tecnológicas tales como el desarrollo de celdas de combustible y en la transformación de contaminantes a productos de alto valor[1,2]. Por ello, el siguiente trabajo pretende realizar un estudio molecular que analice los factores que afectan la estabilidad y labilidad de las especies electro-generadas por reducción en complejos diiminicos para ser empleados en la reducción de dióxido de carbono.

2. METODOLOGÍA

Soluciones de complejos diiminicos tipo [M(L-L)₃](BF₄)₂ en presencia y en ausencia de dióxido de carbono son preparadas para ser estudiadas por voltamperometría cíclica. Una vez caracterizado el potencial, se calcula la constante de velocidad acoplada y se realizan estudios de espectro-electroquímica.

3. RESULTADOS

Después de determinar por voltamperometría cíclica el proceso de transferencia homogénea de electrón de CO₂ empleando como mediador el complejo Ni(1-10 fenantrolina)₃BF₄, se realiza una electrólisis mientras que se mide el espectro UV-vis de la especie durante ese tiempo (figura 1). El espectro muestra como a una determinada longitud de onda, propia de los ligantes diiminicos, en presencia de CO₂, la absorbancia va disminuyendo, lo que implica un cambio conformacional del complejo.

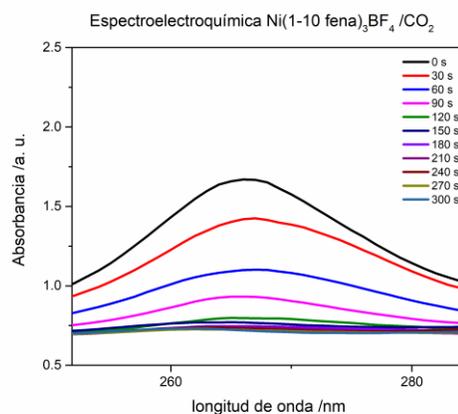


Figura 1. Experimento espectroelectroquímico de Ni(1-10 fenantrolina)₃BF₄ en presencia de CO₂.

4. CONCLUSIONES

La estabilidad y la labilidad de los complejos de coordinación de compuestos diiminicos que favorecen la transferencia homogénea de electrón entre el dióxido de carbono y el complejo metálico es identificado a través de espectro-electroquímica.

5. REFERENCIAS

- [1] A. B. P. Lever, *Inorganic Chemistry*, **29**, 1271, (1990)
- [2] J. M. Savéant. *Chemical Review*. **108**, 2348, (2008)

EMB-P01 Ensayo DREAM en microorganismos de agua residual industrial

Presentación Póster

I A Ortiz Mora¹, P Balderas Hernández^{1*}, G Roa Morales¹, E Campos Medina²

¹CCIQS UAEM-UNAM, Facultad de Química UAEMéx. Carretera Toluca-Atlacomulco Km 14.5, Toluca, Estado de México, 50200. Tel. (722) 2766610.

²Facultad de Planeación Urbana y Regional.UAEMéx. Calle Mariano Matamoros casi esquina Paseo Tollocan s/n, Colonia Universidad, Toluca, Estado de México, 50130. Tel. (722) 2194613
E-mail:pbalderash@uaemex.mx

1. INTRODUCCIÓN

El agua residual de origen industrial contiene contaminantes y subproductos derivados como sustancias químicas tóxicas o no tóxicas y materia orgánica, entre otros; los cuales provocan que el agua sea inadecuada para su uso o liberación al ambiente [1]. En el agua residual industrial, pueden crecer microorganismos capaces de donar o aceptar electrones, llamados exoelectrógenos; al implementarse en tecnologías como celdas de combustible microbiano, estas especies permiten tratar agua residual y producir energía a partir de desechos [2]; pues digieren entidades orgánicas o inorgánicas solubles en el agua y generan productos metabólicos como alcoholes, metano o hidrógeno [3]. Es posible medir la actividad de transferencia de electrones que realizan los microorganismos electroactivos a través del ensayo de Monitoreo de Actividad de Transferencia de Electrones basado en Reducción de Colorantes (DREAM, en inglés) ocupando azul de metileno como agente redox [4], como se presenta en esta propuesta de investigación.

2. METODOLOGÍA

Se tomaron alícuotas de agua residual industrial, proveniente de una Industria Chocolatera, agregando azul de metileno en distintas concentraciones; posteriormente se sellaron con Parafilm y se dejaron en incubación. Las alícuotas se monitorearon durante distintos periodos de tiempo, dependiendo la concentración de azul de metileno, midiendo su absorbancia a 660 nm. Se repitió el procedimiento a partir de la biopelícula formada en el ánodo de una celda de combustible microbiano. Para finalizar se obtuvieron los coeficientes DREAM de todas las alícuotas analizadas.

3. RESULTADOS

Se comprueba que el agua residual industrial

contiene microorganismos exoelectrógenos, visible ya que todas las alícuotas analizadas demostraron la degradación del azul de metileno, visible a 660 nm. La Tabla 1 muestra los resultados del Ensayo DREAM para muestra directa de agua residual industrial, donde la concentración utilizada de azul de metileno fue de 0.4058ppm y el cual fue degradado en un periodo de 72 h. El coeficiente DREAM señala que las bacterias transfieren electrones correctamente en atmósfera anaerobia, por lo que se confirma la presencia de bacterias exoelectrógenas en la muestra.

Tabla 1. Ensayo DREAM de toma directa de agua residual industrial.

DREAM	A (660nm)		Coeficiente DREAM total
	Inicial	Final	
Día 1	1.6695	1.6056	0.7283
Día 3	0.9591	0.9412	

4. CONCLUSIONES

El ensayo DREAM es una estrategia útil para medir la actividad de microorganismos exoelectrógenos presentes en agua residual industrial, los resultados dependen directamente de los microorganismos presentes y la concentración de azul de metileno utilizada.

5. REFERENCIAS

- [1] S.Djordjievski, H.Yemendzhiev, R.Koleva, V.Nenov, D.Medić, V.Trifunovic, & A.Z. Maksimović, *Journal of the Serbian Chemical Society*, **87(6)**, 775, (2022).
- [2] Y.Zhang, M.Liu, M.Zhou, H.Yang, L.Liang & T.Gu, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, **103**, 13, (2019).
- [3] N.G.Yasri, E.B.Roberts & S.Gunasekaran, *Energy Reports*, **5**, 1116, (2019).
- [4] K.S. Aiyer & B. Vijayakumar, *International Journal of Energy Research*, **45(4)**, 5318, (2020).

EMB-P02 Caracterización de electrodos químicamente modificados con albúmina serica humana mediante espectroscopía de impedancia electroquímica

Presentación Póster

W. L. Silva Lujan¹, A. Marín Medina¹, E. Carrillo Nava^{1*}

¹Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

E-mail: wendy.lujan@comunidad.unam.mx

1. INTRODUCCIÓN

La funcionalización de electrodos surge de la necesidad de cambiar la naturaleza de su superficie para obtener una nueva herramienta. Por ejemplo, es posible usar proteínas que forman películas delgadas sobre la superficie de los electrodos y la modifican, de esta forma se ha reportado la inmovilización de diferentes biomoléculas para el diseño de nuevos dispositivos como biosensores [1,2].

La interfase proteína/superficie se ha investigado recientemente utilizando técnicas electroquímicas, como la voltamperometría cíclica y la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Estas son herramientas que permiten analizar y describir las propiedades de los procesos que ocurren en la superficie del conductor y la doble capa eléctrica [3].

En este trabajo se describe sobre la modificación de electrodos de carbón vítreo con seroalbúmina humana (ASH) mediante la adsorción del biopolímero sobre la superficie, y su caracterización mediante EIS.

2. METODOLOGÍA

Se modificaron electrodos de carbón vítreo mediante la adsorción de ASH a diferentes concentraciones (0.0001, 0.01, 1, 10 y 100 $\mu\text{mol L}^{-1}$) y se caracterizó la superficie modificada con experimentos de EIS variando la frecuencia desde 100 kHz hasta 0.01 Hz utilizando como sonda electroquímica ferricianuro de potasio.

3. RESULTADOS

La influencia de la concentración sobre la resistencia a la transferencia de carga (R_{tc}) revela que conforme se aumenta la concentración de ASH inmovilizada en el electrodo aumenta la R_{tc} llegando a un punto máximo donde se mantiene constante (Fig. 1). Por otra parte, comparando con el electrodo sin modificar, la resistencia de la disolución (R_{dis}) no se ve afectada en presencia del biopolímero. Para 1 $\mu\text{mol L}^{-1}$, la R_{tc} aumentó más de cuatro veces, esto refleja que con una mayor cantidad de ASH la transferencia de electrones se vio disminuida (Tabla 1).

Finalmente se calculó el porcentaje de desviación del ángulo en la zona de impedancia de Warburg: 1) Para 0.01 $\mu\text{mol L}^{-1}$ en un 8% y 2) para 1 $\mu\text{mol L}^{-1}$ casi un 20%, indicando la dificultad de las especies para difundir a concentraciones altas de ASH adsorbidas sobre el carbón vítreo.

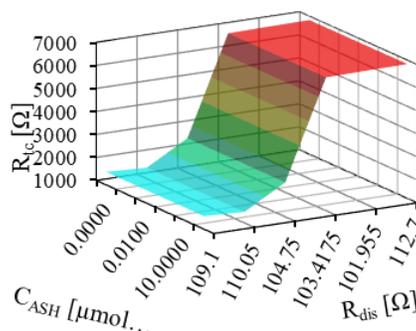


Figura 1. Gráfico que muestra la respuesta de R_{tc} en función de la concentración de ASH (C_{ASH}) y R_{dis} .

Tabla 1. Valores para el circuito de Randles obtenidos para electrodos modificados con ASH.

Concentración de ASH [$\mu\text{mol L}^{-1}$]	R_{dis} [Ω]	R_{tc} [Ω]	%
0	107.1 \pm 2.740	1.56 \pm 0.225	4.89
0.01	104.8 \pm 1.561	2.50 \pm 0.017	8.33
1	103.4 \pm 5.247	6.79 \pm 0.344	19.4

4. CONCLUSIONES

Se logró caracterizar la superficie de electrodos de carbón vítreo modificados con ASH en función de la concentración a través de EIS. La presencia del biopolímero no interviene en la R_{dis} , mientras que para R_{tc} hay una dependencia con la concentración de ASH inmovilizada en el electrodo.

5. REFERENCIAS

- [1] H. Heli, N. Jabbari, A. Hakimelahi, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **610**,67, (2007).
- [2] R.W. Murray, A.G. Ewling, R.A. Durst, *Analytical Chemistry*, **59**, 379A, (1987).
- [3] T. Pajkossy, G. Meszaros, *Journal of Solid State Electrochemistry*, **24**, 2883, (2020).

EMB-P03 Modulación de la rugosidad y permeabilidad de películas conteniendo núcleos aromáticos covalentemente anclados. Descripción mecánica de la permeabilidad usando sondas redox reducibles y oxidables

Presentación Póster

J. A. Soria-Miratalla¹, F. J. Gonzales-Bravo^{1*}

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

E-mail: fgonzale@cinvestav.mx

1. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda constante de mejorar las propiedades de superficies modificadas por *electrografting*, la oxidación de carboxilatos se destaca como un método prometedor y versátil [1]. Este proceso electroquímico permite la unión de radicales orgánicos a sustratos conductores, creando interfaces funcionales que modifican propiedades superficiales clave [1-2]. Mediante la aplicación controlada de potenciales eléctricos, se logra la formación de películas orgánicas, lo que abre oportunidades significativas en campos como sensores, biosensores, superficies antibacterianas, y como materiales catódicos y anódicos en baterías orgánicas, entre otras [3-4]. En este contexto, el objetivo principal de este estudio es investigar la modificación de superficies de carbón vítreo mediante la oxidación de carboxilatos aromáticos y analizar la permeabilidad de los electrodos modificados frente a sondas redox.

2. METODOLOGÍA

Se llevó a cabo el *electrografting* de Antraceno por oxidación Antraceno-9-Carboxilato sobre un electrodo de carbón vítreo (GC). La modificación del electrodo se realizó mediante voltamperometría cíclica, aplicando varios ciclos en un rango de potencial desde el potencial de circuito abierto (OCP) hasta 1.1 V vs. SCE, a una velocidad de barrido de 0.1 Vs⁻¹. Las sondas redox utilizadas fueron la duroquinona (DQ) y ferroceno (Fc), registrando las respuestas voltamperométricas en soluciones de acetonitrilo con 0.1 M de *n*-Bu₄NPF₆ como electrolito soporte.

3. RESULTADOS

Se muestra en la Figura 1 el proceso de modificación de la superficie de GC mediante la oxidación directa de Antraceno-9-Carboxilato, con un

primer pico de oxidación a 0.87 V vs SCE.

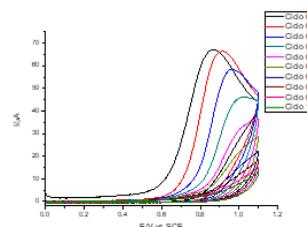


Fig 1. Voltamperometría cíclica de Antraceno-9-Carboxilato 4mM en acetonitrilo + 0.1M *n*-Bu₄NPF₆, sobre un electrodo de carbón vítreo de 3 mm de diámetro, a 0.1 Vs⁻¹.

También se observó un comportamiento voltamperométrico distinto entre sondas redox en electrodos modificados y pulidos. El Fc en los electrodos modificados exhibió una oxidación químicamente irreversible, manifestando un fenómeno de rectificación de corriente.

4. CONCLUSIONES

La modificación del electrodo afecta el comportamiento de las sondas redox, sugiriendo cambios estructurales o de superficie que alteran su respuesta electroquímica, destacando así el impacto significativo de estas modificaciones en las propiedades electroquímicas del material estudiado.

5. REFERENCIAS

- [1] D. Bélanger & J. Pinson, *Chemical Society Reviews*, **40**, 3995, (2011).
- [2] D. Morales-Martínez & F. J. Gonzalez-Bravo, *Electrochimica Acta*, **425**, 140693, (2022).
- [3] H. Randriamahazaka, J. Ghilane, *Electroanalysis*, **28**, 13, (2015).
- [4] M. Skorupa et al., *Electrochimica Acta*, **492**, 144354, (2024).

EMB-P04 Reducción Electroquímica de Oxígeno mediada con complejos de Cu(II) con ligantes amino-alifáticos

Presentación Póster

O. Monsalvo Zñiga¹, A. Mendoza², L. A. Ortiz Frade¹

¹Departamento de Electroquímica, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C. Parque Tecnológico Querétaro, San Fandila, Pedro Escobedo, C. P. 76703, Querétaro, México.

²Centro de Química, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad Universitaria, Col. San Manuel, 72570 Puebla, México

E-mail: lortiz@cideteq.mx

1. INTRODUCCIÓN

La Reacción de Reducción de Oxígeno (RRO) puede llevarse a cabo por medio de dos rutas: reducción directa por $4 e^-$ de $O_2 \rightarrow H_2O$ y por la reducción de $2 e^-$ de $O_2 \rightarrow H_2O_2$ [1]. Para catalizar esta reacción, se suele utilizar platino (Pt), pero su elevado costo, aunado a una cinética lenta y lo complicado de mantener reacciones controladas, dificulta su implementación en la fabricación de celdas combustible [1]. Por lo que diversas investigaciones han buscado el desarrollo de catalizadores alternativos. El sitio activo de la enzima lacasa ha servido como inspiración para el desarrollo de catalizadores de O_2 a partir de complejos de Cu(II) [2], sin embargo, el estrecho rango de pH en el que puede trabajar, además de la poca estabilidad estructural que tendría en los ambientes que suelen trabajar las celdas combustibles; es que se han comenzado a trabajar en sintetizar materiales que puedan imitar la actividad catalítica de la lacasa [3] sin los inconvenientes antes mencionados.

El uso de ligantes amino-alifáticos bidentados simples como la dimetiletildiamina (dmen) para la formación de complejos mononucleares de Cu(II) de bajo costo y fáciles de preparar no se explorado por complejo, además de que se han relegado por ligantes más complejos, por lo que este trabajo busca sintetizar una familia de complejos mononucleares de Cu(II), empleando el ligante dmen para estudiar su capacidad de catalizar la reacción de reducción de O_2

2. METODOLOGÍA

Se sintetizó una familia de complejos mononucleares de Cu(II) a partir del ligante (dmen) con distintas sales de Cu(II).

Los complejos Cubis(dmen)'s fueron caracterizados espectroscópicamente y rayos X de monocristal. Además de estudiar electroquímicamente su capacidad de catalizar la RRO.

3. RESULTADOS

En $KNO_3(aq)$ 0.1 M usado como electrolito, todos los complejos mostraron la misma banda de $\lambda_{m\acute{a}x}$: 575 nm, así como una respuesta electroquímica muy similar, con una onda de reducción con $E_{pc(1e)}$: -0.391 V, y dos de oxidación $E_{pa(1a)}$: -0.3 V y $E_{pa(2a)}$: 0.145 V. Todos los complejos presentaron la capacidad de catalizar la RRO (Figura 1), y se determinó su TOF por medio del método Foot of the Wave Analysis (FOWA) para la reducción por $2 e^-$'s

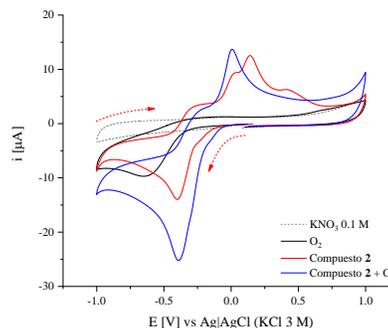


Figura 1.- Voltamperometría cíclica complejo $[Cu(dmen)_2(NO_3)] 1 \times 10^{-3}$ M sentido catódico; v : 0.1 Vs^{-1} , electrolito: $KNO_3(aq)$ 0.1 M, E_w : carbón vitreo

4. CONCLUSIONES

De la familia de complejos Cubis(dmen)'s sintetizados, el complejo $[Cu(dmen)_2(Cl)]$ demostró tener la mejor capacidad catalítica de O_2 que el resto, con un TOF= $3.8 \times 10^4 s^{-1}$.

5. REFERENCIAS

- [1] B. Wan, *Journal of Power Sources*, **152**,1, 2005.
- [2] N. Mano, et. all. *The Journal of Physical Chemistry*, **110** (23), 11180, 2006.
- [3]M. A. Thorseth, et. all. *Coordination Chemistry Review*, **257** (1), 130, 2013.

EMB-V01 Reducción electroquímica de enlaces pirrólicos $C_{\beta}=C_{\beta}$ de la *meso*-tetrafenilporfirina diprotonada en medio de benzonitrilo y $HClO_4$

Presentación Virtual

H. M. Castro Cruz¹, N. A. Macías Ruvalcaba¹

¹Facultad de Química, Departamento de Físicoquímica, UNAM.

E-mail: mmaciasr@gmail.com.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las porfirinas son macrociclos tetrapirrólicos que poseen una vía de conjugación de 18 electrones π , donde dos de los enlaces pirrólicos $C_{\beta}=C_{\beta}$ quedan fuera de la vía de conjugación, Fig. 1a [1]. El macrociclo porfirínico es susceptible a procesos de reducción que generan diferentes tipos de compuestos, como florinas o clorinas, con propiedades fotofísicas y redox que los hace atractivos para múltiples aplicaciones [2]. Debido a que se puede generar uno u otro compuesto, es importante entender el mecanismo por el cual se lleva a cabo el proceso de reducción del macrociclo.

En este trabajo se realizó un minucioso estudio mecanístico del proceso de reducción electroquímica de la *meso*-tetrafenilporfirina diprotonada H_4TPP^{2+} en medio de benzonitrilo/ Bu_4NClO_4 , con cantidades crecientes de $HClO_4$. Por medio de técnicas electroquímicas, así como espectroscopia de absorción UV-Vis y espectroscopia RMN-¹H, se detectaron y caracterizaron las especies electroreducidas electrogeneradas, lo que permitió proponer un esquema de electroreducción completo para la tetrafenilporfirina.

2. METODOLOGÍA

El medio electrolítico de trabajo fue Bu_4NClO_4 0.1 M en PhCN. La H_4TPP^{2+} se preparó mediante la adición de 2 equiv. de $HClO_4$ a H_2TPP . Los experimentos de voltamperometría cíclica (VC) y coulombimetría a potencial controlado (CPC) se realizaron en celdas electroquímicas con arreglo de tres electrodos. Las especies contenidas en la disolución de trabajo se monitorearon por medio de espectroscopia de absorción UV-vis y VC antes y después de la electroreducción exhaustiva.

3. RESULTADOS

La adición de cantidades crecientes de $HClO_4$ a disoluciones de H_4TPP^{2+} en benzonitrilo provoca el traslape e incremento en corriente de los procesos de

reducción Ic/Ia and IIc/IIa (Fig. 1b). Para explicar este comportamiento, se realizó un estudio mecanístico sistemático del proceso de electroreducción de H_4TPP^{2+} . Los resultados indican que la reducción ocurre vía una secuencia de pasos de reducción y protonación para formar especies 2, 4 y 6 e^- 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_4TPP^{2+} de partida.

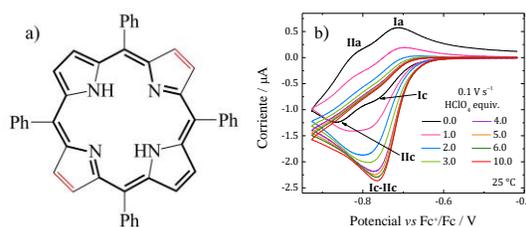


Fig. 1. a) Estructura de la *meso*-tetrafenilporfirina, señalando en negritas la vía de conjugación de 18 $e^- \pi$ y en rojo los enlaces $C_{\beta}=C_{\beta}$ que no están en la vía de conjugación. b) VC de H_4TPP^{2+} 0.75 mM en Bu_4NClO_4 0.1 M / PhCN (línea negra), con la adición de 1.0 a 10.0 equiv. de $HClO_4$ ($E_{\lambda} = -0.93$ V).

4. CONCLUSIONES

La reducción total de la H_4TPP^{2+} involucra la adición de hasta 6 electrones al macrociclo. El grado de reducción de 2, 4 o 6 e^- , puede controlarse a través de un estricto ajuste de la cantidad de ácido.

Este estudio proporciona el primer ejemplo de la reducción electroquímica de los enlaces pirrólicos $C_{\beta}=C_{\beta}$ de un macrociclo porfirínico.

5. REFERENCIAS

- [1] H. M. Castro-Cruz, L. R. Arias-Aranda, N. Farfán, E. Xochitiotzi-Flores, and N. A. Macías-Ruvalcaba, *J. Electrochem. Soc.*, **167**, (2020).
- [2] H. M. Castro-Cruz and N. A. Macías-Ruvalcaba, *J. Electroanal. Chem.*, **961**, (2024).



Ingeniería Electroquímica y Aplicaciones Tecnológicas (IE)



IE-O01 Explorando la influencia sinérgica del pH, temperatura y efectos combinados en la degradación de membranas de intercambio aniónico MA3475, a cortos periodos de evaluación

Presentación Oral

R. Rojas Barragán¹, O. Castillo Araiza¹, G. Ramos Sánchez^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana, Av. San Rafael Atlixco No. 186, C.P. 09310, Ciudad de México.
Departamento de Ingeniería Hidráulica.
E-mail: roro0929@xanum.uam.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las membranas de intercambio aniónico (AEM) han sido utilizadas de forma exitosa y de forma generalizada para la desalinización de agua de mar y agua salobre [1], así como para efluentes de aguas industriales. Sin embargo, las malas condiciones de operación en sistemas como electrodiálisis (ED), electrodiálisis inversa (RED), etc., han provocado la baja eficiencia de estos sistemas. En este trabajo se estudiaron dos protocolos de degradación inducida que ocurren en la interfaz electrolito/membrana [2]. Se analizó un grupo de AEM MA3475 y se evaluaron las propiedades interfaciales a partir de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) en el diagrama de Bode.

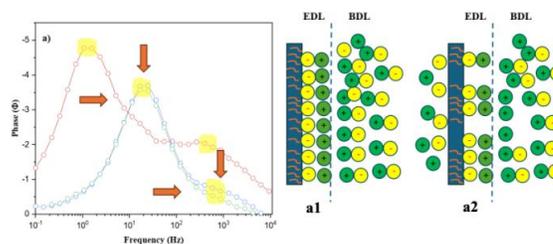
2. METODOLOGÍA

Las propiedades interfaciales (R_m , CPE-Q, $N R_{edl}$, C_{eff} , R_{bdl}) fueron evaluadas en un sistema de 4 electrodos (ET, CE, ER, ES), utilizando el diagrama de Bode (frecuencia. vs ángulo de fase).

3. RESULTADOS

La Figura 1, muestra dos constantes de tiempo (τ) situadas en altas y bajas frecuencias ambas relacionadas a la doble capa eléctrica (EDL) y a la capa límite de difusión (BDL) respectivamente para la muestra inicial (blanco). Además, es posible observar cambios en los procesos relacionados a EDL y BDL debido a los protocolos de degradación inducida a la muestra MA3475 a partir de la primera hora de degradación. Los resultados pueden ser valiosos para aumentar la eficiencia de las condiciones de operación para sistemas que contienen IEMs.

Figura 1. Diagrama de Bode (frecuencia vs ángulo de fase) para la membrana anionica Ma3475 en la celda (Ti-Ru/0.2M NaCl/Ma3475/0.2 M NaCl/Ti-Ru) 1 hora.



4. CONCLUSIONES

Los cambios observados en el diagrama Bode, proporcionan un entendimiento global de los procesos de transporte de carga y masa debido a los gradientes de concentración y selectividad que se observan en sistemas de IEMs. Este entendimiento ayudará a un mejor diseño y manejo en sistemas como ED, RED, etc.

5. REFERENCIAS

- [1] V.A. Shapohnik, K. Kerose, *J. Membrane Sci.*, p. 136, 35-39 (1997)
- [2] J. Hwan, S. Hyeon, *Journal of Colloid and interface science*, 265, 93-100 (2003)

IE-O02 Simulación y validación de la distribución de corrientes secundarias en una celda de dos y tres compartimentos para la recuperación de Mn⁰

Presentación Oral

E. M Rodríguez Viguera¹, V. E. Reyes Cruz^{1*}, J. A. Cobos Murcia¹, F. C. Pérez Olvera¹, A. Trujillo Estrada², M Ramírez Vargas¹, y J. C. Juárez Tapia¹

¹ Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

² 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: ro484941@uah.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de Mn ha impulsado la búsqueda de alternativas como la electrorecuperación de este. Los estudios de simulación de celdas electroquímicas pueden establecer condiciones para el escalamiento del depósito de Mn y ahorro tiempo y reactivos. Es por ello que en este trabajo se realiza la simulación de corrientes secundarias en una celda de 2 y 3 compartimentos a corriente controlada y se contrasta con el electrodeposición experimental a esta misma corriente controlada.

2. METODOLOGÍA

Para asegurar que los iones de Mn²⁺ se depositen únicamente en el cátodo en forma de Mn⁰. Se utilizó una celda de compartimentos separados por una membrana. En la figura 1 se muestra la celda utilizada para la electrorecuperación del manganeso.

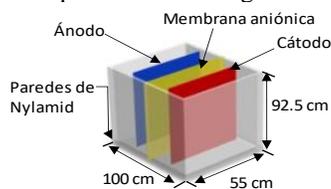


Figura 1 - Celda de compartimentos separados.

La simulación de la distribución de corriente eléctrica primaria y secundaria se llevó a cabo teniendo en cuenta los datos presentados en la Tabla 1.

Tabla 1 – Parámetros de simulación.

Conductividad del anolito [Sm ⁻¹]	203
Conductividad del catolito [Sm ⁻¹]	125.7
Conductividad de la membrana [Sm ⁻¹]	0.0363
Densidad de corriente de limitante [Am ⁻²]	-300

3. RESULTADOS

Las superficies de los ánodos dirigidas a las paredes aislantes exhiben una densidad de corriente del

electrolito de aproximadamente -50 Am⁻² para ambas celdas. Mientras que las superficies de los cátodos se orientado a los nodos exhiben una densidad de corriente de -100 Am⁻² y -300 Am⁻² (Figura 2a y 2b) respectivamente. Lo cual indica que al estar acompañado el cátodo por 2 ánodos hay una mayor masa transformada de Mn⁰.

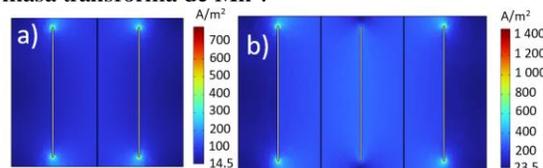


Figura 2 – Distribución de la densidad de corriente en el electrolito a) dos compartimentos b) tres compartimentos.

Los electrodepositos de Mn de la configuración de 2 y 3 compartimentos presentaron una masa de 0.9254 g de Mn⁰ y 1.6563 g respectivamente (figura 3). Lo que valida los resultados de la simulación de este proceso de este trabajo.

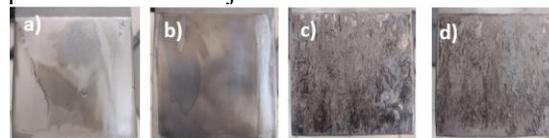


Figure 3 – Cátodos, a) y b) celda de 2 compartimentos paralelo orientación izquierda y derecha, c) y d) 3 compartimentos superficies paralelas a ánodo izquierdo y derecho respectivamente

4. CONCLUSIONES

La simulación predice un mayor depósito de Mn⁰ al tener 2 contraelectrodos. Los resultados experimentales validan este comportamiento al presentar un depósito más homogéneo y mayor masa de Mn respecto a la celda de 2 compartimentos.

5. REFERENCIAS

[1] A. Giaccherini, S. Caporali, E. Berretti, P. Marcantelli, I. Sanzari, I. Perissi y M. Innocenti., ECS Transactions, 64(35), (2015).

IE-O03 Efecto de la Preparación Superficial de los Recubrimiento de Platino sobre Cobre

Presentación Oral

G. A. Maldonado Bautista¹, V. E Reyes Cruz*¹, A. Trujillo Estrada², J. A. Cobos Murcia¹, G. Urbano Reyes¹, M. Pérez Labra¹, Q. L. Reyes Morales³, F.C. Pérez Olvera¹.

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

²Consejo Nacional de Humanidades 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

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C., Cam. a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Secc, San Luis Potosí, CP: 78216

1. INTRODUCCIÓN

El platino es crucial en procesos electroquímicos, pero los electrodos de platino puro son costosos. Una alternativa es recubrir cobre con platino, creando electrodos más económicos y eficientes. Este estudio compara dos tratamientos del cobre, mecánico y electropulido, para mejorar el rendimiento de los electrodos de platino sobre cobre. Los resultados proporcionan información valiosa para futuras aplicaciones en celdas de combustible, electrocatalizadores y sensores.

2. METODOLOGÍA

Se trataron electrodos de cobre de (1cm²) mediante dos métodos: pulido con lijas de Sic y electropulido. Se uso un arreglo de tres electrodos: ánodo de RuO₂-DSA, cátodo de cobre y un electrodo de referencia de calomel. Se aplicaron potenciales de -0.320 mV para el pulido mecánico y -0.310 mV para el electropulido, en una solución de Pt a 1000 ppm en HCL al 10%.

3. RESULTADOS

La figura 1 nos indica más transformación de masa para el tratamiento superficial mecánico con respecto a el tratamiento de electropulido al tener mayor densidad de corriente (-0.361Acm⁻²), lo cual se valida con los estudios cronoamperometricos. Los difractogramas de rayos x muestran una estructura cristalina definida de Pt sin presencia de alguna señal de Cu.

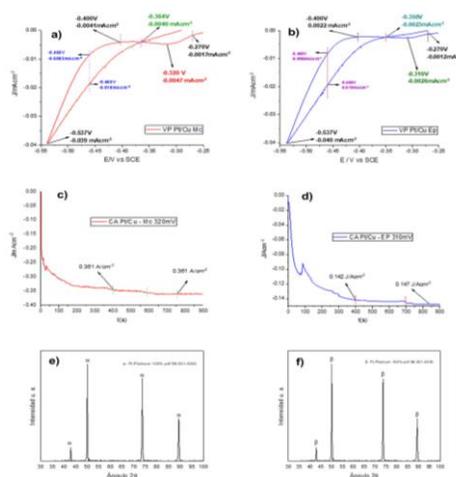


Figura 1. a) y b) Voltamperometrías Pt/Cu, c) y d) Cronopotenciometrías Pt/Cu, e) y f) Difractograma de Rayos x para Pt/Cu.

4. CONCLUSIONES

El tratamiento superficial de Cu influye en el depósito de platino. Se obtuvo más Pt en la superficie tratada mecánicamente de 0.015g con respecto al electropulido con 0.0007g. Los difractogramas confirmaron la presencia de Pt en ambas superficies.

5. REFERENCIAS

Arvía, J. A., Salvarezza, R. C., Triaca, W. E. (2004). Noble Metal Surfaces and Electrocatalysis. Review and Perspectives. J. New. Mat. Electrochem. Systems, 7, 133-143.

IE-O04 Recuperación simultánea de iones metálicos a partir de lixiviados de desechos electrónicos. Implementación experimental en un reactor electroquímico con RCE y modelado mediante CFD

Presentación Oral

J. A. Barragán¹, E. R. Larios Durán², E. P. Rivero¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, FES Cuautitlán, Departamento de Ingeniería y Tecnología. Av. Primero de Mayo, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 54740, México.

²Universidad de Guadalajara, Departamento de Ingeniería Química, CUCEI, Blvd. M. García Barragán #1451, C.P. 44430, Guadalajara, Jalisco, México.

E-mail: barraganlo@outlook.com

1. INTRODUCCIÓN

Los desechos electrónicos son el residuo sólido urbano con mayor tasa de crecimiento a nivel mundial[1]. Por su composición en metales, se han propuesto varias rutas para su recuperación. Una de las principales es por vía hidrometalúrgica y posterior electrorecuperación. Sin embargo, las metodologías electroquímicas actuales de recuperación de iones metálicos sólo centran el interés en las reacciones catódicas, y se desprecian las reacciones anódicas por no generar productos de interés comercial[2].

En este trabajo se presenta la recuperación catódica de cobre y plata, con la simultánea electrodeposición de iones de plomo, Pb(II), anódicamente como PbO₂ en un reactor electroquímico con RCE. También, se presenta el modelado del proceso mediante CFD y se corroboran las simulaciones con los datos experimentales.

2. METODOLOGÍA

Se implementó el proceso simultáneo de recuperación de iones metálicos en un reactor electroquímico RCE en operación en continuo. Se midieron las concentraciones de iones metálicos a la entrada y salida de reactor. El proceso se simuló mediante CFD y se comparó con los datos experimentales.

3. RESULTADO

La figura 1 muestra las concentraciones experimentales de Cu (II) a la salida del reactor vs. la concentración predicha por el modelo de CFD.

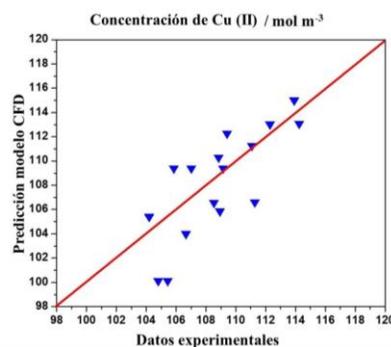


Figura 1. Concentraciones de Cu(II) a la salida del reactor. Datos experimentales vs. predichos por el modelo de CFD

4. CONCLUSIONES

Es posible recuperar iones de cobre y plata catódicamente con la simultánea recuperación anódica de iones de plomo para formar PbO₂ a partir de lixiviados de desechos electrónicos. El modelo propuesto se ajusta adecuadamente a los datos experimentales

5. REFERENCIAS

- [1] B. Tansel, From electronic consumer products to e-wastes: Global outlook, waste quantities, recycling challenges, *Environ Int* 98 (2017) 35–45. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.10.002>.
- [2] A. Cortés-Contreras, E.R. Larios-Durán, R. Antaño-López, E.P. Rivero, J.A. Barragan, Simultaneous cathodic and anodic electrodeposition of metal ions from e-waste, *Electrochim Acta* 464 (2023) 142926. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.142926>.

IE-O05 Modelado de la corrosión durante la disolución de depósitos calcáreos en tuberías incrustadas mediante soluciones ácidas

Presentación Oral

M. A. Peregrina Loza¹, B. E. Nogales Campos², A. G. González Gutiérrez², N. Casillas Santana²

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, CUCEI, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México.

²Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México.

E-mail: mauricio.peregrina7836@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los depósitos calcáreos de carbonato de calcio (CaCO_3) en tuberías, son un problema grave y costoso. Una estrategia para removerlos implica el uso de desincrustantes a base de ácidos minerales. Sin embargo, durante la remoción, estos pueden provocar problemas de corrosión en el metal subyacente [1]. En este trabajo se investigan los factores que afectan la remoción de depósitos calcáreos en tuberías en un medio ácido, empleando el paquete computacional COMSOL Multiphysics, lo que permite lograr un mayor entendimiento del sistema

2. METODOLOGÍA

El modelo matemático de la distribución de corriente y potencial toma en cuenta la mecánica de fluidos en régimen turbulento, el transporte de masa, la reacción heterogénea de disolución de la incrustación y las reacciones electroquímicas en el metal. El modelo se plantea y resuelve con el paquete computacional COMSOL Multiphysics 6.2, empleando una geometría en dos dimensiones con simetría en el centro de la tubería. Se hace uso de una geometría deformable que permite dar seguimiento a la interfaz entre el depósito y la solución, utilizando una malla geométrica triangular libre, junto con una malla de capas de contorno. El estudio presentado es en estado no estacionario.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la distribución de corriente y potencial en tres secciones de la tubería (al inicio, en el centro y al final). Estos resultados, corresponden a un tiempo en el cual la remoción de los depósitos calcáreos es parcial y la tubería se encuentra expuesta al fluido. Se observan las líneas de corriente que parten de áreas donde la concentración de iones hidrógeno es elevada y se tiene una mayor reducción

en la superficie del metal, hasta alcanzar el final de la tubería donde se presenta el agotamiento de los iones hidrógeno.

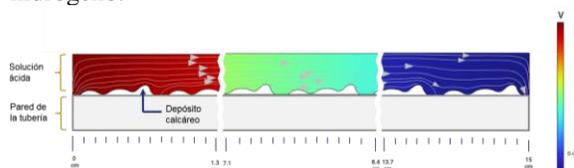


Figura 1. Distribución de corriente y potencial en tres secciones de la tubería incrustada.

4. CONCLUSIONES

El modelo propuesto permite resolver la distribución de corriente y potencial del sistema, identificando las zonas de mayor velocidad de disolución del depósito y mayor velocidad corrosión. Estas zonas dependen de la velocidad del fluido, la porosidad del depósito y la concentración de iones hidrógeno en función del tiempo.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Malik, A. G. González Gutiérrez, I. L. Calderón Anaya, & N. Casillas Santana. *Journal of Solid State Electrochemistry*, **27**, 3119, (2023)
- [2] S. Wen, L. Guichang, W. Lida, & L. Yu. *Electrochimica Acta*, **78**, 597, (2012).

IE-O07 Aplicación de un sistema de electrodiálisis para la recuperación de litio de un efluente sintético

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

1. INTRODUCCIÓN

El litio es un elemento extremadamente importante debido a su uso en baterías, estimándose que su producción no podrá satisfacer la demanda en crecimiento de su uso, y se sabe que este elemento se encuentra también en los océanos, habiendo alrededor de 20 MT en él, donde el método más común para su obtención es la evaporación: siendo así un proceso que conlleva muchos meses de trabajo. En este trabajo se propone la obtención del litio de una solución sintética utilizando un sistema de Electrodiálisis, ED.

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica con un área efectiva de membrana de 30 cm², con membranas intercambio iónico comerciales: AMI-7001S y CMI-7000S, y la solución fue recirculada a un caudal de 20 mL min⁻¹. Durante el proceso se utilizó una concentración de 10 ppm Li, realizándose la determinación de I lim y posteriormente la ED hasta la total separación de litio de la solución problema.

3. RESULTADOS

Se logró la remoción total de litio en 5.5 h de operación, Fig. 1, alcanzándose una remoción casi total en las primeras 3.5 h.

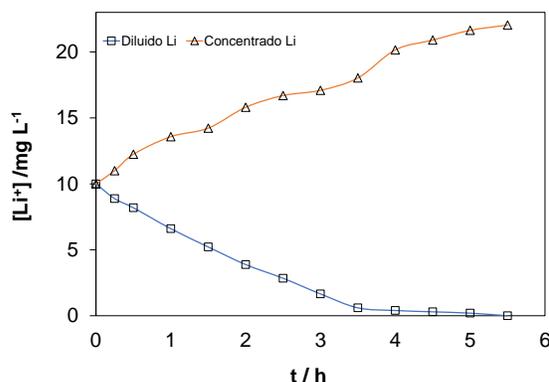


Figura 1. ED de 10 ppm Li⁺

4. CONCLUSIONES

La remoción y recuperación de litio fue llevado a cabo de manera efectiva, demostrando así ser una buena tecnología en el tratamiento de soluciones que contienen litio.

5. REFERENCIAS

- [1] H. Vikström, S. Davidsson, M. Höök, Applied Energy, 110,252 (2013).
- [2] J. Sterba, A. Krzemién, P. Fernández, C. García Miranda, G.F. Valverde Resource Policy, 62, 416 (2019)
- [3] Y. Mei, & C. Tang, Desalination, 425, 156, (2018)

IE-O08 Estudio experimental y modelamiento matemático de la oxidación fotoelectroquímica de un tensoactivo aniónico presente en aguas de producción de campos petrolíferos

Presentación Oral

M. R. Cruz-Díaz*, G. Aparicio Mauricio, E. P. Rivero

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ingeniería y Tecnología, Av. 1° de Mayo Col. Sta. María las Torres, C.P. 54740, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, México

E-mail: cdmrmartin@hotmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos fotoelectroquímicos en presencia de ión cloruro permiten la generación de cloro activo, mediante el uso de materiales semiconductores que aprovechan la luz para activar el material y generar pares e^-/h^+ , los cuales posteriormente son separados mediante la aplicación de un sesgo de potencial para promover la generación de radicales (OH^\bullet y Cl^\bullet) [1]. En el presente trabajo se realizó un estudio experimental de la oxidación fotoelectroquímica indirecta de un tensoactivo aniónico (ENORDET O242, utilizado en las aguas de producción de la recuperación química del petróleo) en presencia del ión cloruro. Posteriormente, se desarrolló un modelo matemático para describir el funcionamiento del reactor fotoelectroquímico tubular (RFECT) en modo discontinuo con recirculación (tanque agitado continuo, TAC) [2].

2. METODOLOGÍA

En el RFECT se utilizó una malla expandida cilíndrica de titanio recubierta con una película de S,N-TiO₂ como foto ánodo, mientras que como cátodo se utilizó una malla expandida cilíndrica de acero inoxidable niquelado. El reactor operó a diferentes flujos volumétricos (1,0, 2,0 y 3,0 L min⁻¹) en condiciones potencioestáticas (0,5 V vs. Ag/AgCl) en presencia de 50 ppm del surfactante. El modelamiento matemático del RFECT se discretizó por zonas y cada una de ellas se modeló como flujo pistón con dispersión y transferencia de masa entre zonas. El modelo cinético consideró la formación del radical hidroxilo ($\bullet OH$) y el radical cloro (Cl^\bullet) como intermediarios de reacción para describir los cambios de concentración del ión cloruro, cloro activo, oxidación del tensoactivo y los huecos disponibles (h_s^+) en la superficie del foto-ánodo.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la oxidación fotoelectroquímica indirecta, por la formación de cloro activo, del surfactante (sustancia activa al azul de metileno, SAM).

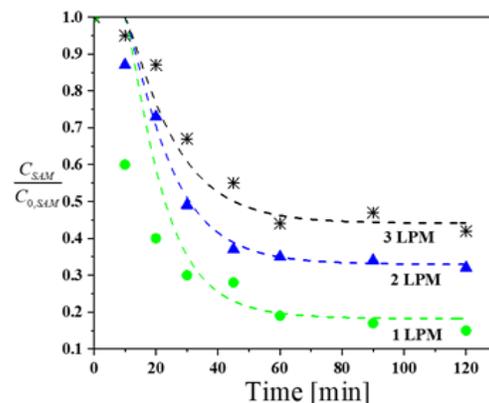


Figure 1. Degradación del SAM en función del tiempo de operación y del flujo volumétrico: 1,0, 2,0, 3,0 L·min⁻¹. Datos experimentales (símbolos), modelo matemático (líneas de puntos).

4. CONCLUSIONES

Se observó que el modelo matemático propuesto describe adecuadamente la evolución experimental de las diferentes especies químicas (SAM, h_s^+ , OH^\bullet , Cl^\bullet y Cl^-) en función flujo volumétrico.

5 REFERENCIAS

- [1] L. E. Fraga, M. A. Anderson, M. L.P.M. Beatriz, F. M.M. Paschoal, L. P. Romão, M. V. B. Zanoni, *Electrochim. Acta*, **54**, pp. 2069, (2009).
- [2] M.I. Jaramillo-Gutiérrez, J.A. Pedraza-Avella, I. González, E.P. Rivero, M.R. Cruz-Díaz, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, **21**, No. 1 Cat2434 (2022).

IE-O09 Estudio experimental del proceso integrado biorreactor-celda de electrodeionización: recuperación in situ del ácido láctico

Presentación Oral

F.J. Alazán-Ruiz¹, A. M. Sixto-Berrocal¹, M. A. Martínez-Trujillo², M. R. Cruz-Díaz^{1,2*}

¹ Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ingeniería y Tecnología, Av. 1º de Mayo Col. Sta. María las Torres, C.P. 54740, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, México.

² Departamento de Ingeniería y Tecnología, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Av. Primero de Mayo s/n, Campo 1, Cuautitlán Izcalli, Estado de México 54740, México.

E-mail: cdmrmartin@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas inherentes en la producción del ácido láctico (AL) es la etapa de purificación, la cual es difícil debido a la alta afinidad del AL por el agua y su baja volatilidad. En este sentido, se han desarrollado diferentes métodos para purificar el AL como son: micro y nanofiltración, resinas de intercambio iónico, reactor con pervaporación, destilación reactiva, extracción con solventes y electrodiálisis. Una alternativa sustentable, que, además, simplifica el número de equipos empleados en la purificación, es la electrodesionización (EDI) [1]. En el presente trabajo se ha realizado un estudio experimental y modelado matemático del proceso integrado biorreactor de fermentación-celda de electrodeionización (BioFer-EDI) para la producción y recuperación del ácido láctico in situ.

2. METODOLOGÍA

La producción de ácido láctico (AL) vía biotecnológica se realizó en un biorreactor de 3L (marca Applikon) en modo intermitente equipado con electrodo de pH, control de temperatura (38 °C) y agitación mecánica (300 rpm), se utilizó el microorganismo *Lactobacillus acidophilus* y medio sintético comercial, MRS. El estudio experimental de la celda de EDI consistió en tres compartimientos, el compartimiento de diluido (CD) se rellenó con resinas de intercambio iónico (catiónica Lewatit S-100 y aniónica Lewatit M500), este compartimiento se delimitó con membranas de intercambio iónico, en el lado izquierdo se colocó una membrana aniónica Neopseta AMX y del lado derecho se instaló una membrana catiónica Nafion M2030. En el compartimiento anódico (CA) se utilizó un ánodo platinizado de titanio (Ti/Pt), en el compartimiento

catódico (CC) se utilizó un electrodo de acero inoxidable.

3. RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra el esquema experimental del proceso BioFer-EDI.

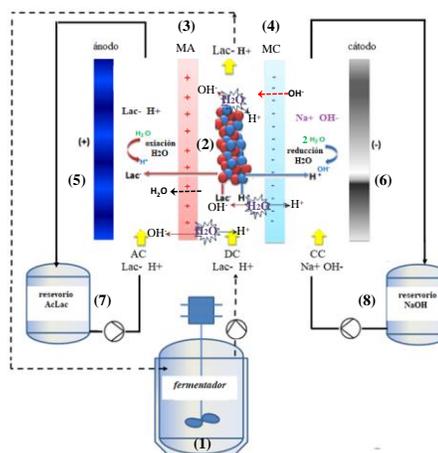


Figura 1 Esquema experimental del proceso.

4. CONCLUSIONES

En la presente investigación se ha desarrollado un proceso integrado BioFer-EDI para recuperar in situ AL.

5. REFERENCIAS

[1] P. Boontawana, S. Kanchanathaweeb, A. Boontawan, *Biochemical Engineering Journal*, **54**, 192 (2011).

IE-O11 Nueva metodología para la medición de ruido electroquímico en baterías de LiFePO₄ en condiciones de descarga

Presentación Oral

E. Carrera-Avendaño^{1*}, C.D. García-Beltrán¹, Mónica Borunda¹, A. Carmona-Hernández², A. Acevedo-Quiroz¹.

¹Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, C.P. 62490 Cuernavaca, Morelos.

²Unidad anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
E-mail: edgardo.cap@cenidet.tecnm.mx

1. INTRODUCCIÓN

El ruido electroquímico es invaluable en las investigaciones de procesos electroquímicos estocásticos. Aunque históricamente se ha aplicado casi exclusivamente a estudios de corrosión por grietas y picaduras, actualmente su aplicación a baterías de litio es interesante para la ciencia básica [1]. Pero uno de los problemas más importantes para estas mediciones es que los niveles de ruido electroquímico de las fuentes de energía química son muy pequeños. En el caso de baterías recargables se observan amplitudes de ruido electroquímico especialmente bajas [2]. Por lo tanto, se requiere instrumentación especial para estas mediciones. Ya se tienen diversas investigaciones en estructuras de cátodos de LiCoO₂ o NMC, sin embargo, hay poca información en baterías de Litio con cátodo de LiFePO₄. Este tipo de tecnología presenta un mayor tiempo de vida y al no contener níquel y cobalto, las hace más seguras y ecológicas. Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo fue medir y realizar el análisis del ruido electroquímico en baterías de LiFePO₄ con capacidad de 1.5 Ah a través de una nueva metodología propuesta y el análisis mediante la densidad espectral de potencia y la Transformada Wavelet.

2. METODOLOGIA

La metodología desarrollada posee un diseño basado en mediciones durante el ciclo de descarga de la batería. Se realiza el diseño de un sistema electrónico para la medición de ruido electroquímico que consta de tres etapas: descarga, eliminación de la tendencia DC de la batería y la amplificación del ruido para su procesamiento digital.

3. RESULTADOS

Se lleva a cabo la obtención de fluctuaciones de voltaje a distintos valores de resistencia de descarga durante todo un ciclo de descarga y en intervalos de tiempo

determinados. Se obtienen mediciones de fluctuaciones de tensión a distintos ciclos de envejecimiento de la batería, observando la influencia del estado de carga de la batería, la temperatura y los ciclos de carga y descarga de la batería. El análisis se realizó a través de la Transformada de Fourier y la Transformada Wavelet.

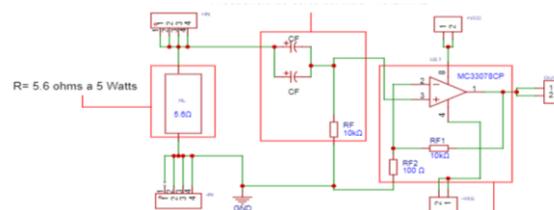


Figura 1. Sistema propuesto.

4. CONCLUSIONES

El ruido electroquímico de una batería comercial LiFePO₄ se midió durante el proceso de descarga mediante una resistencia de valor constante. La distribución de frecuencias se calculó para diferentes valores de estado de carga. Los resultados mostraron que se observó un aumento en la amplitud del ruido electroquímico durante el último 10% del proceso de descarga.

5. REFERENCIAS

- [1] Astafev, E. (2020). Electrochemical noise measurement of a lithium iron (II) phosphate (LiFePO₄) rechargeable battery. *Instrumentation Science and Technology*, 48(1), 75–85. <https://doi.org/10.1080/10739149.2019.1658601>
- [2] Astafev, E. A. Electrochemical Noise of a Li-Ion Battery: Measurement and Spectral Analysis. *J. Solid State Electrochem* 2019, 23, 1505–1512. DOI: 10.1007/s10008-019-04209-5.

IE-P01 Electroodos composites de carbón modificados con hexacianometalatos de metales de transición para la captación de iones alcalinos

Presentación Póster

J.I. López Ramos¹, A. G. González Gutiérrez², M. Bárcena Soto², E. R. Larios Durán¹, N. Casillas Santana²

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, CUCEI, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P, 44430, México.

²Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P 4443, México.

E-mail: jesus.lopez4803@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los electrodos composites tienen propiedades conjuntas únicas y diferentes a los materiales empleados de forma individual [1]. Se producen mezclando más de un componente en una matriz de material conductor y soporte [2]. Los agentes utilizados para formar los composites pueden ser nanomateriales, polímeros, enzimas, etc., lo que mejora sus características en términos de estabilidad mecánica y selectividad. En este trabajo, se prepararon electrodos composites de carbón modificados con hexacianometalatos (MHCF) de metales de transición para la captación de iones alcalinos y su posible aplicación en la desalinización de agua.

2. METODOLOGÍA

Para la preparación de los electrodos, se utilizó polvo de carbón, MHCF y SiO₂ sintetizado por medio técnica sol-gel. Los MHCF de Ni y Fe se sintetizaron empleando una solución de K₄Fe(CN)₆·3H₂O 0.25 M y 0.50 M del cloruro del metal de interés. Los MHCF fueron separados mediante centrifugación y caracterizados mediante espectroscopia infrarroja (IR) y difracción de rayos X (XRD). Las pruebas electroquímicas se llevaron a cabo en una solución de NaNO₃ 1 M. El composite fue empleado como electrodo de trabajo, platino como contraelectrodo y un SCE como electrodo de referencia.

3. RESULTADOS

En la fig. 1 se muestra la respuesta voltamperométrica de un hexacianometalato de níquel en una solución acuosa de NaNO₃ 1 M. Cuando el hierro presente en el hexacianometalato se reduce, los iones de sodio en la solución son incorporados en la estructura del cristal y liberados al aplicar un potencial de oxidación de

manera reversible. Este comportamiento puede ser incorporado en procesos de desalinización de agua de mar.

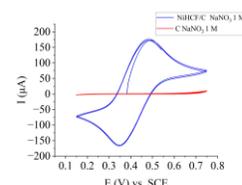


Figura 1. Voltamperometría cíclica del NiHCF/C a 50 mV/s en una solución de NaNO₃ 1M.

4. CONCLUSIONES

Los resultados observados muestran un comportamiento reversible en los procesos de captura y liberación de iones alcalinos de electrodos composites, SiO₂ y hexacianometalatos de metales de transición. Un proceso que puede ser utilizado en procesos de remoción de iones sodio de manera selectiva de agua de mar.

5. REFERENCIAS

- [1] Montenegro, M. I. e., Queirós, M. A. e., Daschbach, J. L. e., & service), S. (. (1991). *Microelectrodes: Theory and Applications* [electronic resource]. Dordrecht : *Springer Netherlands* : Imprint: Springer.
- [2] Bard, A. J. and L. R. Faulkner (2001) *Electrochemical Methods; Fundamentals at Applications*. p.581. New York, John Wiley & am Sons. INC.

IE-P02 Desarrollo de un desincrustante amigable con el medio ambiente con efectos inhibidores para limpieza de tuberías

Presentación Póster

B.E. Nogales Campos¹, A.G. González Gutiérrez¹, F. Martínez Martínez¹,
N. Casillas Santana¹

¹Departamento de Química, Universidad de Guadalajara Boulevard Marcelino García Barragán #1451,
Guadalajara Jal., CP. 44430, México, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías

E-mail: branco.nogales8286@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las incrustaciones calcáreas son una problemática a nivel mundial, tanto en el ámbito doméstico como industrial, que conlleva a problemas serios, tales como caída de presión, restricciones en el área de flujo y pérdida de eficiencia en la transferencia de calor, que se traduce en pérdidas económicas [1]. Un alto porcentaje de las incrustaciones se componen de carbonatos, óxidos y sílice que pueden eliminarse mediante métodos mecánicos o químicos [1-2]. La limpieza química regularmente emplea ácidos minerales (HCl, H₂SO₄). Estos ácidos son reactivos con el medio ambiente y altamente corrosivos. En este trabajo, se presenta una propuesta alternativa a los ácidos convencionales, para la remoción de incrustaciones en tuberías. Así también, se estudia el efecto corrosivo y el uso de un inhibidor de corrosión sin afectar el proceso de disolución.

2. METODOLOGÍA

Se prepara una solución que contiene H₃PO₄ 1 M, CH₃OOH 1 M y C₆H₈O₆ 0.5 M (mezcla MD) y una mezcla similar, pero agregando HCl 0.1 M (mezcla MD-HCl). Para el estudio del proceso de disolución del CaCO₃ puro y de incrustaciones procedentes de tuberías industriales, se monitoreo el cambio de pH y potencial. Los estudios de corrosión se realizaron en una celda de tres electrodos, donde, se usó acero al carbón 1018 como electrodo de trabajo, un contraelectrodo de platino y el electrodo de referencia de calomel (SCE). Para esto se realizaron mediciones de potencial a circuito abierto (OCP), espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) y curvas de polarización. Todas las pruebas se realizaron en las soluciones desincrustantes con y sin inhibidor. Así también, se diseñó un sistema instrumentado para mediciones de pH, flujo, temperatura y potencial que sigue en tiempo real el proceso desincrustación de las tuberías.

3. RESULTADOS

En la figura 1 observamos las curvas de Tafel del carbón 1018 en la solución desincrustante, donde se puede observar un potencial de corrosión y una densidad de corriente dos órdenes de magnitud menor a los ácidos usados convencionalmente [2].

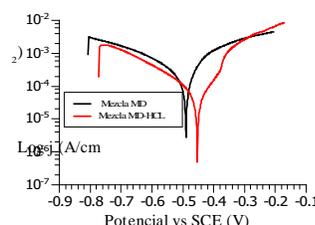


Fig. 1.- Curvas de Tafel de las mezclas desincrustantes sobre acero al carbón 1018.

4. CONCLUSIONES

El desincrustante desarrollado a partir de compuestos amigables con el medio ambiente es viable para la limpieza de tuberías con incrustaciones formadas de durezas calcáreas y no promueven procesos de corrosivos en las tuberías metálicas.

5. REFERENCIAS

- [1] Alahmad, M. (2004). Experimental study of scale formation in sea water environment. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 17(1), 73-86.
[2] Kamal, M. S., Hussein, I., Mahmoud, M., Sultan, A. S., & Saad, M. A. (2018). Oilfield scale formation and chemical removal: A review. *Journal of petroleum science and engineering*, 171, 127-139.

IE-P03 Distribución de corriente y potencial secundaria del proceso de cincado en medio alcalino en una celda Hull

Presentación **Póster**

J.A. Flores Islas¹, A.J. García Cobián¹, J.R. Sierra Mendoza¹, A.G. González Gutiérrez², A. Sainz Rosales¹, N. Casillas Santana²

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, CUCEI, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México.

²Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Blvd. M. García Barragán #1421, Guadalajara, Jalisco, C.P. 4443, México.

E-mail: jose.flores8858@alumnos.udg.mx, alex.garcia8845@alumnos.udg.mx, roberto.sierra4486@alumnos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

La celda Hull es una herramienta analítica simple cuyo uso en los laboratorios de galvanoplastia data desde 1939, cuando fue propuesta originalmente por R.O. Hull [1]. La celda se caracteriza por el uso de un cátodo inclinado a 32.8° con respecto a la horizontal para el caso de una celda de 267 mL. Esta celda permite estudiar de manera empírica los efectos de diferentes aditivos y variables de proceso, tales como, agentes de nivelado, abrillantadores, concentración de sales, agitación y temperatura en términos del acabado superficial. En este trabajo se presenta la solución numérica de la distribución de corriente y potencial secundaria para la celda Hull y se comparan los resultados con datos experimentales obtenidos para un recubrimiento de cinc en medio alcalino sobre latón con diferentes concentraciones de abrillantador. Una metodología que es extensible a cualquier otro tipo de recubrimiento efectuado en la celda Hull.

2. METODOLOGÍA

Se preparó una solución de 140g/L de ZnSO₄·7H₂O con 57.2 g/L de NaOH hasta alcanzar un pH de 14. El ion cincato, Zn(OH)₄²⁻, se reduce a Zn metálico. Se efectuaron recubrimientos de cinc en láminas de latón, empleando una celda Hull de 267 mL con un ánodo de Zn. Se determinó la densidad de corriente experimental óptima en términos de la calidad del recubrimiento y la concentración de aditivos. Los resultados experimentales son comparados con las predicciones teóricas obtenidas de la distribución de corriente secundaria predicha empleando el programa COMSOL Multiphysics 6.2.

3. RESULTADOS

En la fig. 1 se muestra la distribución de corriente y potencial secundaria en 2D de una celda Hull en un proceso de cincado alcalino.

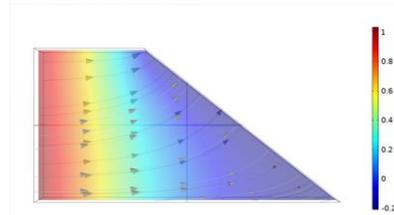


Figura 1. Simulación de la distribución de corriente secundaria en 2D para una celda Hull en un proceso de cincado alcalino.

4. CONCLUSIONES

El cálculo de la distribución de corriente y potencial secundaria en una celda Hull, permitió hacer predicciones del espesor y la calidad del recubrimiento en términos de las variables de proceso y su comparación con los resultados experimentales.

5. REFERENCIAS

- [1] Hull R.O., (1939), Am. Electroplat. Soc., 27, 52.
- [2] Gabe D.R., Wilcox G.D., (1993), The Hull Cell, Trans. Inst. Metal Finish. 71, 71.
- [3] Ruiz, I.V.Z. (2003). *Desarrollo de un baño electrolítico alcalino no-cianurado para obtener recubrimientos de cinc*. Tesis de maestría, CIDETEQ.

IE-P04 NPsAg electro-sintetizadas en superficies de acero inoxidable y titanio

Presentación **Póster**

P. A. Ramírez Ortega¹, L. García Hernández¹, A. Elizalde Mata², M. Islas Hernández¹, R. F. Islas Hernández¹, M. U. Flores Guerrero¹

¹Universidad Tecnológica de Tulancingo. Camino a Ahuehuetitla #301 Col. Las Presas, C.P. 43645, Tulancingo, Hidalgo, México.

²Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada, Campus UNAM-Juriquilla Boulevard Juriquilla No. 3001, Santiago de Querétaro, Qro. C.P. 76230, México.

E-mail: pedro.ramirez@utetulancingo.edu.mx

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la producción de residuos industriales genera un grave problema de contaminación ambiental. En particular, los residuos sólidos han despertado un interés debido a que muchos de ellos contienen metales de nobles. La plata está presente en una gran variedad de residuos debido a su gran diversidad de aplicaciones, la cual una vez recuperada, puede utilizarse como materia prima para desarrollar por ejemplo recubrimientos antimicrobianos y obtener nanopartículas. Actualmente, los procesos electroquímicos son una buena opción para recuperar metales nobles debido a su bajo costo. Los métodos de electro-síntesis presentan ventajas, ya que las nanoestructuras se generan in situ y las condiciones experimentales se pueden modificar fácilmente. Al encontrar las condiciones correctas para la técnica de electro-síntesis utilizada, se pueden obtener materiales nanoestructurados [1,2].

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente trabajo se preparó la solución electrolítica a partir de desechos sólidos con contenido de plata, mediante un proceso de lixiviación, las técnicas para la electro-síntesis fueron: Voltamperometría Cíclica (VC), Cronopotenciometría (CP) y Pulsos Galvanostáticos (PG). La caracterización de los electrodeósitos se realizó por MEB-EDS.

3. RESULTADOS

En la figura 1 se presentan los voltamogramas obtenidos sobre los electrodos de Titanio y Acero Inoxidable con una superficie de trabajo de 0,8 cm² a partir de una solución electrolítica de estudio y una velocidad de barrido de 25 mVs⁻¹

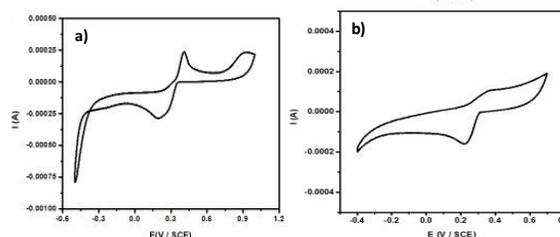


Figura 1. Voltamogramas cíclicos: a) Solución de estudio (HNO₃ 2,5 % v/v + Ag⁺) velocidad de barrido de 25 mVs⁻¹, -0,5 y 1 V/SCE, sobre un electrodo de Ti; b) Solución de estudio (HNO₃ 2,5 % v/v + Ag⁺) velocidad de barrido de 25 mVs⁻¹, -0,4 y 0,7 V/SCE, sobre un electrodo de Acero Inoxidable.

La caracterización de los recubrimientos generados por MEB muestran nanopartículas esféricas bien distribuidas por toda la superficie del electrodo. Se observan aglomerados de varias nanopartículas, dando lugar a partículas de mayor tamaño.

4. CONCLUSIONES

Los estudios CP permitieron identificar de forma más acotada la corriente en la que se llevan a cabo el proceso de reducción de la especie iónica de plata sobre Ti y Acero Inoxidable. Los estudios de PG permitieron la obtención las nanopartículas con morfología esférica con tamaños de 30 a 40 nm, Los estudio de EDS revelaron la naturaleza de las nanopartículas.

5. REFERENCIAS

- [1] F. C. Walsh, A First Course in Electrochemical Engineering, The Electrochemical Consultancy, England, (1993), p148, p 273.
- [2] Sánchez, H., Chainet, E., Nguye, B., Ozil, P., Meas, Y., (1996). Electrochemical Deposition of Silver from Low Cyanide Concentration Bath. Journal of Electrochemical Society, 143, p12799-2804.

IE-P05 Simulación mediante dinámica de fluidos computacional (CFD) de un electrolizador PEM en continuo a nivel laboratorio durante la electrólisis de agua

Presentación **Póster**

I. García¹, J.L. Nava^{1*}, L.F. Castañeda^{1*}.

¹Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Av. Juárez 77, Zona Centro, C.P. 36000, Guanajuato, Guanajuato, México.

*E-mail: jlnm@ugto.mx; lfcu@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

Investigaciones recientes indican que el hidrógeno desempeñará un papel crucial como vector energético en el futuro del desarrollo sostenible [1]; sin embargo, dado que no se encuentra naturalmente en su forma elemental o molecular, es necesario producirlo [1]. En este contexto, la producción de hidrógeno mediante electrólisis de agua utilizando energías renovables está despertando un interés creciente como una alternativa viable actual para generar grandes cantidades de hidrógeno sin emitir gases contaminantes ni depender de recursos fósiles o nucleares [2]. Dentro de los electrolizadores, el campo del flujo de transporte juega un papel crucial en el diseño eficiente de un electrolizador PEM. La simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD) puede proporcionar una imagen más amplia de las configuraciones del campo de flujo del electrolizador antes de la construcción, así como información sobre diversas modificaciones de diseño y parámetros operativos optimizados [3]. En este sentido, se muestra la simulación mediante CFD del ambiente de reacción de una electrolizador tipo PEM en continuo.

2. METODOLOGÍA

Primeramente, se realizó el dibujo del dominio de simulación del electrolizador, el cuenta con un canal de flujo, una placa de titanio porosa (capa de difusión de gas (GDL, por sus siglas en inglés)), la capa catalítica y una membrana. Como segundo paso se realizó el mallado del dominio de simulación con su respectivo análisis de sensibilidad de malla. Se establecieron los modelos a simular, par este trabajo se contempló la simulación de la hidrodinámica en flujo bifásico y la distribución de corriente secundaria.

3. RESULTADOS

En la fig. 1a se muestra el comportamiento de la

mezcla de fase continua y fase dispersa dentro del canal de flujo, pudiéndose observar zonas de alta velocidad a la entrada del electrolizador para después observarse un acomodo más homogéneo del fluido dentro de los canales.

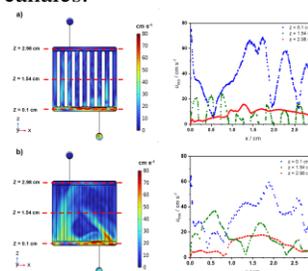


Figura 1. Hidrodinámica bifásica en el electrolizador a $0,266 \text{ A cm}^{-2}$ y $6,8 \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ $z = 0,1 \text{ cm}$, $z = 1,54 \text{ cm}$ y $z = 2,98 \text{ cm}$. a) Perfil de velocidad de la mezcla (u_{mix}) en el canal de flujo en $y = 0,2325 \text{ cm}$. b) Perfil de velocidad de la mezcla (u_{mix}) en GDL en $y = 0,3325 \text{ cm}$.

4. CONCLUSIONES

Fue posible la simulación de un electrolizador PEM mediante CFD, lo que permitió conocer el ambiente de reacción de la celda y la posterior mejora de esta. Además, el modelo se pudo validar mediante experimentos de DTR, cuyos resultados fueron muy cercanos.

5. REFERENCIAS

- [1] M. Candesris., *Int. J. Hydrogen Energy.*, **40**, 1353, (2015)
- [2] Z. Abdin., *Int. J. Hydrogen Energy.*, **40**, 13243, (2015).
- [3] M. Upadhyay., *Appl. Energy.*, **306**, 118016, (2022).

IE-P06 Lixiviación electroquímica de titanio y su posterior electrodeposición en superficies de cobre

Presentación Oral

G. A. Maldonado Bautista¹, V. E Reyes Cruz*¹, F.C. Pérez Olvera¹, Y. G. Cerón. Hernández, A. Trujillo Estrada², J. A. Cobos Murcia¹, G. Urbano Reyes¹, M. Pérez Labra¹.

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

²Consejo Nacional de Humanidades 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

1. INTRODUCCIÓN

El titanio es conocido por su buena conductividad y resistencia a la corrosión [REF]. Varias investigaciones han demostrado que capas de Ti en superficies metálicas pueden ayudar a evitar las reacciones con el medio. Este trabajo se centra en la lixiviación electroquímica del titanio y su posterior depósito en superficies de cobre, lo que nos permitirá buscar recubrimientos accesibles y económicos para metales.

2. METODOLOGÍA

Para la lixiviación se hizo uso de un arreglo de tres electrodos: electrodo de trabajo de titanio de (1cm²), contra electrodo de RuO₂-DSA y un electrodo de referencia de calomel en una solución de HCl al 10% realizando un estudio de voltamperometría hacia la región anódica aplicando potenciales en un intervalo de 0 a 5 V. Mientras que para el depósito se trataron electrodos de cobre de (1cm²) mediante dos métodos: pulido con lijas de Sic y electropulido. Posterior a esto se realizaron dos voltamperometrías hacia la región catódica en una ventana de 0 a -0.35V donde se usó un arreglo de tres electrodos: ánodo de titanio, cátodo de cobre y un electrodo de referencia de calomel y una solución de HCl al 10% sin y con Ti. Después de esto se realizó pruebas de cronoamperometría utilizando el mismo arreglo electroquímico.

3. RESULTADOS

En la figura 1A se observa un pico de oxidación en un potencial de 4.62 V Vs ESC con una densidad de corriente (0.0012Acm⁻²) atribuido a la lixiviación de Ti. La figura 1B se observa un pico atribuido la Reducción del Ti (línea azul), debido a que la solución sin Ti no está presente esta reducción (línea roja)

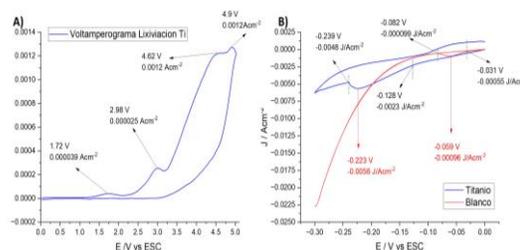


Figura 1. Voltamperometría de Lixiviación A) y Electrodeposito de Ti B)

En la figura 2 se aprecia la superficie de Cu (Figura 2^a) y el depósito de Ti sobre la superficie de Cu después de una Cronopotenciometría de -0.005 Acm⁻² durante 2 hr

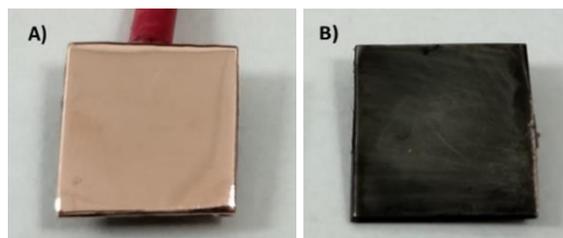


Figura 2 Superficie de Cu sin Deposito de Ti 2A), Deposito de Ti sobre Cu.

4. CONCLUSIONES

Los datos del Voltamperograma al sentido anódico nos indican que es posible lixiviar titanio metálico en una solución de HCL al 10% y esa misma solución se puede utilizar para modificar superficies de Cobre al depositar Ti sobre él, alterando sus propiedades haciéndolo más resistentes a la corrosión.

5. REFERENCIAS

(Sérgio Luiz de Assis, 2006)
(Haffar, 2008)

IE-P07 Prototipo para medición online de espectros de impedancia para baterías de iones de litio

Presentación Oral

E. Carrera-Avendaño^{1*}, R. Muñoz-Sánchez¹, I.A. Juárez-Trujillo¹, J. Villanueva Tavira¹, R. Muñoz-López², C.D. García-Beltrán¹.

¹Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, C.P. 62490 Cuernavaca, Morelos.

²Instituto Tecnológico de Tapachula, km2. Carretera a Puerto Madero S/N. C.P. 30700.
E-mail: edgardo.cap@cenidet.tecnm.mx

1. INTRODUCCIÓN

Las baterías de iones de litio (LIB) se han convertido en la principal fuente de almacenamiento de energía para diversos sistemas eléctricos con un rendimiento relativamente superior. Sin embargo, las LIB experimentan envejecimiento y la degradación de su rendimiento debido al entorno externo y los factores internos, lo que se refleja en la evaluación de su estado de salud (SOH). La técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica es un método no intrusivo que ayuda a caracterizar las propiedades electroquímicas de las baterías de litio, para realizar la estimación de su SOH [1]. Por lo tanto, es necesario el diseño de instrumentos eficaces y de importante utilidad. Este trabajo tiene como objetivo diseñar e implementar un potencióstato práctico que ayude a determinar el estado de salud de baterías de ion-litio basado en la técnica de espectroscopía de impedancia electroquímica. Se pretende que el prototipo pueda obtener un porcentaje de eficacia del 85% en comparación con un dispositivo comercial. La validación se lleva a cabo realizando mediciones en baterías de litio modelo 18650 con valores nominales de 3.7 V a 3400 mAh mediante ECMs y el prototipo propuesto.

2. METODOLOGIA

El prototipo a desarrollar posee un diseño basado en mediciones in situ durante el ciclo de carga y descarga de la batería. Se realiza el diseño de una fuente Howland para la etapa de carga y descarga de la batería que aplica una corriente constante y una interfaz digital que superpone una pequeña señal de CA en un amplio rango de frecuencias.

3. RESULTADOS

Se lleva a cabo la obtención de la impedancia en diferentes valores de Estado de Carga (SOC) para

examinar los efectos del SOC en la impedancia de la batería. Se obtienen espectros EIS que contienen mediciones en 60 frecuencias en un rango de 1 KHz a 0.1 Hz, basado en una distribución logarítmica, diez frecuencias por década. Para su posterior cálculo con la FFT y la Transformada Wavelet.

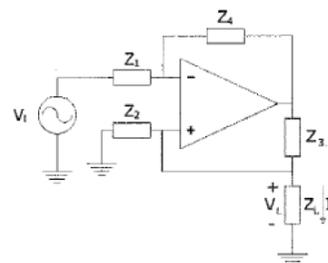


Figura 1. Sistema de carga y descarga.

4. CONCLUSIONES

En resumen, el valor nominal de la impedancia de una batería se suele dar en las especificaciones a una frecuencia de 1 kHz, pero se puede hacer la revisión en un barrido de frecuencias para obtener más información cuantitativa. La impedancia de la batería cambia a medida que varía su estado de carga (SOC).

5. REFERENCIAS

- [1] Cueto Pis, P. (2021). Obtención de un modelo eléctrico de batería de Li-ion mediante espectroscopia de impedancia electroquímica.
- [2] Middlemiss, L. A., Rennie, A. J. R., Sayers, R., West, A. R. (2020). *Characterisation of batteries by*

IE-P08 Uso de un sistema galvánico para el tratamiento de efluentes con contenido metálico

Presentación **Póster**

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

División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato

E-mail: lucia.alvarado@ugto.mx

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas galvánicos son estudiados y explotados en el área de la producción de energía. Sin embargo, su principio permite ser explorado también como un medio de tratamiento de efluentes ya que cuando un par de semirreacciones espontáneas son propuestas, el cierre del circuito se vuelve indispensable, siendo este el puente salino, el cual irá perdiendo iones a través del tiempo.

[2] Naef, A. A., Ramy, H. M., Dahiru, U.L. Clean Water, 4:36 (2021)

[3] Youssef, Y. M., Mokhtar, N., Hassan, I., Abdel – Aziz, M. H., Mining, Metallurgy & Exploration, 38 (2021) 177-186

2. METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica con un área efectiva de membrana de 30 cm², con membranas intercambio iónico comerciales: AMI-7001S y CMI-7000S, se evaluaron de manera independiente soluciones de 100 ppm Li⁺, Cr (III) y Cr (VI) con un caudal de la solución recirculado a través de la celda fue de 20 mL min⁻¹. Se midieron: concentraciones, conductividad y pH a través del tiempo.

3. RESULTADOS

Se obtuvieron concentraciones finales de: 70 ppm Li⁺, 18 ppm Cr (III) y 8 ppm (Cr VI), respectivamente.

4. CONCLUSIONES

Se observaron comportamientos distintos en cada cinética de tratamiento, siendo más alta para el sistema de Cr (VI). Los resultados mostraron la potencialidad de que esta técnica puede ser aplicada para el tratamiento de efluentes iónicos.

5. REFERENCIAS

[1] Kerur, S. S., Bandekar, S., Hanagadakar, M. Santosh, S. Nandi, Materialstoday, 42:2 (2021) 1112-1121

IE-P09 Electrodo de μ -NPs-Cu/Cu como sensor de alcoholes en un medio alcalino

Presentación Póster

José Fernando Gómez Reyes¹, Jesús Vargas Reyes¹, Pedro Iván López Picazo¹, Miriam Marcela Tostado Plascencia¹, Rocio Castañeda Valderrama¹, María Alejandra Carreón Alvarez^{1*}.

¹Centro Universitario de los de Valles, UdG, Carretera Guadalajara-Ameca Km 45.5, Ameca, Jal.

rocio.cvalderrama@academicos.udg.mx

1. INTRODUCCIÓN

Para estudiar la viabilidad de utilizar nano y micropartículas de *Cu* sobre un sustrato de láminas de *Cu* (μ -NPs-*Cu/Cu*) como sensor de alcoholes de la industria tequilera; se analizó el comportamiento de la oxidación electroquímica sobre los electrodos de μ -NPs-*Cu/Cu* en una solución alcalina (NaOH) que contenía el alcohol a analizar por medio de voltamperometría lineal. Iniciamos depositando el material que será usado como sensor, a través de una celda de dos electrodos y utilizando una fuente de poder, fijando el potencial en 5V y variando el tiempo en; 20, 40 y 60s. Después de la síntesis, el material fue caracterizado por XRD, Raman, SEM y AFM.

Posteriormente, se probaron los electrodos de μ -NPs-*Cu/Cu* en un electrolito alcalino para analizar: raicilla, tequila y vinaza de tequila, a través de la técnica de voltamperometría lineal. Finalmente se volvieron a analizar los electrodos después de ser usados como sensores a través de XRD y AFM, para conocer qué cambios presentaba en su parte cristalina y morfológica.

2. METODOLOGÍA

Para la síntesis, se empleó una celda de dos electrodos, utilizando como cátodo una lámina de *Cu* y como ánodo una barra de grafito, en una solución de 4mM de $\text{CuSO}_4(5\text{H}_2\text{O})$ y 1mM de H_2SO_4 , se usó una fuente de voltaje de CD.

Para la evaluación del sensor; se empleó una celda de tres electrodos: como electrodo de trabajo μ -NPs-*Cu/Cu* con área expuesta de 2cm^2 , como contraelectrodo una malla de platino 5.8cm^2 con 50 poros y, como electrodo de referencia un electrodo de Ag/AgCl. El electrolito se preparó agregando 20ml del alcohol a analizar (etanol, raicilla y vinaza) en 60ml de NaOH a 1M, manteniendo la relación de 1:3.

3. RESULTADOS

El material depositado analizado por XRD indica

una estructura cristalina de *Cu*, se encontró un tamaño de cristallita $\approx 42 \pm 2.5$ nm. Por SEM se apreciaron montículos individuales de formas irregulares de 100 nm y otra morfología de tipo dendrítico donde sus terminaciones tienen forma de nano-hojas. El crecimiento dendrítico puede crecer hasta 5μ . La caracterización del sustrato por SEM y AFM presentan una morfología muy diferente a *Cu* sintetizado.

Las voltamperometrías lineales se realizaron en dirección anódica de -550 a 300 mV a 100 mV/s, se observaron la respuesta de los tres tipos de óxido de *Cu*. Se observó que la densidad de corriente aumenta para los electrodos con mayor área superficial. El pico de oxidación que se presenta en todos los ensayos es el correspondiente a las transiciones de $\text{Cu}^0/\text{Cu(II)}$ y $\text{Cu(I)}/\text{Cu(II)}$ seguido de otro pico anódico, quedando traslapados, que se deben a la formación de especies solubles de CuO_2^- [1-3]. Se encontró que el μ -NPs-*Cu/Cu* como sensor en NaOH, raicilla, etanol y vinaza disminuye su densidad de corriente en ese mismo orden.

4. CONCLUSIONES

La respuesta de μ -NPs-*Cu/Cu* como sensor de vinaza mostró un patrón distintivo, lo que puede ayudar a identificar vinaza en afluentes cercanos de las industrias tequileras. Al analizar los sensores tras cinco barridos anódicos, se obtuvo que la fase cristalina sigue siendo *Cu*, aunque con un cambio en su dirección preferencial. El estudio superficial por AFM muestra el desgaste debido a la oxidación.

5. REFERENCIAS

- [1] W. Jian, L. Jun, F. Min, L. Guang, L. Zhenguoguo, *Sensors*, **5**, 529, (2005).
- [2] T.R.L.C. Paixão, M. Bertotti, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **571**, 101, (2004).
- [3] J. M. Marioli, T. Kuwana, *Electrochimica Acta*, **37**, 1187, (1992)

IE-V01 Implementación de un modelo fenomenológico para la predicción y evaluación de la degradación de BPA por radicales hidroxilo $M(\bullet\text{OH})$ en una celda de flujo

Presentación Virtual

E. del R. Salas Sandoval¹, J. I. Minchaca Mojica¹, J. A. Alfaro Ayala¹, T. Pérez Segura^{1*}

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato, Sede Noria Alta, Guanajuato, Gto., 36050, México.

E-mail: t.perezsegura@ugto.mx*

1. INTRODUCCIÓN

La presencia de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) en los cuerpos de agua tales como la familia de los compuestos bisfenoles han generado interés por su alta toxicidad y riesgos al medio ambiente y salud humana [1]. El bisfenol A se ha detectado en altas concentraciones en los últimos años en sistemas acuáticos [2] y las plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales pueden presentar dificultades para removerlo completamente. Por lo que han resaltado los procesos electroquímicos de electro-oxidación avanzada que, por medio de la producción de agentes oxidantes como los radicales hidroxilo, son capaces de degradar dichos contaminantes [3] en su totalidad. En este proyecto se ha implementado un modelo fenomenológico de CFD para la simulación para la predicción de la generación de radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$) y la evaluación de la degradación del contaminante modelo (BPA).

2. METODOLOGÍA

El análisis y evaluación de un reactor electroquímico tipo filtro-prensa se llevó a cabo con el software COMSOL Multiphysics para dinámica de fluidos computacional (CFD). La implementación del modelo fenomenológico en este proyecto involucra la solución multiacoplada de los efectos de la hidrodinámica considerando el modelo de turbulencia $\kappa - \epsilon$, la transferencia de masa, generación de radicales hidroxilo, degradación de bisfenol A y la distribución de corriente eléctrica secundaria en la celda electroquímica especificada. En la interfaz de simulación se detallaron las condiciones de contorno para la entrada, salida, el ánodo, el cátodo y las reacciones químicas

3. RESULTADOS

Los resultados se dividen en el análisis de la

hidrodinámica, la distribución de corriente secundaria en el ánodo y la transferencia de masa a lo largo de la celda electroquímica. En una primera etapa se obtuvo la solución en estado estacionario. En la figura 1 a) se muestra la distribución de corriente anódica normalizada y en b) el perfil de concentración de BPA sobre la superficie del ánodo.

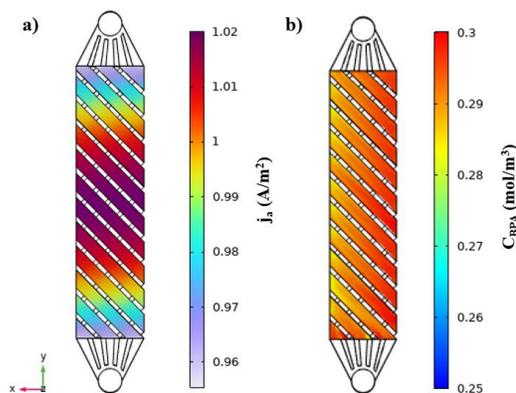


Figura 1. Distribución de corriente anódica y perfil de concentración de BPA en el ánodo.

4. CONCLUSIONES

El modelo fenomenológico propuesto en estado estacionario para la operación del proceso de electro-oxidación avanzada otorga una buena aproximación para la remoción eficaz de BPA.

5. REFERENCIAS

- [1] A. Mishra, M. Kumari, Swati, R. Kumar, K. Iqbal & I. Thakur, *Bioresource Technology Reports*, **19**, 101143, (2022).
- [2] Y. Hu, Q. Zhu, X. Yan, C. Liao & G. Jiang, *Environmental Research*, **178**, 108732, (2019).
- [3] J. Wang & S. Wang, *Chemical Engineering Journal*, **401**, 126158, (2020).

SMEQ 2024



PATROCINADORES





Centro de Investigación
en Corrosión

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA PRESERVACIÓN DE MATERIALES

OPCIÓN PRESERVACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

OPCIÓN PATRIMONIO CULTURAL TANGIBLE

¡Conviértete en un experto
en preservación de
materiales!

Forma parte de un posgrado innovador que te prepara para prevenir, diagnosticar y controlar la corrosión en infraestructura civil e industrial, así como en patrimonio cultural tangible, un desafío clave en la conservación, sostenibilidad y protección de bienes estructurales de alto valor histórico y funcional.

Perfil del egresado:

- ✓ Resolver problemas: Identificar desafíos y plantear soluciones innovadoras y sostenibles.
- ✓ Proponer soluciones críticas: Evaluar información para asegurar que las soluciones sean viables y confiables.
- ✓ Liderar innovación: Promover avances científicos y tecnológicos a nivel global.

.....

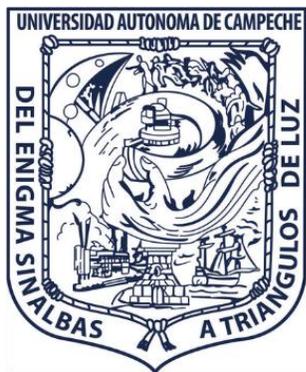


tezperez@uacam.mx



cicorr.uacam.mx





UACAM

Universidad Autónoma de Campeche



CICORR

CENTRO DE INVESTIGACIÓN
EN CORROSIÓN

Universidad Autónoma de Campeche