



Electroquímica: Sustentabilidad para el siglo XXI

XXXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica 2020
y 15th Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society.

Libro de Resúmenes

Editores

Rosa Alicia Saucedo Acuña

Citlalli Gaona Tiburcio

Judith Virginia Ríos Arana





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

13th Meeting of the Mexican Section of the Electrochemical Society

14 al 16 de octubre 2020

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)

*LIBRO DE
RESÚMENES*



Cd. Juárez, Chihuahua. 2020

Editores
Rosa Alicia Saucedo Acuña
Citlalli Gaona Tiburcio
Judith Virginia Ríos Arana

Revisión de Estilo:
Rosa Alicia Saucedo Acuña
Facundo Almeraya Calderón
Diseño Grafico: Citlali Gaona Tiburcio
D.R. ©Publicaciones SMEQ
Ave. Barranca del Muerto #26, Col. Credito Constructor, Benito Juárez,
Ciudad de México C.P 03940
www.SMEQ.org.mx
Impreso en México - 2020



COMITÉ ORGANIZADOR

Dra. Rosa Alicia Saucedo Acuña

Presidente

Dr. Salvador David Nava Martínez

Vicepresidente

COMITÉ LOCAL

Dr. Facundo Almeraya Calderón

Dra. Judith Virginia Ríos Arana

Dr. Marcos Delgado Ríos

Dra. Karla Lizette Tovar Carrillo

M.C. Guillermina Martínez Moreno

M. C. Virginia Estevané Ortega

Mtro. Fernando Estrada Saldaña

Mtro. Fernando Olea Luna

Mtra. Rocío Sanchez Portillo

Ing. Mayra Iris Velázquez Cadena

Ing. Ariel Rubén Galván Astorga

PREFACIO

Es para nosotros una profunda satisfacción el poder editar este libro de resúmenes sobre electroquímica, celebrando el XXXV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Electroquímica y 13th Meeting of The Mexican Section of Electrochemical Society.

La Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, a través del Instituto de Ciencias Biomédicas es quien auspicia este Congreso Nacional. Este libro se ha estructurado en las 8 Divisiones que tiene la Sociedad en los diferentes temas de la electroquímica y sus aplicaciones. Todos estos resúmenes constituyen los tópicos de interés sobre los que se han centrado los diversos trabajos de los miembros de la Sociedad.

Así mismo, queremos agradecer el entusiasmo y esfuerzo de todos los investigadores y estudiantes que han contribuido con sus trabajos científicos, para hacer realidad el presente libro de resúmenes, así como el apoyo de los miembros del Comité Ejecutivo 2019-2021.

Dr. Facundo Almeraya Calderón
Presidente del Consejo Consultivo – SMEQ

CONTENIDO

Pág.

Electroquímica Analítica (EA)	16
<i>Sensor voltamperométrico de carbón vítreo modificado con p-propilanilina/L-Cys para la detección ultrasensible de Ca(II), Pb(II) y Hg(II)</i>	17
<i>Determinación de trazas de cromo (VI) en medio acuoso mediante voltamperometría de pulso y superficie de electrodo de oro</i>	18
<i>Desarrollo de un biosensor electroquímico para la detección de ácido úrico</i>	19
<i>Uso de Voltamperometría de Redisolución Anódica para determinar Pb en diferentes matrices</i>	20
<i>Ajuste de la ecuación de Laviron para comportamiento de un electrodo modificado de pasta de carbón con MOF</i>	21
<i>Estudio de la electrodeposición de nanopartículas de plata en carbón vitreo por control galvanostático</i>	22
<i>Determinación de los parámetros electroquímicos de la hidrocortisona en electrodos de pasta de carbono en presencia de dodecil sulfato de sodio</i>	23
<i>Elaboración de biosensores amperométrico para detección de glucosa a partir de electrodos de pasta de carbón modificados con ácido felúrico y glucosa oxidasa</i>	24
<i>Desarrollo de un método voltamperométrico para la determinación de Meloxicam utilizando un electrodo de carbón vítreo modificado con nanotubos de carbono (GC/MWCNT)</i>	26
<i>Electropolimerización del EDOT en un disolvente eutéctico profundo (DES) sobre un electrodo de carbón vítreo y su aplicación en la detección de dopamina</i>	27
<i>Estudio de la voltamperometría lineal en muestras de tequila y raicilla</i>	28
<i>Desarrollo y validación de un método electroquímico para la determinación de ibuprofeno en medio acuoso</i>	29
<i>Estudio electroquímico del mejoramiento del coeficiente de difusión de crudo ligero en agua con adición de líquido iónico</i>	30
Ingeniería electroquímica y aplicaciones tecnológicas (IE)	31
<i>Desionización capacitiva aplicada a la remoción de flúor en medio acuoso</i>	32
<i>Diseño de un sensor electroquímico para el análisis de contaminantes en el aire (CO, CO₂, O₃)</i>	33
<i>Análisis teórico-experimental de un reactor de electrocoagulación para tratar agua residual de una industria curtidora</i>	34
<i>Electrocristalización por difusión de gases (GDEx)</i>	35
<i>Algunos aspectos teóricos de la electrosíntesis y electropolimerización potencioestática de algunos derivados ferrocénicos</i>	36

<i>Caracterización electroquímica y morfológica de capas anódicas obtenidas sobre acero inoxidable 304, usando diferentes tiempos de anodizado y velocidades de agitación</i>	<i>38</i>
<i>Simulación de un proceso Electro-Fenton catódico en fase sólida como alternativa para el mejoramiento de la calidad de agua tratada</i>	<i>39</i>
<i>Evaluación de andamios celulares de PVA/SA con células HGF mediante fluorescencia e impedancia electroquímica.....</i>	<i>40</i>
<i>Desionización capacitiva en celda de tipo filtro prensa empleando magnetita natural como adsorbente de flúor en agua.....</i>	<i>41</i>
<i>Degradación de resorcinol en un reactor electroquímico seguido mediante electroforesis capilar.....</i>	<i>42</i>
<i>Diseño y optimización de una celda electroquímica para la producción de cloratos</i>	<i>43</i>
<i>Efecto de diferentes membranas aniónicas sobre el electrodeposito de Mn</i>	<i>44</i>
<i>Diseño y fabricación de baterías de ion-litio de alta densidad energética basadas en cátodos de LiCoO₂.....</i>	<i>45</i>
<i>Preparación de películas flexibles de polipirrol por depósito electroquímico para su aplicación en dispositivos termoeléctricos.....</i>	<i>46</i>
<i>Estudio del fenómeno de la corrosión sobre acero ASTM a-36 en soluciones cloradas bajo protección catódica usando fuentes renovables a través de un sistema híbrido.....</i>	<i>47</i>
<i>Validación de la simulación en CFD de la difusión de Cr (III) en una membrana catiónica de un sistema de electrodiálisis.....</i>	<i>48</i>
<i>Electro-regeneración de resinas de intercambio iónico utilizadas en la remoción de cromo hexavalente</i>	<i>50</i>
<i>Análisis teórico de la dinámica de fluidos y la distribución de corriente de una celda tipo filtro prensa para electro-oxidación avanzada.....</i>	<i>51</i>
<i>Impacto del número de canales en el campo de flujo de una celda de combustible tipo PEM</i>	<i>52</i>
<i>Caracterización de electrolizadores tipo PEM con diferentes campos de flujo</i>	<i>53</i>
<i>Estudio de la dureza del titanio grado 2 anodizado, utilizando HCl acuoso como solución electrolítica</i>	<i>54</i>
<i>Eficiencia de la realcalinización electroquímica en vigas de concreto reforzado carbonatados a diferentes intensidades de corriente</i>	<i>55</i>
<i>Simulación de la distribución de corriente terciaria de una celda de producción de cloratos empleando COMSOL Multiphysics.....</i>	<i>56</i>
<i>Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica (EMB)</i>	<i>57</i>
<i>Formación y caracterización electroquímica y espectroscópica de complejos de inclusión con Ácido Clorogénico a pH 7</i>	<i>58</i>
<i>Importancia del disolvente en reacciones de acoplamiento areno- areno de fenoles empleando oxidación anódica.....</i>	<i>59</i>
<i>Modificación superficial de un electrodo de carbón serigrafiado con polianilina y nanotubos de carbono carboxilados para su aplicación en biosensado amperométrico de peróxido de hidrógeno.....</i>	<i>60</i>
<i>Evaluación de la actividad electrocatalítica del 2,2,6,6-tetrametil-1-piperinidiloxilo (TEMPO) en la oxidación de alcohol bencílico.....</i>	<i>62</i>
<i>Estudio electroquímico de un biopolímero compuesto por quitosano funcionalizado.....</i>	<i>63</i>
<i>Influencia del electrolito de soporte en la modificación de superficies de carbono por oxidación mediada de carboxilatos alifáticos.....</i>	<i>64</i>
<i>Formación de complejos de asociación entre subproductos de la reducción electroquímica de nitrobenzeno y un donador de protones.....</i>	<i>65</i>
<i>Electroquímica de Materiales (EM)</i>	<i>66</i>

<i>Efecto de la composición química de aleaciones base Ni y Cr en su resistencia a la corrosión en NaNO₃ y KNO₃</i>	67
<i>Efecto del contenido de cobre (Cu) en las propiedades electroquímicas de las aleaciones de alta entropía (TiZrNiNb)_{100-x}Cu_x</i>	68
<i>Análisis de corrosión en tintas metálicas usadas en el sensor de nivel de gasolina inmerso en mezcla de combustible E85</i>	69
<i>Estudio de la inclusión del Ácido Clorogénico en un electrodo modificado con β-Ciclodextrina</i>	70
<i>Estudio electroquímico de la electrodeposición de Pd sobre un sustrato de oro policristalino</i>	71
<i>Electrodepósito de nanopartículas bimetálicas Pd-Co usando el disolvente eutéctico profundo Reline</i>	72
<i>Caracterización electroquímica de películas de óxidos semiconductores mediante Scanning Electrochemical Microscopy</i>	73
<i>Influencia de los elementos de aleación zinc y calcio en el comportamiento electroquímicos de Magnesio en solución de Hanks</i>	74
<i>Fabricación de un sustrato SERS mediante electrodeposición de nanoestructuras de plata sobre un electrodo de óxido de grafeno reducido</i>	75
<i>Estudio de las propiedades electroactivas de catecoles y quinonas en medio acuoso y aprótico y su interacción con nanopartículas de magnetita</i>	76
<i>Estudios electroquímicos propuestos para evaluación de recubrimientos expuestos en el MISSE de la Estación Espacial Internacional</i>	77
<i>Reducción de óxido de Zinc con ultramicroelectrodos de Mercurio</i>	78
<i>Modificación in situ de un electrodo de pasta de carbono con grafeno oxidado por oxidación electroquímica en HClO₄ en presencia de β-ciclodextrina</i>	79
<i>Determinación electroquímica de la concentración micelar crítica de agentes tensoactivos con base imidazol</i>	80
<i>Síntesis y caracterización electroquímica de la heterounión esquema Z directo WO₃/ZnS</i>	82
<i>Oxidación de metanol sobre catalizadores de Pt/C y Pt_x/C (x=0.02 y 0.1 Ag⁺ en la síntesis) a través de EIS y VC</i>	85
<i>Evaluación de cátodos de carbón activado (CA) para su aplicación en supercapacitores de CA-PEDOT</i>	86
<i>Mechanisms of enhanced photoelectroncatalytic GO-RGO based semiconductors for degradation of organic pollutants</i>	87
<i>Estudio de la cinética de formación del complejo Cd-biopoli-electrolito utilizando la técnica de redisolución anódica</i>	88
<i>Síntesis de CuNPs coloidales empleando el extracto de Thuja Orientalis</i>	89
<i>Influencia de la temperatura sobre la nucleación y crecimiento electroquímico de hierro a partir de la mezcla eutéctica cloruro de colina/urea</i>	90
<i>Cinética de la Síntesis de Nanopartículas de Plata (AgNPs) mediante el extracto de Ricinus communis</i>	91
<i>Estudio electroquímico de la electrodeposición de Co sobre un sustrato de oro policristalino</i>	92
<i>Efecto de la temperatura sobre el electrodepósito de aluminio sobre carbón vítreo utilizando el disolvente eutéctico profundo ChCl:EG</i>	93
<i>Influencia de la convección forzada en el electrodepósito de Al sobre carbón vítreo a partir del disolvente eutéctico profundo ChCl:EG</i>	94
<i>Análisis voltamperométrico de la electrodeposición de Pt sobre un ultra-micro electrodo de fibra de carbono</i>	96
<i>Electrosíntesis de nanopartículas (NPsAg) a condiciones hidrodinámicas</i>	97
<i>Electrodepósito de Ni, Co y Fe sobre carbón vítreo empleando disolventes eutécticos profundos, aplicados a la electro-oxidación de urea</i>	98

<i>Recuperación de plata de una batería de Ag₂O utilizando un disolvente eutéctico profundo como agente lixivante y como medio electrolítico</i>	99
<i>Análisis teórico-experimental de moléculas de catecoles y quinonas en medio aprotico para la funcionalización de nanopartículas de magnetita</i>	100
<i>Síntesis y evaluación electroquímica de nanoestructuras de Glucosa Oxidasa soportadas en Óxido de grafeno reducido</i>	101
<i>Comparativo del rendimiento de depósito de baño químico de Seleniuro de Estaño obtenido por electrodeposición</i>	102
<i>Comportamiento Electroquímico de la hidrocortisona en electrodos de pasta de carbono modificados con grafeno y β-ciclodextrina</i>	103
<i>Electrodeposición de Fe/Pt en el disolvente eutéctico profundo Cloruro de Colina - Urea</i>	104
<i>Evaluación de la conductividad eléctrica de nanotubos de carbono dopados con diferentes heteroátomos</i> ...	105
<i>Estudio electroquímico en un medio de nitratos para la obtención de un precursor para la síntesis de alfa-alúmina a partir de chatarra de aluminio</i>	107
<i>Influencia de un campo magnético externo en la morfología de nanopartículas de Co obtenidas electroquímicamente en un disolvente eutéctico profundo</i>	108
<i>Estudio de las propiedades selectivas de una membrana de intercambio catiónico a base de un polímero conductor sobreoxidado</i>	109
<i>Electrocatalizadores basados nano-partículas de Pd soportadas en carbón mesoporoso ordenado tridimensionalmente (3DOM) para oxidación de etanol</i>	110
<i>Influencia del material de soporte de las NPs de Pt para la reacción de oxidación de metanol. Estudio electroquímico</i>	111
<i>Síntesis Foto-bioquímica de nanopartículas de plata (AgNPs)</i>	112
Electroquímica Ambiental (EAM)	113
<i>Caracterización de un reactor de electrocoagulación para la remoción de arsénico, fluoruro y sílice hidratada de aguas subterráneas del altiplano del estado de Guanajuato</i>	114
<i>Remoción de arsénico, flúor y sílica hidratada de agua subterránea de la zona del Bajío Guanajuatense, empleando una celda de flujo en forma de serpentín equipada con electrodos de aluminio</i>	115
<i>Estudio de la generación de radicales hidroxilo en el proceso de foto-electrocoagulación</i>	116
<i>Síntesis electroquímica de depósitos de platino a partir de soluciones amoniacaes y análisis de su capacidad oxidativa hacia paracetamol</i>	117
<i>Caracterización electroquímica de una CCM empleada para la degradación de Aceite Lubricante Usado</i>	118
<i>Fotoelectrodegradación de filtros solares orgánicos mediante nanopartículas de TiO₂ en fase anatasa depositada sobre nanotubos de carbono multicapa</i>	119
<i>Análisis del número de transporte de cadmio y plomo de un extracto de suelos contaminados con jales mineros a través de una membrana comercial</i>	120
<i>Estudio de la degradación de glifosato en medio acuoso mediante fotoelectrocátalisis empleando un electrodo de Diamante Dopado con Boro modificado con Dióxido de Titanio como fotoánodo</i>	121
<i>Caracterización electroquímica de una celda de combustible microbiana para la degradación de excipientes de medicamentos</i>	123
<i>Degradación de anilinas industriales en un reactor tipo tanque agitado mediante procesos electroquímicos de oxidación avanzada</i>	124
<i>Degradación de la mezcla de colorantes de la industria de la tenería mediante procesos de oxidación avanzada</i>	125

<i>Uso de nanoestructuras de Si_{NWs} – Cu_{NPs} para la degradación fotocatalítica de Naranja de Metilo utilizando radiación visible.....</i>	<i>126</i>
<i>Evaluación del desempeño de procesos biológicos acoplados a un reactor electro-Fenton en el tratamiento descentralizado de agua residual sanitaria.....</i>	<i>127</i>
<i>Degradación de contaminantes emergentes por electro-Fenton empleando materiales de quitosano como soporte de nanopartículas de hierro</i>	<i>128</i>
<i>Uso de nanoestructuras de Si_{NWs} con Cu_{NPs} y CoO_{NPs} para la degradación fotocatalítica de Naranja de Metilo, Azul de Metileno y Rodamina 6G mediante radiación visible</i>	<i>129</i>
<i>Implementación de un prototipo de celda de electrorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos</i>	<i>130</i>
<i>Análisis de la generación de cloro activo y del potencial de generación de radicales hidroxilo de un electrodo de Ti/SnO₂-Sb₂O₅-RuO₂.....</i>	<i>132</i>
<i>Desarrollo de un electrodo modificado con pimienta xantada y hierro para la determinación de arsénico en medio acuoso</i>	<i>133</i>
<i>Cuantificación de iones cobre (II) sobre carbono vítreo y nanotubos de carbono de capa múltiple</i>	<i>134</i>
<i>Análisis de Estabilidad de Suspensiones de Nanopartículas de Plata por Voltametría/Espectroscopia-Óptica</i>	<i>135</i>
<i>Caracterización electroquímica de biomasa modificada para la reducción de Cromo en solución con electrodos de pasta de carbono.....</i>	<i>136</i>
<i>Tratamiento de agua proveniente de un cuerpo de agua contaminado aplicando un proceso de Oxidación Avanzada.....</i>	<i>137</i>
<i>Diseño de una planta de tratamiento de residuos cianurados para la industria de la recuperación de plata..</i>	<i>138</i>
<i>Tratamiento electroquímico para la remoción de Cr, Hg y Ag en residuales líquidos contaminados</i>	<i>139</i>
<i>Sistema electrocoagulación con electrodos de cobre para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales</i>	<i>140</i>
<i>Degradación de Salbutamol en solución por métodos electroquímicos.....</i>	<i>141</i>
<i>Tratamiento del agua pluvial por el proceso de electrocoagulación con electrodo de aluminio</i>	<i>142</i>
<i>Proceso Fenton para remoción de colorantes contaminantes a partir de material poroso de desecho, obtenido del blanqueamiento de caolín</i>	<i>144</i>
<i>Electrodos de carbón mesoporoso para la generación de H₂O₂ y su aplicación en el proceso foto electro-Fenton</i>	<i>145</i>
<i>Electro oxidación de glicerol en electrodos de diamante dopado con boro</i>	<i>146</i>
<i>Extracción de Cu de desechos electrónicos computacionales mediante potencial aplicado y su recuperación como elemento metálico.....</i>	<i>147</i>
<i>Uso de carbón activado de origen agroindustrial como compósito en electrodos de pasta de grafito - influencia de la relación másica.....</i>	<i>148</i>
<i>Tratamiento terciario de aguas residuales de la industria tequilera mediante un proceso combinado de adsorción-oxidación electroquímica.....</i>	<i>149</i>
Corrosión y tratamientos de superficie (CTS).....	150
<i>Comportamiento de ruido electroquímico de aleaciones de Titanio (Ti CP2, Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-Si y Ti-6Al-4V)</i>	<i>151</i>
<i>Tratamiento químico de conversión de la aleación AS21 como protección para ambiente fisiológico.....</i>	<i>152</i>
<i>Efecto de la deformación plástica severa en aluminio en la respuesta electroquímica microestructural.....</i>	<i>153</i>
<i>Caracterización electroquímica de recubrimientos barrera para la aleación de Mg-Ca-Zn.....</i>	<i>154</i>
<i>Actividad electroquímica de Mg y aleación de Mg-Ca 0.3 en la solución fisiológica de Hanks.....</i>	<i>155</i>
<i>Estudio electroquímico de la aleación Al-Li 2050 anodizada.....</i>	<i>156</i>

<i>Efecto del tipo de flama en la resistencia en la corrosión de recubrimientos bimodales de aleaciones WC-Co-VC aplicadas por rociado térmico</i>	157
<i>Curvas Potencioestáticas para Evaluación Electroquímica del Acero Inoxidable 15-5PH</i>	158
<i>Efecto de la adición de nanopartículas en el comportamiento electroquímico de recubrimientos electroforéticos en sustratos de Aluminio</i>	159
<i>Influencia del pH en el proceso de electrodeposición de Paladio sobre HOPG</i>	160
<i>Estudio electroquímico del proceso de depósito de Fe y Pd sobre ultramicroelectrodos de fibra de carbono y platino</i>	161
<i>Evaluación electroquímica de un sistema acero-concreto ternario mediante la técnica de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica</i>	162
<i>Mejora de la durabilidad de materiales base cemento con adiciones de biopolímeros expuestos a un ambiente ácido</i>	163
<i>Influencia del tratamiento térmico en los mecanismos de corrosión de recubrimientos de CrN depositados por HiPIMS</i>	164
<i>Tratamiento anticorrosivo de monedas del siglo XX y su evaluación por Espectroscopía de Impedancia Electroquímica</i>	165
<i>Estudio experimental de la evolución de frentes ácidos durante la corrosión galvánica de los sistemas Acero/AA6063 y Acero/AA7075</i>	166
<i>Estudio electroquímico de la capacidad protectora de pátinas artificiales de CuSO₄ expuestas en un ambiente urbano-marino</i>	167
<i>Síntesis de recubrimientos híbridos anticorrosivos de PU reforzados con nano estructuras de La-Pr-O</i>	168
<i>Estudio de la capacidad protectora de películas de SiO₂, ZnO y SiO₂-ZnO sobre productos de corrosión de hierro colado</i>	169
<i>Análisis por EIE de un híbrido (convertidor de óxido- SiO₂) sobre productos de corrosión de hierro colado</i>	170
<i>Triazoles derivados de alcohol bencílico como inhibidores de corrosión en patrimonio histórico, artístico y cultural</i>	171
<i>Desempeño de películas de UHMW-PE para protección contra la corrosión de aleaciones Ti6Al4V en medio biológico PBS variando el tiempo de depósito</i>	172
<i>Efecto de las nanopartículas de Ca(Zn(OH)₃)₂·2H₂O como dopantes en TMSPMA-TMOS aplicado a una aleación de Mg-Ca</i>	173
<i>Estudio de la capacidad protectora de una nanopelícula de SiO₂ sobre una pátina artificial de sulfatos como alternativa de conservación de materiales históricos base cobre</i>	174
<i>Estudio numérico de las variaciones locales del pH en un par galvánico acero al carbono-aleación de aluminio bajo condiciones de inmersión</i>	175
<i>DFT como herramienta de predicción de la capacidad de inhibición</i>	176
<i>Efecto del Flujo Turbulento en el Mecanismo de Corrosión del Acero API X100</i>	177
<i>Comportamiento de la Corrosión y Caracterización de la Capa Pasiva presente en Acero Inoxidable 15-5PH en soluciones Ácidas y Alcalinas</i>	178
<i>Ruido electroquímico de aceros avanzados en presencia de cloruros</i>	179
<i>Efecto del avance del frente de carbonatación sobre el Ecorr del refuerzo de acero embebido en concreto</i> ...	180
<i>Estudio comparativo de normativa para la recalcalización de estructuras de concreto carbonatadas</i>	181
<i>Comportamiento frente a la corrosión de un material compuesto A356/SiC en solución de NaCl al 3.5% en peso</i>	182
<i>Síntesis y caracterización electroquímica de óxidos de cobre obtenidos mediante anodizado en medios básicos y neutros</i>	183

<i>Análisis del proceso de corrosión de acero inoxidable sumergido en la costa de San Francisco de Campeche, mediante Espectroscopia de Impedancia Electroquímica</i>	184
<i>Análisis del proceso de corrosión de acero inoxidable sumergido en la costa de San Francisco de Campeche mediante Curvas de Polarización</i>	185
<i>Influencia de la geometría y configuración de las varillas de acero en la extracción electroquímica de cloruros del concreto</i>	186
<i>Evaluación electroquímica de un extracto de Acanthocereus tetragonus como inhibidor de Aluminio expuesto en NaCl (3.5%) y HCl (1M)</i>	187
<i>Estudio del comportamiento electroquímico de Aleaciones de Titanio (Ti CP2, Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-Si y Ti-6Al-4V) empleando curvas de polarización cíclica</i>	188
<i>Procesamiento y caracterización de un anodizado tipo III en solución de ácido cítrico de aluminio 6061</i>	189
<i>Análisis de la respuesta EIS de membranas de quitosano electroespreado sobre magnesio para usos biomédicos</i>	190
<i>Influencia del tiempo de polarización en las propiedades protectoras de una pátina de latón</i>	191
<i>Caracterización electroquímica de aleación AlSi10Mg con variación de parámetros de fabricación</i>	192
<i>Inhibición de la corrosión del acero 1018 en medio salino por Curcuma longa</i>	193
<i>Recubrimientos compositos Zinc/Partículas de Plata (Zn/AgPs); Evaluación de la Corrosión en medios Fisiológicos y actividad antibacterial en la presencia de P. aeruginosa</i>	194
<i>Estudio y desarrollo de recubrimientos biodegradables de Zn-Mn</i>	195
<i>Evaluación del ácido 3a-hidroximasticadienoico (3-HM) como inhibidor de corrosión para plata en medio salino</i>	196
<i>Evaluación electroquímica de los mecanismos de corrosión de un acero API N80 a condiciones inducidas en la realización de una estimulación matricial reactiva</i>	197
<i>Estudio de la corrosión de aceros AISI 1018 y galvanizado embebidos en concretos ternarios</i>	198
<i>Evaluación electroquímica del efecto de la materia fecal de la especie Columba Livia sobre una pátina artificial de CuSO₄</i>	199
<i>Estudio Electroquímico y Sinterización de una Película de Boehmita sobre un Acero AISI 1018</i>	200
<i>Inhibición de la corrosión de la estrictosamida en un latón en presencia de cloruros para su conservación</i>	201
<i>Estudio electroquímico y morfológico de una película de TEOS-PDMS</i>	202
<i>Evaluación electroquímica de tres pinturas ricas en zinc sobre sustratos de acero al carbono expuestas en NaCl al 3.5%</i>	203
<i>Mecanismo de corrosión de un acero API X100 en salmuera NACE</i>	204
<i>Ruido electroquímico en aleación Al-Li 2099 y 2050 anodizadas para aplicaciones aeronáuticas</i>	205
<i>Efecto de la inhibición de la corrosión con xantinas en la protección de hierro gris con y sin Paraloid-B72 en medio salino</i>	206
<i>Extracto líquido de hojas de diversas plantas para la inhibición de la corrosión del acero industrial AISI 1045 en medio ácido</i>	207
<i>Aparato Bio-Inspirado de Pinza de Cierre Rápido para el Estudio del Efecto del Flujo Altamente Turbulento sobre la Corrosión</i>	208
<i>Evaluación electroquímica del acero galvanizado</i>	209
<i>Evaluación electroquímica del acero al carbono fosfatado en medio acuoso</i>	210
<i>Inhibición de la corrosión del acero API 5L X52 utilizando astaxantina</i>	211
<i>Estudio de la corrosión por picaduras en medios ácidos de las Superaleaciones Inconel 600 e Incoloy 800</i>	212
<i>Efecto de los tratamientos térmicos en la corrosión de aleaciones aluminio-litio AA2099 y AA2055</i>	213
<i>Estudio de la dureza del titanio grado 2 anodizado, utilizando HCl acuoso como solución electrolítica</i>	214
<i>Nanopartículas de Paladio electrodepositadas en carbón vítreo a partir de Reline</i>	215

<i>Evaluación de la corrosión de una aleación Fe-Ni-Al en solución salina</i>	216
<i>Evaluación del comportamiento de corrosión de un intermetálico de base FeAl en solución de NaCl</i>	217
<i>Extracto de hojas de la Cocoloba uvifera como inhibidor verde de la corrosión</i>	218
<i>Electrosíntesis de Poli (anilina-co-o-metoxianilina) y sus propiedades en la protección contra la corrosión del Acero</i>	219
<i>Estudio de la variación del voltaje y el tiempo en el anodizado de TiO₂ con HCl</i>	220
Conversión y almacenamiento de energía (CAE)	222
<i>Modificación de Análogos de Azul de Prusia para el Almacenamiento Electroquímico de Energía</i>	223
<i>Impacto del ligante orgánico en electrodeósitos de MOF de Ni-Co sobre su desempeño en el almacenamiento electroquímico de energía</i>	224
<i>Modificación de sustratos tridimensionales de carbón para su aplicación en dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía</i>	225
<i>Desarrollo de Capacitores Híbridos Empleando Compuestos de Polianilina y Cianoferratos de Zinc</i>	226
<i>Modificación de los sitios de intercalación de Li en Li₂CuO₂ por medio de la incorporación de Fe, Mn y Ni como dopantes</i>	227
<i>Supramolecular assembly of nanostructured conducting polymer hydrogels by hydrotropic agents for energy storage applications</i>	228
<i>A graphical approach for the identification of the limiting processes on the Li ion battery cathode using electrochemical impedance spectroscopy</i>	229
<i>Efectos de la temperatura, voltaje aplicado, y concentración en la producción electroquímica simultánea de óxido de cobre (I)</i>	230
<i>Estudio de carga y descarga de una celda de electrodiálisis con membrana bipolar</i>	231
<i>Estudio Comparativo entre Catalizadores a base de Pt y Pd para su Aplicación en la Reacción de Oxidación de Hidrógeno</i>	232
<i>Síntesis y caracterización de un nanocompuesto de ZnO-rGO para su posible aplicación en baterías de iones Li</i>	233
<i>Descifrando el mecanismo de almacenamiento de K⁺ en hexacianometalatos M₃[Co(CN)₆]₂ (M=Co, Ni, Cu, Zn)</i>	234
<i>Polymer electrolyte membrane of trimethylsulfonium bis (trifluoromethylsulfonyl) imide-NaClO₄-PEO for sodium batteries</i>	235
<i>Estudio de la incorporación de yoduro de tetrabutilfosfonio (TBPI) en el rendimiento fotovoltaico de una celda tipo perovskita</i>	236
<i>Incorporación del yoduro de tetrabutilfosfonio (B₄PI) en la interfaz TiO₂-MAPI para mejorar la estabilidad de las celdas solares de perovskita</i>	237
<i>Acoplamiento de Celdas de ion-Li a Espectrometría Diferencial de Masas Electroquímica</i>	238
<i>Mejora en el diseño y fabricación de un electrolizador de prueba de membrana de intercambio protónico para aumentar la eficiencia farádica del sistema</i>	239
<i>Supercapaterías en medio acuoso ensambladas con carbón activado obtenido en un horno solar y materiales faradáticos con cinética rápida</i>	240
<i>Caracterización electroquímica de películas de carbón activado proveniente del Sargassum spp. como soporte</i>	241
<i>Fabricación de electrodos de carbón activado a partir de granos de café para su aplicación en supercapacitores</i>	242
<i>Evaluación electroquímica de carbones activados preparados con bagazo de caña de azúcar</i>	243

<i>Estudio de la electro-oxidación de metanol en películas delgadas de níquel por voltamperometría de corriente muestreada</i>	244
<i>Estudio de Voltamperometría de Eliminación de la Oxidación de Metanol por Depósitos Galvanostáticos de Ni</i>	245
<i>Un cátodo bicapa Ag/Pt soportado en grafeno para la reacción de reducción de oxígeno tolerante en altas concentraciones de etanol</i>	246
<i>Estudio del rendimiento electroquímico de la espinela $\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$ para baterías de ion-litio</i>	249
<i>Efecto de soportes carbonáceos (NTC, OG, C) sobre perovskitas de tipo LaNiO_3 dopadas con metales de transición sobre la actividad catalítica para la RRO y REO en medio alcalino</i>	251
<i>Preparación de ensambles membrana-electrodo para celdas de combustible alcalinas: efecto de la solución ionomérica</i>	253
<i>Electrochemical properties of $\text{Ca}_{2.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Co}_{4-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9-\delta}$ ($x = 0$ and 0.1) as cathode materials for intermediate temperature SOFCs</i>	255
<i>Estudio de electrocatalizadores a base de carbono con potencial aplicación en baterías de flujo de vanadio</i>	256
<i>Almacenamiento electroquímico de energía en cianoferratos mixtos ($\text{M}_1\text{M}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{H}_2\text{O}]$, $\text{M} = \text{Cu}, \text{Co}$ y Fe)</i> ..	257
<i>Síntesis perovskitas de CsPbI_3 y CsPbBr_2 para su aplicación en celdas solares fotovoltaicas</i>	258
<i>Evaluación electroquímica de nanoestructuras de Pd con Cu, Co y Rh soportadas en óxido de grafeno para la electrooxidación de ácido fórmico</i>	259
<i>Diseño de baterías ion litio para aplicaciones personalizadas</i>	260
<i>Caracterización electroquímica de electrolitos líquidos para celdas de ion litio, sodio y potasio</i>	261
<i>Electrocatalizadores de Pd, PdCu y PdCo soportados en óxido de grafeno sintetizados por el método SHS para la reacción de electrooxidación de ácido fórmico</i>	262
<i>Fabricación de Ánodos Nanoestructurados de Zinc para Baterías Zinc-Aire</i>	263
<i>Preparación de electrodos bifuncionales para baterías de flujo de Zn-aire</i>	264
<i>Electrodeposición de nanopartículas de Pd a partir de Cloruro de colina y Urea como disolvente eutéctico profundo y su aplicación para la oxidación de ácido fórmico</i>	265
<i>Nanopartículas de Pd electrodepositadas a partir de un disolvente eutéctico profundo (DES) para la oxidación de metanol</i>	266
<i>Desarrollo de una batería primaria Alcalina Zn-$\text{Ag}_2\text{O}/\text{Ag}$ (Nanoalambres)</i>	267
<i>Estudio de NaCuO_2 como material catódico en baterías de intercalación de ion-A ($\text{A}=\text{Li}, \text{Na}$ o K)</i>	268
<i>Estudio por DEMS de la reducción electrocatalítica del CO_2 sobre electrodos de Sn, Bi y Sn-Bi</i>	269
<i>Efecto de la composición y de la porosidad de cátodos basados en $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3 - \text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{2-x}$ en la resistencia de polarización</i>	270
<i>Efecto del tipo de Azufre como material activo en baterías de litio azufre</i>	271
<i>Estudio de nanopartículas PdNi aleadas en la reacción de Oxidación de Ácido Fórmico</i>	272
<i>Estudio de electrocatalizadores de TiO_2 modificados con nanopartículas de Ag para la reducción electroquímica de CO_2 bajo irradiación de luz ultravioleta</i>	273
<i>Comparación del desempeño de supercapacitores simétricos y asimétricos con electrodos a base de carbón activado derivado de residuos de agave</i>	274
<i>Novedosa síntesis de nanocompuestos de $\text{Sb}_2\text{S}_3/\text{nanofibras}$ de carbono por los métodos de electrohilado-SILAR y su evaluación como ánodos para baterías de ion sodio</i>	275
<i>Electrocatalizadores bifuncionales basados en nanofibras de CoFe_2O_4 para las Reacciones de Evolución de Oxígeno y de Reducción de Oxígeno en medio alcalino</i>	276
<i>Esferas huecas de carbono mesoporoso ordenado dopadas con nitrógeno: estudio de la estabilidad y actividad catalítica para la RRO</i>	277

<i>Esferas Huecas de Carbono Mesoporoso Ordenado funcionalizadas con compuestos organometálicos de Ru como electrocatalizadores novedosos con bajo contenido de Pt para la Reacción de Evolución de Oxígeno ..</i>	278
<i>Mesitol-Cobre (Cu-mes): compuesto organometálico de cobre como agente funcionalizante de carbon Vulcan XC-72 utilizado como soporte en nanocatalizadores de Pd para la electro-oxidación de etanol en medio alcalino</i>	279
<i>Desarrollo de nanocatalizadores de Pt-Ru soportados en estructuras de carbono huecas para la Reacción de Oxidación de Etanol.....</i>	280
<i>Educación Electroquímica (EE).....</i>	281
<i>Generación de problemas de electroquímica y corrosión para el desarrollo de habilidades</i>	282
<i>Simulación de la distribución secundaria de corriente y potencial en una gota de Evans</i>	283
<i>Uso de analogías y análisis de modelos de corrosión en medio acuoso para la enseñanza – aprendizaje de la electroquímica.....</i>	285

DIVISIÓN 1.

Electroquímica Analítica (EA)

Sensor voltamperométrico de carbón vítreo modificado con *p*-propilanilina/L-Cys para la detección ultrasensible de Cd(II), Pb(II) y Hg(II)

EA-O1

J. J. Calvillo Solís¹, F. González-Bravo², M. Galicia^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Departamento de Ciencias Químico-Biológicas,

² Departamento de Química, CINVESTAV-Unidad Zacatenco, Av. Instituto Politécnico Nacional.

* E-mail Responsable de la investigación: monica.galicia@uacj.mx

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de técnicas electroanalíticas para el análisis de iones metálicos y moléculas orgánicas ha mostrado gran avance debido al uso de electrodos modificados [1]. Se han empleado diversos métodos para la modificación de superficies, como la adición de nanopartículas metálicas, reducción de sales de diazonio, electropolimerización, y oxidación de aminas [2]. Sin embargo, estos métodos representan un alto costo y requieren condiciones experimentales complejas. La oxidación anódica de carboxilatos es una alternativa más viable, simple y menos costosa [3,4]. En este trabajo se presenta la modificación de un electrodo de carbón vítreo con *p*-aminofenilpropil/L-Cys y su aplicación en la detección simultánea de ultratrazas de Cd(II), Pb(II) y Hg(II).

METODOLOGÍA

Un electrodo de carbono vítreo se modificó mediante oxidación anódica de *p*-aminofenilbutirato 2 mM en etanol + NBu₄PF₆ 0.1 M mediante voltamperometría cíclica, se realizaron ciclos en un intervalo de potencial de 0V-1V vs. ECS. El electrodo modificado se sumergió en una disolución de L-Cys 0.1 M en un buffer de acetatos con agitación constante (1h). El electroanálisis de Cd(II), Pb(II) y Hg(II) se realizó mediante voltamperometría de onda cuadrada, en las concentraciones: 25, 20, 10, 5, 1 y 0.5 ppb. Se realizó una curva de calibración y se calcularon los límites de detección y cuantificación.

RESULTADOS

Se realizó un análisis preliminar del electrodo modificado en una disolución de Cd(II), Pb(II) y Hg(II) 20 ppb en HCl 0.1 M. Con el electrodo sin modificar solo se registró ruido instrumental (Figura 1), en cambio, aparecieron señales características de cada ion metálico al agregar moléculas de *p*-aminofenilpropilo (*p*-AFP), señales que mejoraron su definición con menos corriente capacitativa al agregar L-Cys.

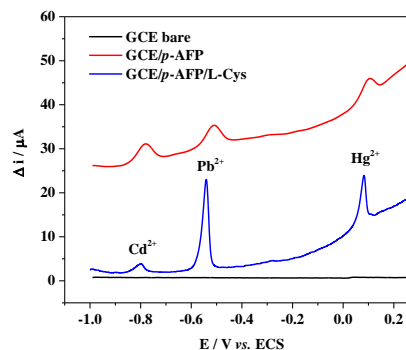


Figura 1. Detección simultánea de Cd(II), Pb(II) y Hg(II) 20 ppb en HCl 0.1 M con electrodo modificado con *p*-AFP y *p*-AFP/L-Cys.

Los límites de detección (LD, $3\sigma/m$) del electrodo *p*-AFP/L-Cys para Cd(II), Pb(II) y Hg(II) fueron de $0.07 \mu\text{g L}^{-1}$, $0.012 \mu\text{g L}^{-1}$ y $0.026 \mu\text{g L}^{-1}$.

CONCLUSIONES

La modificación del electrodo de carbono vítreo con *p*-aminofenilpropilo proporciona sensibilidad del método y se vio favorecido al adicionar L-Cys, obteniendo límites de detección del orden de ppt ($\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$) para los tres iones metálicos.

REFERENCIAS

- [1] T. Mayumi, R. de Oliveira, E. R. Pissinati and L. H. Morcolino. *Biores. Technol.*, 143, 40, (2013).
- [2] V. Kumar, M. Lüfti, N. Atar, A. Osman, L. Uzun and Z. Üstüdag, *Electrochem. Acta*, 105, 144, (2013).
- [3] M. Galicia, M. A. González, D. P. Valencia and F. J. González, *J. Electroanal. Chem.*, 672, 421, (2012).
- [4] C. P. Andrieux, F. González and J-M. Savéant. *J. Electroanal. Chem.*, 141, 498 (2001).

Determinación de trazas de cromo (VI) en medio acuoso mediante voltamperometría de pulso y superficie de electrodo de oro

EA-O2

J. Chavez Lara¹, M Galicia^{1*}

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*E-mail Responsable de la investigación: monica.galicia@uacj.mx

INTRODUCCIÓN

El Cr (VI) es la especie tóxica que induce dermatitis, mutagénesis y que tiene un efecto carcinogénico, afectando hígado, pulmones y riñones. La detección de especies de cromo es una tarea importante y desafiante debido a sus diferentes estados de oxidación. Es necesario disponer de técnicas de precisión espectroscópica que permitan detectar los niveles más bajos requeridos por las Normas Oficiales Mexicanas para caracterizar aguas contaminadas y verificar la efectiva remoción de éstos cuando así sea el caso. La detección de cromo se realiza con frecuencia mediante técnicas espectrofotométricas, donde un complejo de cromo con varios agentes de coordinación es detectado. Éste es capaz de detectar hasta una concentración de 0.25 mg L⁻¹[1]. Los métodos electroquímicos ofrecen en tiempos recientes, una detección rápida y adecuada de las especies de Cr (VI) aún en presencia de concentraciones de Cr (III)[2].

METODOLOGÍA

Se midieron las concentraciones mediante voltamperometría de pulso diferencial Cr (VI) de 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 ppm en HCl 0.1 M en una superficie de Oro utilizando un potenciostato/galvanostato.

RESULTADOS

La reacción irreversible electroquímicamente de Cr (VI) se observa en la Figura 1. La presencia del único pico de reducción se atribuye a la reducción del Cr (VI) a Cr (III). La respuesta obtenida demuestra un pico de reducción a potencial de +0.4 V (vs. ECS). Se realizó la curva de calibración y se determinó el límite de detección y el límite de cuantificación.

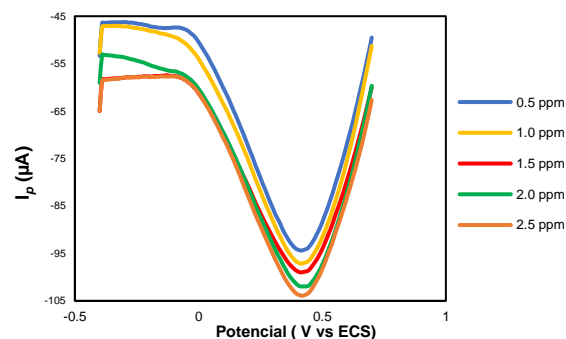


Figura 1. Voltamperograma de pulso diferencial a diferentes concentraciones de Cr (VI) sobre electrodo de Oro de 1 mm².

CONCLUSIONES

La voltamperometría de pulso diferencial es una técnica alternativa para detectar y cuantificar con precisión y exactitud trazas de Cr(VI) en medio acuoso. Esta técnica tiene la peculiar y excepcional propiedad de detectar en forma inequívoca el potencial redox de una especie disuelta. Por lo que resulta posible detectar en una misma solución diversas especies disueltas de metales pesados como el Cromo hexavalente.

REFERENCIAS

- [1] Kalemkiewicz, J. & Sočo, E. Determination of chromium (VI) in the soil organic fraction. *Zhurnal Analiticheskoi Khimii*, **64**(5), 491 (2009)
- [2] Korolczuk, M., Grabarczyk, M. 1999. Voltammetric determination of traces of Cr (VI) in the flow system in the presence of bipyridine. *Talanta* 49.

Desarrollo de un biosensor electroquímico para la detección de ácido úrico

EA-O3

J. Piedras¹, R. B. Domínguez², J. M Gutiérrez^{1*}

¹Sección Bioelectrónica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, CINVESTAV-IPN.

²Ingeniería y Química de Materiales. Centro de Investigación en Materiales Avanzados.

*E-mail Responsable de la investigación: mgutierrez@cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

El ácido úrico (AU) es el producto final del metabolismo de las purinas, y es considerado un biomarcador relevante porque en concentraciones anormalmente elevadas puede relacionarse con enfermedades como: diabetes mellitus, síndrome metabólico y gota [1]. La detección sencilla y no invasiva de este biomarcador es altamente deseable, ya que actualmente para ser monitoreado se hace uso de muestras sanguíneas en conjunto con técnicas especializadas como: cromatografía líquida, espectrometría de masas y colorimetría. Aunque estos métodos analíticos son robustos y confiables, resultan costosos, demandantes de tiempo y requieren de personal especializado para operar [2]. En este trabajo se plantea el desarrollo de un biosensor electroquímico como una alternativa sensible, rápida, de fácil uso y de bajo costo para la detección de AU.

METODOLOGÍA

La enzima uricasa fue inmovilizada sobre el electrodo de trabajo de un sensor serigrafado de carbón (Metrohm, MOD. 6.1208.110), mediante enlace cruzado utilizando glutaraldehído, dando como resultado el biosensor Carbón/Uricasa (C/Uox) [4]. El comportamiento electroquímico del biosensor fue evaluado mediante voltamperometría cíclica en una ventana de potencial de -1 a 0.5 V con una velocidad de escaneo de 10 mV/s en un potenciostato Autolab PGSTAT302N. La Uricasa de *Candida sp.* (2 U/mg), AU y glutaraldehído fueron de grado analítico (Sigma Aldrich). Las soluciones de AU se prepararon utilizando PBS (0.1 M, pH 7.4).

RESULTADOS

El biosensor C/Uox utiliza el H₂O₂ generado en la reacción enzimática entre el AU y la uricasa para realizar la determinación de manera indirecta. En la figura 1 se muestra el comportamiento del dispositivo ante diferentes concentraciones de AU, detectándose un incremento de la corriente catódica en el potencial

-0.42 V como resultado de la reducción del H₂O₂ generado. Las concentraciones en el rango de 120 – 420 μM, son las establecidas para monitorear AU en muestras sanguíneas. Sin embargo, el biosensor C/Uox fue capaz de detectar concentraciones por debajo de este rango. Ya que muestras no invasivas, tales como la saliva suelen contener concentraciones de AU por debajo del rango sanguíneo, el biosensor C/Uox puede aplicarse como herramienta potencial para analizar este tipo de muestras.

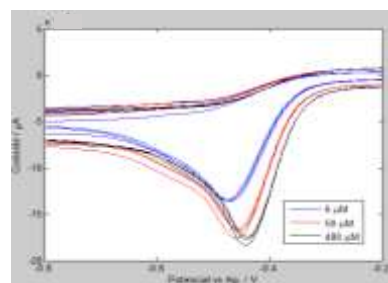


Figura 1. Voltamperometría cíclica para el biosensor C/Uox en presencia de diferentes concentraciones de AU.

CONCLUSIONES

Se construyó un biosensor enzimático para la detección de AU a partir de un sensor de carbón serigrafado y la inmovilización por entrecruzamiento de la enzima uricasa. El método demostró ser sencillo, rápido y de bajo costo para la detección de ácido úrico, así como una potencial herramienta para simplificar la toma de muestras por medio del monitoreo no invasivo de este biomarcador.

REFERENCIAS

- [1] M. K. Kutzing, B. L. Firestein, *J Pharmacol Exp Ther*, **324**, 1 (2018).
- [2] Q. Wang, X. Wen, J. Kong, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 1 (2019).
- [3] J. Kim, S. Imani, W. R. de Araujo, *Biosensors and Bioelectronics*, **74**, 1061 (2015).

Uso de Voltametría de Redisolución Anódica para determinar Pb en diferentes matrices

EA-O4

A. N. Veyna Robles¹, V. Ávila Vázquez¹, M. M. Aguilera Flores^{1*}

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. Tels. 01-492-92-42-419, 01-492-92-55-9981

*E-mail Responsable de la investigación: maguileraf@ipn.mx

INTRODUCCIÓN

En México, en especial en lugares donde se practica la minería, existe una gran cantidad de áreas que están contaminadas por metales pesados, producto de la misma actividad [1]. Una de las causas más comunes de la presencia de metales pesados en el suelo, agua y aire son los residuos mineros que se generan, llamados jales; los cuales suelen ser almacenados en grandes espacios pudiendo estar disponibles para la absorción de las plantas y posteriormente incorporarse a la cadena trófica, como es el caso del Plomo (Pb) [2]. De ahí la importancia de analizar el contenido de metales tóxicos en cultivos expuestos a este tipo de fuente de contaminación. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el contenido de Pb en tallo y hoja de árboles de manzanas, así como de la piel y pulpa del fruto, ubicados en una huerta aledaña a una presa de jales en Zacatecas (México) usando la técnica de Voltamperometría de Redisolución Anódica.

METODOLOGÍA

Se recolectaron 6 muestras de cada parte a analizar (tallo y hoja del árbol de manzana, piel y pulpa del fruto y suelo) de una huerta de manzanas aledaña a una presa de jales en el estado de Zacatecas. Las muestras se trataron según el método EPA3051 mediante digestión ácida asistida por microondas para posteriormente determinar el contenido de Pb en las partes fisiológicas del árbol por Voltamperometría de Redisolución Anódica de Pulso Diferencial (DPASV) y de suelo mediante Voltamperometría de Redisolución Anódica de Barrido Lineal (SLASV) con un sistema de tres electrodos: (1) electrodo de trabajo de carbón vitreo, (2) electrodo de referencia de calomel (Ag/AgCl/Cl⁻), (3) contraelectrodo de platino.

RESULTADOS

En las muestras de suelo se encontraron concentraciones menores permitidas por la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, por lo que el sitio no se considera contaminado y es apto para su uso como suelo agrícola. En cuanto a la pulpa y la cáscara se encontraron concentraciones por encima del Nivel Máximo (NM), permitido por el Codex Alimentarius (CA) de la FAO/ONU, superando hasta 245 y 300 veces respectivamente; considerándose altamente contaminados. Por último, las altas concentraciones en las muestras de tallo y en especial la hoja, comparándose con el blanco, indican que la vía de contaminación de las manzanas es por absorción foliar debido a que datos bibliográficos, el Pb no puede translocarse tan fácil y en grandes cantidades hacia la parte aérea de un cultivo, aunado a que la presa de jales no cuentan con medidas de control para evitar la dispersión de partículas de Pb, por lo que es necesario tomar acciones para evitar que las partículas de Pb se dispersen llegando a las manzanas

CONCLUSIONES

Se deduce que la técnica electroquímica utilizadas permite inferir que la vía de absorción en las manzanas es foliar debido a la concentración de los analitos de estudio, por ello se recomienda controlar la emisión de partículas de la presa de jales para evitar que el Pb llegue hasta las manzanas.

REFERENCIAS

- [1] S. Covarrubias, J. Peña-Cabrales. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, **33**, 7 (2017).
- [2] T. Volke, J. Velasco y D. de la Rosa. (2005). *Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación*, p. 141, Ediciones Mundi-Prensa, España, (2005).

Ajuste de la ecuación de Laviron para comportamiento de un electrodo modificado de pasta de carbón con MOF

EA-O5

I. G. Meza-Pardo¹, M. A. Veloz Rodríguez¹, V. Reyes-Cruz¹, M. Perez-Labra¹, G. Urbano-Reyes¹, J. A. Cobos Murcia^{1*}

¹Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, C.P. 42184.

*E-mail Responsable de la investigación: catseven78@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe gran interés en materiales como los MOF (estructuras metal-orgánicas), ya que presentan excelentes características microestructurales y alta porosidad, que son materiales cristalinos de alta porosidad. Pertenecen a la clasificación de materiales híbridos, debido a la presencia de uniones químicas entre iones metálicos y ligandos [1], mediante sus enlaces de coordinación. Debido a lo anterior, es de suma importancia caracterizar el proceso de transferencia de carga que tienen los MOF para encontrar las propiedades que pueden tener, así como aplicaciones futuras. Por lo que en este trabajo se realizó la descripción del comportamiento de un electrodo modificado con MOF por medio de la ecuación de Laviron.

METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis del MOF por vía solvotermal utilizando 1,2-di-(4-piridil)-etileno, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y ácido 1,2,4,5-Bencentetracarboxílico como precursores. Para la preparación se utilizó grafito y aceite Nujol como aglomerante en una proporción de 2:1 respectivamente más un 3% en masa del MOF. La obtención de los parámetros termodinámicos y cinéticos se realizó mediante el ajuste de los datos experimentales al modelo matemático parametrizado de acuerdo con la ecuación de Laviron.

RESULTADOS

En la Figura 1 se observa que los valores de potencial de pico, así como las corrientes de los picos de oxidación y reducción dependen de la velocidad de barrido; que se describe de acuerdo con el modelo de Laviron para procesos que ocurren en espacios confinados dentro de un electrodo.

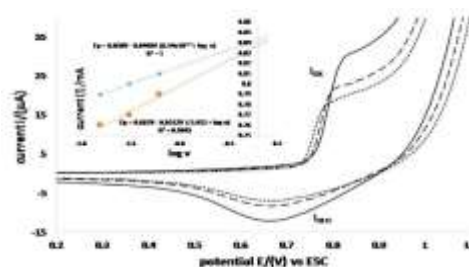


Figura 1 Voltamperometrías cíclicas del EPCM a diferentes velocidades de barrido vs ESC 100 mVs^{-1} (—), 50 mVs^{-1} (- - -) y 25 mVs^{-1} (···).

De acuerdo con el ajuste por iteración, se obtienen los valores termodinámicos y cinéticos: potencial de pico anódico 0.624V y catódico 0.662V, potencial estándar redox 0.787 V, diferencia de potencial 0.027 V. Así como la constante de velocidad estándar de la superficie de reacción de 0.4978 y 0.275 s^{-1} y los valores del coeficiente de transferencia electrónica 0.47 y 0.79 para el proceso anódico y catódico respectivamente. Además, la concentración superficial promedio de reacción del electrodo es $1.012 \times 10^{-7} \text{ molcm}^{-2}$, la cual describe el promedio de la pendiente de la corriente máxima de pico Vs velocidad de barrido.

CONCLUSIONES

El estudio voltamperométrico a distintas velocidades de barrido permitió determinar valores termodinámicos y cinéticos pertenecientes al electrodo modificado con MOF, permitiendo saber que el proceso se encuentra gobernado por una transferencia de 2 electrones.

REFERENCIAS

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

Estudio de la electrodeposición de nanopartículas de plata en carbón vítreo por control galvanostático

EA-O7

R. Moreno-Hernández¹, D. A. Crespo-Yapur¹, M. Videá^{1*}

¹Departamento de Química, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Av. Eugenio Garza Sada 2501, Monterrey, NL 64849, México

*E-mail Responsable de la investigación: mvidea@itesm.mx
con el crecimiento de partículas.

La figura 1B muestra como a mayor intensidad de corriente, manteniendo la carga constante, aumenta el número de partículas y disminuye su tamaño.

INTRODUCCIÓN

El estudio de nucleación y crecimiento durante un proceso de electrocristalización es realizado generalmente bajo control potencioestático [1]. Sin embargo, Martínez et al. [2] concluyeron que el control galvanostático conduce a una mayor densidad de partículas de menor tamaño que el método de doble pulso potencioestático. En este trabajo se propone el estudio sistemático de las curvas de polarización de deposición galvanostática de Ag y de los depósitos generados, tomando como referencia el modelo teórico de Isaev y Grishenkova [3].

METODOLOGÍA

Los experimentos de electrodeposición se llevaron en una celda de gota de baja resistencia. El electrodo de trabajo fue una pieza de carbón vítreo. Alambre de platino se usó como electrodo auxiliar y de pseudo-referencia. El carbón vítreo fue pulido con alúmina y activado electroquímicamente en 0.5M H₂SO₄. Se aplicaron diferentes pulsos de corriente en un rango de 0.19 a 1.88 mA/cm² y de duración equivalente a una carga transferida de 45 μC/cm². Posteriormente, los depósitos fueron inspeccionados por SEM. Las imágenes obtenidas fueron analizadas con el programa ImageJ.

RESULTADOS

Al aplicar un pulso de corriente el electrodo se polariza hasta llegar a un valor mínimo que depende de la intensidad de corriente aplicada (Fig. 1A). Luego el potencial se ajusta en un valor estacionario, correspondiente al crecimiento del depósito. Este comportamiento coincide con el modelo propuesto por Isaev y Grishenkova, quienes sugieren que la primera etapa está relacionada con la nucleación y la segunda

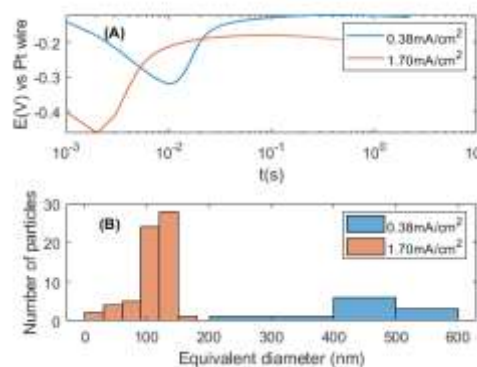


Figura 1. (A) curvas de polarización a diferentes intensidades de corriente y (B) distribución de partículas

CONCLUSIONES

La celda construida permitió la síntesis de nanopartículas de plata por control galvanostático. La dependencia temporal del potencial es similar a la observa en el modelo teórico de Isaev y Grishenkova. A mayores densidades de corriente se obtiene mayores densidades de partículas de menor tamaño, con distribuciones de partículas estrechas.

REFERENCIAS

- [1] C. Ramírez, E. M. Arce, M. Romero-Romo, M. Palomar-Pardavé, *Solid State Ionics*, **169**, 81, 2004
- [2] G.T. Martínez, G. Zavala, M. Videá, *Journal of the Mexican Chemical Society*, **53**, 7, 2009
- [3] V. Isaev, O. Grishenkova, O. Semerikova, *Journal of Solid State Electrochemistry*, **17**, 361, 2013.

Determinación de los parámetros electroquímicos de la hidrocortisona en electrodos de pasta de carbono en presencia de dodecil sulfato de sodio

EA-O8

G. M. Ramos-Reyes¹, S. Corona-Avendaño^{1*}, M. T. Ramírez-Silva²,
M. Palomar-Pardavé¹

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

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

*E-mail Responsable de la investigación: sylvia_cav@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La hidrocortisona, HC, es una molécula que cuenta con una alta relevancia en el organismo de los seres humanos, ya que se produce con el propósito de mantener cuerpo asertivo y en un estado de alerta durante episodios de estrés físico o mental [1]. El desarrollo de sensores electroquímicos enfocados en el estudio de este analito, se centra principalmente en su determinación por medio de biosensores debido a que son altamente específicos [2], no obstante, se ha omitido el estudio de sus propiedades físicas y electroquímicas. Estos electrodos, implican un mayor costo de producción, equipamiento necesario para su construcción, así como tiempo de preparación en comparación con electrodos más versátiles como los de pasta de carbono, EPC, por lo que, en el presente trabajo, se emplean estos electrodos para la determinación de los parámetros electroquímicos de HC, utilizando dodecil sulfato de sodio en solución como un agente modificador de superficie.

METODOLOGÍA

Se preparan soluciones de HC (clorhidrato de HC, Sigma-Aldrich 98%) en 0.1 M NaCl (Sigma-Aldrich, 99%) y 2 mM SDS (Sigma Aldrich 99%) (pH=2, HCl Sigma-Aldrich 34-37%), utilizando agua desionizada tipo I (Milli-Q 18.2 M Ω ·cm). Los experimentos se realizan mediante el uso de una celda de tres electrodos: EPC como electrodo de trabajo, Ag/AgCl como referencia y Pt como contraelectrodo, conectados a un potenciostato Epsilon BASi, acoplado a un módulo de electrodo rotatorio.

RESULTADOS

Por medio de voltamperometría cíclica, VC, se observa que HC presenta un pico de reducción en un potencial de -1108 mV, así como dos picos de oxidación en potenciales de -647 y 834 mV, los cuales son procesos controlados por la difusión y adsorción, respectivamente. Empleando la señal de reducción observada, se determina el número de electrones transferidos, n , el coeficiente de difusión, D , así como parámetros cinéticos como la corriente de intercambio, i_o , la constante de velocidad, k^0 , y el coeficiente de transferencia de carga catódica, α_c .

CONCLUSIONES

El estudio electroquímico de la HC realizada en EPC, es de gran importancia, ya que además de permitir conocer más a detalle su comportamiento, también se logran determinar parámetros que no habían sido abordados mediante estos electrodos de construcción poco costosa, concordando además con información informada previamente mediante metodologías no electroquímicas.

REFERENCIAS

- [1]. J. P. Fawcett, D. W. Boulton, R. Jiang, and D. J. Woods, *Ann. Pharmacother.*, **29**, 987 (1995).
- [2]. M. Borazjani, A. Mehdinia, and A. Jabbari, *J. Solid State Electrochem.*, **22**, 355 (2018).

Elaboración de biosensores amperométrico para detección de glucosa a partir de electrodos de pasta de carbón modificados con ácido felúrico y glucosa oxidasa

EA-P1

G. Valdés Ramírez^{1*}, R. L. Salgado Juárez¹, L. Galicia Luis¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Departamento de Química, Área de Electroquímica. San Rafael Atlixco 186, Col. Viecintina, CP 09340. México.

*E-mail Responsable de la investigación: gabrivra@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

El ácido trans-4-hidroxy-3-metoxicinámico conocido como ácido felúrico (AF), es un ácido fenólico derivado del ácido cinámico. En la naturaleza se encuentra en los tejidos de las plantas, posee propiedades antimicrobianas, anticancerígenas, antiinflamatorias, y altas propiedades antioxidantes. El AF ha sido ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética [1]. Recientemente, un grupo de investigación utilizó AF para construir una membrana polimérica con aplicación en la detección de biomoléculas [2], tomando como referencia estos estudios, en el presente trabajo se muestran los resultados de la caracterización analítica de biosensores amperométricos para detección de glucosa. El biosensor es construido vía electroquímica a partir de una membrana polimérica de poly-FA y glucosa oxidasa (GOx).

METODOLOGÍA

Utilizando voltamperometría cíclica, se construye la membrana sensora a partir de AF y GOx, se utiliza medio acuoso con acetato de sodio como electrolito soporte. La caracterización analítica del biosensor se realiza por amperometría en buffer de fosfatos.

RESULTADOS

En la figura 1 A, se muestran las curvas de calibración para glucosa de biosensores preparados en igual concentración de AF (2.05 mM) y GOx en solución (62.3 U/mL), y en dos diferentes condiciones de pH (5.1 y 7.0). Se observa que el biosensor preparado a pH 7 tiene una mayor sensibilidad, sin embargo, el biosensor preparado a pH 5.1 presenta mayor intervalo de linealidad. En la figura 1B, se muestra el cronoamperograma obtenido al realizar adiciones sucesivas de glucosa, se observa alta estabilidad en la respuesta para el intervalo de 0-35 mM. En la Tabla 1, se presentan los resultados de

sensibilidad, tiempo de respuesta e intervalo de linealidad para biosensores elaborados bajo dos diferentes condiciones de pH.

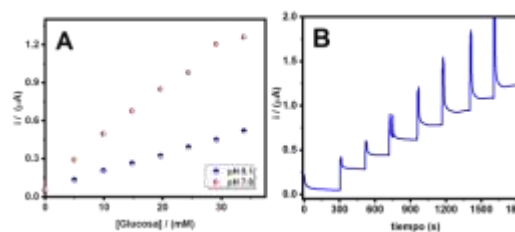


Figura 1 A) Curvas de calibración para glucosa de biosensores preparados a pH 5.1 y 7, B) Cronoamperograma para adiciones sucesivas de glucosa (incrementos de 5mM).

Tabla 1. Parámetros analíticos de biosensores construidos bajo diferentes condiciones de pH.

pH	Sensibilidad (nA/mM)	Tiempo de respuesta (s)	Linealidad (mM)
5.1	13.5	60	0 - 35
7.0	36.1	60	0 - 30

CONCLUSIONES

El uso de la membrana polimérica a base de AF, permite inmovilizar la enzima glucosa oxidasa y obtener un biosensor con respuesta lineal en el intervalo de concentración de 0 a 30 mM de glucosa el cual, se encuentra dentro del intervalo de concentración de relevancia clínica.

REFERENCIAS

- [1] K. Zduńska, A. Dana, A. Kolodziejczak, H. Rotsztejn, *Skin Pharmacol Physiol*, **31**, 332, (2018).
- [2] L. V da Silva, C. B. Lopes, W. C. da Silva, et. al., *Microchem J*, **133**, 460, (2017).

Evaluación de aerogel de carbono como potencial electrodo para la detección ultrasensible de iones de metales pesados

EA-P2

M. A. Saucedo Cañas¹, J. J. Calvillo Solís¹, M. Galicia García^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, anillo envolvente del PRONAF y Estocolmo S/N C.P. 32300 Cd. Juárez, Chih. México.

*E-mail Responsable de la investigación: monica.galicia@uacj.mx

INTRODUCCIÓN

Los metales pesados representan un gran riesgo para la salud pública debido a que causan daños en órganos como el hígado o los riñones y tienden a bioacumularse [1], lo que implica que la exposición a bajas concentraciones, de trazas o ultratrazas pueden a largo plazo desembocar en graves consecuencias para los individuos expuestos a estos elementos.

Por esta razón se prueban cada vez nuevos diseños de materiales que permitan desempeñarse como sensores electroquímicos a nivel traza o ultratrazas de estos metales pesados, con propiedades tan útiles de sensibilidad, exactitud, precisión, y especificidad y las ventajas de bajo costo, corto tiempo de operación y resolución y alta capacidad hacia la portabilidad.

En este sentido, han surgido los aerogeles de carbono, que son materiales que se obtienen a partir de técnicas sol-gel y presentan propiedades conductoras y una gran área superficial [2]. Al estar fabricados de carbono, éstos son químicamente inertes, y muestran elevada conductividad, área superficial y una estructura tridimensional que lo convierten en un material idóneo como electrodo de trabajo en técnicas electroanalíticas de cuantificación de analitos.

METODOLOGÍA

Los experimentos se llevaron a cabo en una celda electroquímica de tres electrodos, con una malla de platino como electrodo auxiliar y un electrodo de referencia de calomel saturado. Se realizaron variaciones de la velocidad de barrido en ferrocianuro de potasio 4mM utilizando como electrolito soporte KCl 0.1M, con los resultados obtenidos se calculó el área real del electrodo por medio de la ecuación de Randles-Sevcik.

Resultados

El área del CAE fue de 0.0923cm² y registró una corriente pico anódica y catódica de $I_{pa}=0.04937$ mA y $I_{pc}=0.0567$ mA. Esta transferencia de carga resulta considerablemente mayor que para el GCE con un área de 0.0706cm², donde se registraron unas corrientes anódicas y catódicas de $I_{pa}=0.0288$ mA y $I_{pc}=0.0275$ mA, como se ilustra en la Figura 1.

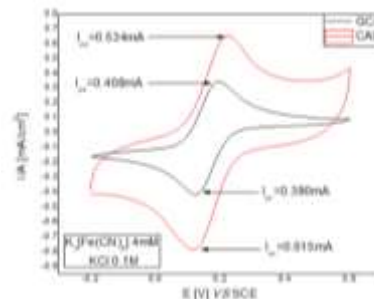


Figura 1. Voltamperometría cíclica de corriente normalizada, aerogel de carbono (CAE) respecto un electrodo de carbono vítreo (GCE).

CONCLUSIONES

El electrodo de aerogel de carbono permite obtener una mayor corriente pico por unidad de área que el electrodo de carbono vítreo, esto evidencia su capacidad para detectar y cuantificar con mayor sensibilidad trazas de iones metálicos.

REFERENCIAS

- [1] D. Rodríguez, *MEDISAN*, **21**, 7003, (2017).
- [2] N. Liu, J. Shen, D. Liu, *Microporous and Mesoporous Materials*, **167**, 176, (201)

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

EA-P3

A. Cerón Pérez¹, M. G. Juárez Moreno¹, M. M. Martínez Sánchez¹, M. González Leal¹, A. Sosa Domínguez^{1*}

¹Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental, 76010, Querétaro, México.

*E-mail Responsable de la investigación: adrian.adrisodo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El meloxicam (MLC) es un oxicame con alto poder en la inhibición inflamatoria, la dosis recomendada es de 7.5 a 15 mg al día, a mayores dosis, el riesgo a eventos cardiovasculares y accidentes cerebrales incrementa [1]. Comúnmente se utilizan diversos métodos analíticos para su cuantificación, sin embargo, requieren costosa instrumentación y largos tiempos en la preparación de la muestra. [2] Una opción a esto son los métodos electro analíticos, como la voltamperometría, dado que ofrecen una alta sensibilidad, además de un bajo costo, fácil manejo y corto tiempo de respuesta. Para mejorar la sensibilidad y especificidad del método se utilizó una modificación con nanotubos de carbono (MWCNT) en el electrodo de carbón vítreo (GC).[3] Además de la eficiencia del método, se considera que en México no se tiene un método estandarizado de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana para la cuantificación de MLC y se tienen valores ambiguos sobre los parámetros básicos de validación [4].

METODOLOGÍA

Se preparó una solución estándar de Meloxicam 1×10^{-3} M. Posteriormente se realizó la modificación del electrodo de trabajo GC dispersando una suspensión de MWCNT. [2] Se realizó la validación parcial del método voltamperométrico utilizando el método de blancos, determinándose el límite de detección, cuantificación, intervalo de trabajo, linealidad y repetibilidad. Se evaluó el método para la cuantificación de MLC, midiendo la concentración del fármaco MLC en formas farmacéuticas comerciales. Finalmente se realizó un análisis estadístico de tipo descriptivo.

RESULTADOS

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

Electrodo	Concentración (M)	Intensidad (nA)
GC	5×10^{-3}	13813.0
	5×10^{-4}	1233.0
GC/MWCNT	1×10^{-3}	18374.0
	1×10^{-9}	112.0

Tabla 2. Curva de calibración MLC.

Parámetro	LoD (M)	LoQ (M)	R
Valor	0.0017	0.0018	0.9487

CONCLUSIONES

La modificación del electrodo de carbón vítreo con MWCNT aumenta su sensibilidad con respecto al analito de interés, permitiendo su determinación a concentraciones nanomolares.

La técnica electroquímica utilizada demostró ser selectiva para la cuantificación de meloxicam.

REFERENCIAS

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

Electropolimerización del EDOT en un disolvente eutéctico profundo (DES) sobre un electrodo de carbón vítreo y su aplicación en la detección de dopamina

EA-P4

E. Godoy-Colin¹, S. Corona-Avendaño^{1*}, M. Palomar-Pardavé^{1*}, J. Osorio-Ramos¹, G. Vázquez-Huerta¹, M. T. Ramírez-Silva²

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

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Química, Área de Química Analítica. C.P. 09340, Ciudad de México, México.

*E-mail Responsables de investigación: sylvia_cav@yahoo.com.mx mpalomar@hotmail.com

GCE en DES y en medio acuoso, se observan que en ambos medios polimeriza, sin embargo, se registran desplazamientos en los picos de oxidación y reducción

INTRODUCCIÓN

Es de interés científico estudiar las propiedades electroquímicas de los electrodos modificados con polímeros conductores (PC), en particular en la detección de moléculas de interés biológico [1]. Se ha encontrado que los Disolventes eutécticos profundos o DES (Deep Eutectic Solvent) se presentan como una opción de gran potencial para la electrosíntesis de PC, debido a su alta conductividad, baja volatilidad, ventanas de gran potencial, facilidad de preparación, bajo costo y biodegradabilidad [2]. Es por ello que este trabajo se propuso modificar la superficie de un electrodo de carbón vítreo (GCE) mediante la electropolimerización del 3,4 etilendioxitiofeno (EDOT) para formar PEDOT, a partir de su respectivo monómero disuelto en un DES a base de Cloruro de Colina-urea (ChCl-Urea, 1:2) y de su uso como sensor electroquímico en la detección de dopamina (DA).

METODOLOGÍA

La electropolimerización del EDOT sobre la superficie del GCE se realizó por voltamperometría cíclica (VC) durante 15 ciclos a partir de una solución 10 mM de EDOT disuelto en DES + 4M HClO₄ a la temperatura de 60 °C. Y se comparó con una electropolimerización del EDOT en medio acuoso 4 M de HClO₄. La detección de DA se realizó por VC a diferentes velocidades de barrido y concentraciones de DA en un medio de HClO₄ pH=3 para ambos electrodos.

RESULTADOS

Al polimerizar el EDOT sobre la superficie del

con el DES, además de que la corriente, i_p , alcanzada en cada ciclo de barrido de potencial fue mayor en comparación con electropolimerización en medio acuoso. Al realizar las detecciones para la DA con ambos electrodos, se observa una mayor corriente de picos en el GCE/PEDOT con DES, lo que da un mayor valor de sensibilidad y mejora los parámetros analíticos.

CONCLUSIONES

Al modificar la superficie del GCE con PC como el EDOT utilizando DES para su electrodeposición, se mejora la sensibilidad del electrodo en la detección de DA en comparación con la modificación en medio acuoso.

REFERENCIAS

- [1] S. Corona-Avendaño, G. Alarcón-Angeles, M. T. Ramírez-Silva, G. Rosquete-Pina, M. Romero-Romo, and M. Palomar-Pardavé, *J. Electroanal. Chem.*, **609**, 17, (2007).
- [2] C. M.A. Brett, *Current Opinion in Electrochemistry*, **10**, 143, (2018).

Estudio de la voltamperometría lineal en muestras de tequila y raicilla

EA-P6

A. Carrillo Mercader¹, M. A. González Cruz², C. Carreón Alvarez, J. P. Moran, M. Tostado Plascencia, M. A. Carreón A.

¹Universidad de Guadalajara, Carretera Guadalajara-Ameca Km. 45.5, C. P. 46600, Ameca, Jalisco México.

*E-mail Responsable de la investigación: alejandra.carreon@profesores.valles.udg.mx

INTRODUCCIÓN

El tequila y la raicilla son bebidas alcohólicas originarias de Jalisco, México. Se obtienen por medio de la destilación del jugo fermentado de la planta de agave (Weber var. Azul), su fermentación es causada por cepas de *Saccharomyces Cerevisiae*. Unos de los problemas que enfrentan ambas bebidas es la autentificación de éstas, y en ocasiones se comercializan con alcohol y agregándole azúcar.

Uno de los métodos que se propone para autentificar las bebidas alcohólicas es por medio de voltamperometría lineal (VL). La VL se basa en la respuesta corriente-potencial de un electrodo polarizable de una solución. Se usa una celda voltamperométrica compuesta por tres electrodos sumergidos en una solución que contiene el analito. Los electrodos están conectados a un generador de potencial de barrido lineal, llamado potenciostato.

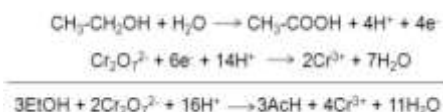
METODOLOGÍA

Se preparó una solución de 1M de NaOH, posteriormente, en un vaso de precipitado se colocaron 4 mL de la solución de NaOH y 2.5 mL de una muestra de tequila, se montó la celda con tres electrodos: la malla de platino (ánodo), el alambre de cobre (cátodo) y el electrodo de referencia Ag/AgCl, se verificaron las conexiones y se aseguró que los electrodos no se tocaran entre sí. El barrido de -0.45V a -0.8V vs. Ag/AgCl con una velocidad de 0.01V/s de barrido. Este análisis se realizó en muestras de diferentes marcas de tequilas y raicilla de dudosa procedencia. Por otra parte, se realizaron mediciones de pH y de conductividad.

RESULTADOS

La figura 1, muestra los resultados de VL en diferentes muestras de tequila. En esta figura se observa un pico anódico en un potencial de 0.15 V vs. Ag/AgCl.

Este pico es característico a la oxidación del etanol en el electrodo de cobre, como se muestra en las siguientes ecuaciones.



Potencial de oxidación reducción del etanol: -0.197

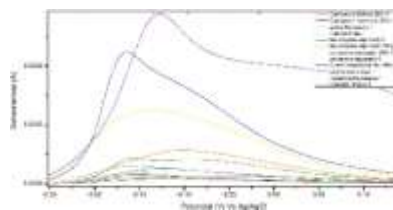


Figura 1. VL en diferentes muestras de tequila.

CONCLUSIONES

Por medio de que se identificaron diferentes marcas de tequila y raicilla. Para el caso de tequila se encontraron corrientes de oxidación en -0.8V, -0.16V y -0.12V vs Ag/AgCl, los cuales corresponden a la oxidación del etanol en el electrodo de cobre. Al obtener estas pequeñas variaciones se logró observar de forma clara la repercusión que tienen los procesos de preparado de los tequilas diferenciando blancos, reposados, añejos y de dudosa procedencia.

REFERENCIAS

[1] Kilmartin, P. A., Zou, H., & Waterhouse, A. L. Journal of agricultural and food chemistry, **49(4)**, 1957 (2001).

Desarrollo y validación de un método electroquímico para la determinación de ibuprofeno en medio acuoso

EA-P7

R. Girón García¹, M. González Leal¹, M. A. Rea López¹, M. A. Rico Rodríguez¹, V. Pérez Moreno¹, A. Sosa Domínguez^{1*}

¹Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Química, Centro de Estudios Académicos sobre Contaminación Ambiental, 76010, Querétaro, México.

*E-mail Responsable de la investigación: adrian.adrisodo@gmail.com

single-laboratory validation of methods of analysis".

INTRODUCCIÓN

Durante décadas la comunidad científica ha enfocado su interés sobre el estudio de contaminantes regulados o de alta importancia, tales como metales, colorantes, hidrocarburos, dioxinas, etc. Todo esto cambió con el desarrollo de nuevas técnicas analíticas más sensibles, las cuales han mostrado un nuevo mar de contaminantes [1,2]. Estos contaminantes potencialmente peligrosos fueron denominados como "contaminantes de preocupación emergentes (CPE)", la lista de contaminantes que se consideran incluye a los fármacos, pesticidas, drogas, productos de cuidado personal, tensoactivos, plastificantes, aditivos industriales y demás [3]. La presencia de estos contaminantes se ha reportado en todos los compartimentos ambientales, principalmente en el agua. El aumento de contaminantes emergentes presentes en el ambiente ha tomado mayor atención en estos últimos años, debido a su peligrosidad, poca información y la nula regulación sobre estos. El desarrollo de nuevos y más sensibles métodos de análisis ha permitido alertar de la presencia de contaminantes en aguas. En el presente trabajo se desarrolló un método voltamperométrico para la determinación de ibuprofeno en matrices acuosas.

METODOLOGÍA

Se utilizó un potenciostato Bio-logic modelo VSP-300 con una celda compuesta de tres electrodos un electrodo de carbón vítreo como electrodo de trabajo, un electrodo de Ag/AgCl como electrodo de referencia y un electrodo de platino como contraelectrodo. La preparación de los estándares se realizó con ibuprofeno con buffer de fosfatos a pH=4 y pH=7. Lo anterior se realizó con el objetivo de obtener las condiciones de mayor sensibilidad. Para la validación del método se evaluaron los parámetros de selectividad, especificidad, sensibilidad, linealidad, límite de detención y cuantificación, exactitud y precisión de acuerdo a "Harmonized guidelines for

RESULTADOS

Tabla 1. Corriente de pico para la determinación voltamperométrica de ibuprofeno.

Electrodo	Concentración (M)	Intensidad (nA)
GC	5×10^{-3}	15819
	5×10^{-4}	1632

Tabla 2. Curva de calibración Ibuprofeno.

Parámetro	LoD (M)	LoQ (M)	R
Valor	0.0015	0.0017	0.97

CONCLUSIONES

La cuantificación de un contaminante de preocupación emergente como el ibuprofeno fue posible al utilizar el electrodo de carbón vítreo como electrodo de trabajo y también se logró realizar la validación del método.

La técnica electroquímica utilizada demostró ser selectiva para la cuantificación de ibuprofeno.

REFERENCIAS

- [1] C. G. Daughton, T. A. Ternes, *Environ. Health Perspect.*, **107**, 907, (1999).
- [2] J. Ryu, J. Oh, S. A. Snyder, Y. Yoon, *Environ. Monit. Assess.*, **186**, 3239, (2014).
- [3] Y. Luo, W. Guo, H. H. Ngo, N. Long Duc, F. I. Hai, J. Zhang, S. Liang, X. C. Wang, *Sci. Total Environ.*, **473**, 619, (2014).

Estudio electroquímico del mejoramiento del coeficiente de difusión de crudo ligero en agua con adición de líquido iónico

EA-P8

E. E. Villalobos Neri^{1*}, U. Páramo García¹, N. V. Gallardo Rivas¹, R. Mayén Mondragón²

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

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

*E-mail Responsable de la investigación: elda.neri@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Entre los líquidos iónicos (LI), los de base imidazolio han obtenido gran atención debido a su estabilidad térmica, alta conductividad iónica, amplia ventana electroquímica y ser más amigables con el medio ambiente. El uso de LI en la remediación de aguas y suelos contaminados con hidrocarburos ha creado un interés en cómo estos compuestos interactúan cambiando las propiedades de los mismos [1].

METODOLOGÍA

El LI empleado en el estudio es el P-toluensulfonato de 1-metil-3-hexilimidazolio, cuya síntesis se realiza a partir de una reacción de intercambio de anión, y se caracterizó por medio de espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR). La técnica empleada en la determinación del coeficiente de difusión es la voltamperometría cíclica, variando la velocidad de barrido de 0.1 a 0.8 V/s utilizando agua desionizada como electrolito para dos sistemas crudo/agua (C/A) y crudo/agua/LI (C/A/LI). La intensidad del pico anódico puede relacionarse con el coeficiente de difusión según la ecuación de Randles-Sevcik [2,3].

RESULTADOS

En los voltamperogramas cíclicos de los sistemas C/A y C/A/LI variando la velocidad de barrido, se observó una dependencia prácticamente lineal de la magnitud del pico anódico respecto a la velocidad de barrido. De la pendiente de la recta el cual se sustituyó en la ecuación y se encuentra el valor del coeficiente de difusión. Para el sistema C/A el valor determinado fue 1.852×10^{-5} cm²/s, y para C/A/LI 4.631×10^{-5} cm²/s, al compararlos se observa un incremento de más del doble del coeficiente de difusión en el sistema que

contiene al LI.

CONCLUSIONES

La interacción del LI con el crudo ligero demostró un cambio en la movilidad del hidrocarburo en agua, lo cual permite inferir que el uso de LI en la remediación de aguas contaminadas daría una gran ventaja al acelerar la remoción.

REFERENCIAS

- [1] K. Jumbri, H. Ahmad, E. Abdulmalek, M. Basyaruddin A. Rahman, Binding energy and biophysical properties of ionic liquid-DNA complex: Understanding the role of hydrophobic interactions, *Journal of Molecular Liquids*, pp. 8-11, (2016)
- [2] N. K. Janjua, Z. Akhter, F. Jabeen, and B. Iftikhar, Cyclic Voltammetric Investigation of Interactions between Bisnitroaromatic Compounds and ds.DNA, *Journal of the Korean Chemical Society*, pp. 154-158 Vol. 58(2014).
- [3] K. C. Skyrianou, C. P. Raptopoulou, V. Psycharis, D. P. Kessissoglou, G. Psomas, Structure, cyclic voltammetry and DNA-binding properties of the bis(pyridine)bis(sparfloxacinato)nickel(II) complex, *Polyhedron*, pp.3268-3270, Vol. 28 (2009).

DIVISIÓN 2.

Ingeniería electroquímica y aplicaciones tecnológicas (IE)

Desionización capacitiva aplicada a la remoción de flúor en medio acuoso

IE-O1

M. A. Gonzalez Lara¹, M. C. Ojeda Escamilla¹, E. R. Larios Durán², R. Ocampo Pérez³, R. Cruz Gaona¹, I. Rodriguez Torres^{1*}

¹Instituto de Metalurgia-Facultad de Ingeniería, UASLP. San Luis Potosí, SLP, México

²Departamento de Ingeniería Química-CUCEI, U de G. Guadalajara, Jalisco, México

³Facultad de Ciencias Químicas, UASLP. San Luis Potosí, SLP, México

*E-mail Responsable de la investigación: learsi@uaslp.mx

INTRODUCCIÓN

El ion fluoruro (F^-) en concentraciones por arriba del límite recomendado en agua subterránea está incrementándose en estados como Chihuahua, San Luis Potosí, Durango, Guanajuato, Morelos y Jalisco [1]. Acorde a los lineamientos de Organización Mundial de la Salud, el nivel de F^- en agua de consumo humano no debe ser mayor a 1.5 mg L^{-1} , ya que si la ingesta de agua por arriba del límite es frecuente, es mayor la incidencia del desarrollo de enfermedades dentales y esqueléticas. Las tecnologías estudiadas de desfluoración de agua han sido la adsorción, precipitación-coagulación y métodos electroquímicos como electrodiálisis, electrodeionización y desionización capacitiva (DC) [2]. La DC es actualmente una técnica considerada de bajo costo, energéticamente eficiente y robusta. Su principio es el remover especies de la solución bajo un mecanismo de electroadsorción en la interface del electrodo. Por otro lado, los minerales de hierro han sido usados en la adsorción de F^- , pero generalmente deben ser modificados para mejorar su capacidad de adsorción, lo que no sería necesario usando DC. En este trabajo se presentan los resultados de magnetita (Fe_3O_4) usada como material adsorbente en la desionización capacitiva aplicada a la remoción de ion flúor.

METODOLOGÍA

Se empleó magnetita de origen mineral como adsorbente, la cual proviene de un proceso de concentración de minerales. Antes de emplearse el material en DC, se obtuvo su punto de carga cero por titulación potenciométrica, y se determinó el efecto del campo eléctrico en el material mediante las técnicas de voltamperometría y espectroscopia de impedancia electroquímica.

RESULTADOS

El punto de carga cero para la magnetita fue de 9.2, por lo que a un pH menor se removerían los aniones. La caracterización reveló el potencial de carga cero y el efecto del empleo del fluoruro de polivilideno y Nafion® en el proceso de DC del fluoruro, así como el efecto de la concentración de aniones coexistentes durante la formación de la doble capa eléctrica y la selectividad de la magnetita (figura 1).

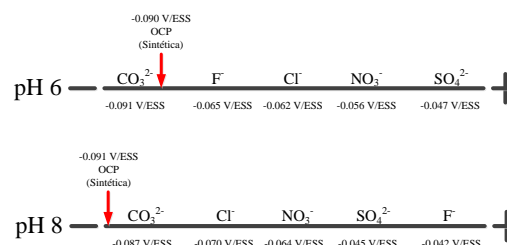


Figura 1. Diagrama de potenciales de carga cero para distintos iones en concentración de agua subterránea a distinto pH.

CONCLUSIONES

El empleo de magnetita como adsorbente durante el proceso de DC permite pensar que es posible la remoción de fluoruro, así como de otros iones, por lo que esta técnica podría ser usada como proceso de desalinización del agua.

REFERENCIAS

- [1] M. A. Armienta and N. Segovia, *Environmental Geochemistry and Health*, **30**, 345, (2008)
- [2] S. Ayoob, A. Gupta, V. Bhat *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **38**, 401, (2008)

Diseño de un sensor electroquímico para el análisis de contaminantes en el aire (CO, CO₂, O₃)

IE-O2

C. H. Rodríguez Gómez¹, M. L. Lozano Camargo^{1*}, F. Tavera Romero², L. Galicia Luis³

¹Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Depto. Ing. Ambiental.

²Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Depto. de Ciencias Básicas.

³Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Depto. de Química.

*E-mail Responsable de la investigación: malulozano@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la evolución y el desarrollo de las zonas urbanas a niveles nacional ha traído como consecuencia una alta concentración de gases de efecto invernadero calidad del aire se ha enfrentado a niveles máximos de contaminantes en el aire, a consecuencia de las actividades antropogénicas e industriales por la emisión de gases que causan el efecto invernadero (GEI) [1]. Por lo antes mencionado se diseñó un sensor electroquímico portátil, capaz de detectar gases contaminantes en el aire, empleando tarjetas Arduino de bajo costo.

METODOLOGÍA

El diseño del sensor se realizó empleando el programa Fritzing donde se determinó el número de sensores a conectar para posteriormente desarrollar el circuito con una fuente de alimentación (VCC) y se empleó el programa LabView para el lenguaje de programación.

RESULTADOS

Se desarrolló el diseño del circuito con la fuente de alimentación (VCC), la cual es la encargada de enviar las señales eléctricas a los sensores, la salida a tierra (GND) y los canales analógicos (AO) que nos permiten obtener la lectura analógica y posteriormente convertirla en lectura digital, el diseño digital se muestra en la figura 1, posteriormente se construyó el

circuito impreso en una placa de cobre capaz de crear el programa de detección de CO, CO₂ y O₃, mediante una tarjeta Arduino la respuesta analógica se obtiene mediante el programa LabView.

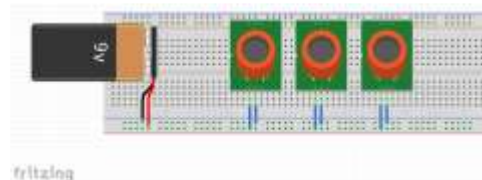


Figura 1. Diseño digital del ensamble de los sensores (protoboard) en Fritzing.

CONCLUSIONES

Se logró el diseño del sensor electroquímico empleando tarjetas de Arduino, así como establecer las condiciones adecuadas en la construcción de la placa de cobre.

REFERENCIAS

[1] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Informe Nacional de Calidad del Aire 2016, México. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire y los Contaminantes Climáticos. Ciudad de México (diciembre 2017).

Análisis teórico-experimental de un reactor de electrocoagulación para tratar agua residual de una industria curtidora

IE-O3

A. D. Villalobos Lara, T. Pérez Segura*, Z. Gamiño Arroyo, A. R. Uribe Ramírez
Departamento de Ing. Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus
Guanajuato, Universidad de Guanajuato. Noria Alta s/n, Gto., México. CP 36050

*E-mail Responsable de la investigación: tzayam@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el proceso de electrocoagulación (EC) ha estado recibiendo mayor atención ya que esta técnica ofrece una mayor eficiencia de eliminación en comparación con los métodos convencionales [1]. El presente trabajo muestra el efecto de la variación de la conductividad del electrolito en un estudio teórico, producto de la concentración de la fracción dispersa del hidrógeno generado por la electrólisis del agua. Se muestra la evolución y comparación de la concentración experimental y numérica del producto de ion de aluminio Al^{3+} de la electro-oxidación de los electrodos de trabajo, considerando un modelo de distribución de corriente secundaria y el producto de transporte de masa por convección de la hidrodinámica presente en el sistema. También, los resultados del tratamiento por EC para el agua residual de una industria curtidora de la ciudad de León Gto.

METODOLOGÍA

Utilizando simulación computacional (CFD) se realizó el diseño de un prototipo de reactor de cilindro rotatorio (RCE). A partir de los resultados obtenidos se construyó dicho reactor y fue utilizado para tratar un efluente real industrial, alcanzando altas remociones para los contaminantes estudiados.

RESULTADOS

El análisis teórico para este sistema reveló condiciones de buen mezclado y una distribución de corriente cuasi uniforme en el reactor RCE debido al diseño geométrico y las bajas cantidades de gas hidrógeno producido a los diferentes valores de corriente estudiados en este trabajo. Mientras tanto, se observaron velocidades de flujo lentas y zonas muertas dentro de los tanques de sedimentación. Además, también se presentan comparaciones entre las concentraciones experimentales y teóricas de Al^{3+} en

régimen estacionario, y se encuentra una buena correlación [2]. Respecto al estudio experimental de tratamiento se logró determinar la densidad de corriente adecuada para alcanzar las remociones estacionarias para los contaminantes estudiados. También, se realizó un análisis estructural mediante SEM-EDS de los floculos generados por la EC encontrado diferentes contaminantes en estos. Finalmente se llevó a cabo el estudio de costos correspondientes para el proceso de EC.

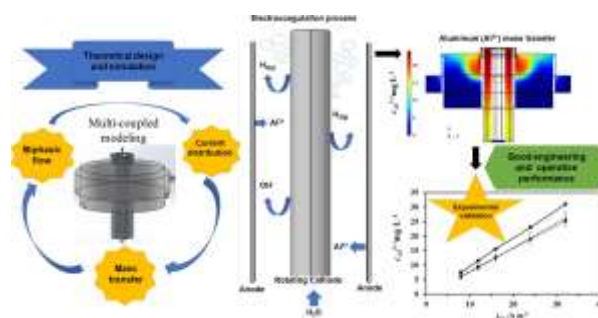


Figura 1. Esquema general del estudio computacional.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se llevó a cabo el estudio computacional y experimental de un nuevo diseño de reactor para realizar EC. Se logró la validación de los modelos matemáticos propuestos y se determinó el porcentaje de remoción de los contaminantes estudiados.

REFERENCIAS

- [1] B. Zeboudji, N. Drouiche, H. Lounici, N. Mameri, N. Ghaffour. *Sep. Sci. Technol.* **48** 1280 (2013).
- [2] A.D. Villalobos-lara, T. Pérez, A.R. Uribe, J.A. Alfaro-ayala, J.D.J. Ramírez-minguela, J.I. Minchacamojica, *J. Electroanal. Chem.* **858**, 113807 (2020).

Electrocristalización por difusión de gases (GDEx)

IE-O5

X. Dominguez Benetton*

Sustainable Chemistry, Flemish Institute for Technological Research (VITO)

*E-mail Responsable de la investigación: xoch@vito.be

INTRODUCCIÓN

La Electroquímica vive un renacimiento. Tan solo en EUA el mercado electroquímico representa más de 60 billones de dólares, excluyendo la corrosión, las baterías de ion litio y los dispositivos con sensores miniaturizados. Este apogeo ha facilitado el reciente desarrollo de nuevas tecnologías electroquímicas, como la electrocristalización por difusión de gases (GDEx, por sus siglas en inglés, gas-diffusion electrocrystallization).

GDEx es un proceso en el que los intermediarios reactivos que resultan de reacciones electroquímicas de reducción de gases, en la triple fase (gas/electrocatalizador/electrolito) de electrodos de difusión de gases, reaccionan con metales en solución o dispersiones, resultando en la rápida precipitación de materiales cristalinos [1]. Las dos principales aplicaciones en la actualidad de GDEx son: (a) la remoción de metales de diversas matrices acuosas (aguas residuales, salmueras geotérmicas, fluidos y efluentes de proceso, solventes orgánicos, líquidos iónicos, etc.) [2], y (b) la síntesis de nanopartículas con identidades sintéticas únicas [3,4] y librerías de nanoestructuras funcionales [1].

El objetivo de este trabajo es exponer los fundamentos y principios de operación del proceso GDEx (con patente vigente en Europa y China, y pendiente en México), así como diversos casos de aplicación. En un futuro esta tecnología pueda ser aplicada en México, contribuyendo al desarrollo sustentable e innovación industrial en sectores como las industrias extractivas, metalúrgicas y de tratamiento de efluentes, así como en aplicaciones biomédicas y en energías electroquímicas limpias.

METODOLOGÍA

La metodología relativa a GDEx se encuentra reportada en la literatura científica reciente [1–4].

RESULTADOS

GDEx se ha aplicado exitosamente en: (a) la remoción, recuperación y valorización de metales [2] entre lo que destacan Co, Mn, Zn, Cu, Fe, los metales del grupo del platino, y los lantánidos, (b) la síntesis de nanopartículas de óxido de hierro con control de la susceptibilidad magnética [3], (c) la síntesis de nanopartículas de sistemas con espines cuánticos con potenciales aplicaciones en computación y comunicaciones cuánticas [4], y (d) la síntesis de librerías de nanoestructuras funcionales con aplicación en tecnologías de producción y almacenamiento de energía electroquímica y electrocatalisis [1], entre otros.

CONCLUSIONES

GDEx surge como una nueva tecnología electroquímica, sostenible, robusta y de gran alcance para amplias aplicaciones en la recuperación de metales, la síntesis de nanomateriales y más. Su implementación industrial en México puede coadyuvar a la transformación sustentable de diversos sectores industriales.

REFERENCIAS

- [1] RA Prato Modestino, V van Vught, K Chayambuka, G Pozo, S Eggermont, J Fransaer, X Dominguez-Benetton, *J Mat Chem A*, DOI: 10.1039/D0TA00633E (2020).
- [2] G Pozo, D van Houtven, J Fransaer, X Dominguez-Benetton, *React Chem Eng*, DOI: 10.1039/D0RE00054J (2020).
- [3] RA Prato Modestino, V van Vught, S Eggermont, G Pozo, P Marín, J Fransaer, X Dominguez-Benetton, *Sci Rep*, DOI: 10.1038/s41598-019-51185-x (2019)
- [4] G Pozo, P de la Presa, RA Prato Modestino, I Morales, P Marin, J Fransaer, X Dominguez-Benetton, *Nanoscale*, DOI: 10.1039/C9NR09884D (2020)

Algunos aspectos teóricos de la electrosíntesis y electropolimerización potencioestática de algunos derivados ferrocénicos

IE-O6

Volodymyr V. Tkach^{1,2*}, Marta V. Kushnir¹, Yana G. Ivanushko³, Sílvio C. De Oliveira², Lucinda Vaz dos Reis⁴, Petro I. Yagodynets¹, Zholt O. Kormosh⁵, Vitalii V. Lystvan⁶, Inna M. Dytynchenko⁶, Yüksel Akinay⁷, Adriano O. da Silva⁸

¹Universidad Nacional de Chernivtsi, 58000, Calle de Kotsyubyns'ky 2, Chernivtsi, Ucrania

²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Av. Sen. Felinto. Müller, 1555, C/P. 549, 79074-460, Campo Grande, MS, Brasil

³Universidad Estatal de Medicina de Bucovina, 58000, Plaza Teatral. 9, Chernivtsi, Ucrania

⁴Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5001-801, Folhadela, Vila Real, Portugal

⁵Universidad Nacional del Este Europeo, 43000, Avda. de la Libertad, 13, Lutsk, Ucrania

⁶Universidad Estatal de Zhytomyr, 10000, Calle Grande de Berdychiv, 40, Zhytomyr, Ucrania

⁷Universidad "Yüzüncü Yıl", 65090, Bardakçı, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü, Tuşba, Van, Turquía

*E-mail Responsable de la investigación: nightwatcher2401@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La síntesis de polímeros conductores se da tanto química, como electroquímicamente [1]. La última técnica permite obtener polímeros dopados que poseen dos tipos de conductividad (electrónica e iónica). Otrosí, el anión dopante da al polímero sus propiedades, lo que es importante para el comportamiento electrocatalítico y analítico del polímero.

Aunque existe bastante interés por los materiales "can al pie", pocos trabajos describen la polimerización electroquímica de los derivados ferrocénicos [2], a pesar de que esos derivados ya se usan en sensores electroanalíticos. El grupo de Química Orgánica de la Universidad Yüzüncü Yıl (Van, Turquía), recién reportó la síntesis de un derivado ferrocénico a partir de la naftoquinona, mediante la reacción de Suzuki (Figura 1) [11, 12].

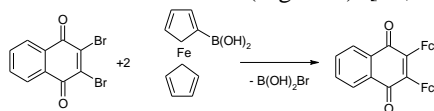


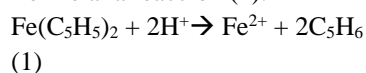
Figura 1. Síntesis química del derivado ferrocénico.

El derivado ferrocénico resultante mostró un alto potencial catalítico en la detección electroquímica del peróxido de hidrógeno, pero a pesar de su alta actividad electroanalítica, la necesidad de emplear materiales costosos en esta síntesis (derivados de ácidos bóricos, catalizadores de oro, paladio y platina), ha dificultado su uso. Problema que puede resolverse mediante la síntesis electroorgánica de este derivado. Sin embargo, las transformaciones electroquímicas de los compuestos orgánicos (incluyendo su electropolimerización) suelen acompañarse por inestabilidades electroquímicas, especialmente la oscilatoria y monotónica [3]. Estas inestabilidades

pueden influenciar fuertemente la morfología del polímero resultante, conllevando a deformaciones serias, responsables de disminuir la conductividad prevista del polímero. Para prever las inestabilidades mencionadas, así como para mejorar las condiciones del desempeño del proceso electrosintético, es necesario el análisis teórico *a priori* del comportamiento del sistema. Por esta razón, el objetivo general de este trabajo es una investigación mecanística-matemática del sistema con la electrosíntesis potencioestática del derivado ferrocénico de la naftoquinona y su polímero.

El sistema y su modelo

El anillo ferrocénico reacciona en medio ácido conforme a la reacción (1):



siendo muy sensible al potencial de hidrógeno.

Por otro lado, Díaz prevé la expulsión de uno o dos protones de cada anillo monomérico en medio neutro, por lo que tampoco se debe emplear este medio (2 – 3):



Así pues, se recomienda la síntesis y electropolimerización en medio básico, sugiriendo la solución tampón carbonato, con lo cual tiene lugar la formación del dímero según la reacción (4):



Además de que el grupo hidroxilo también interviene en la reacción de la electrosíntesis del

monómero, facilitando la expulsión de protones y la salida del cloruro.

Dado lo anterior, concluimos que existen dos posibilidades de describir un modelo matemático para la electropolimerización potencioestática del derivado ferrocénico en medio básico. En este trabajo se analiza el modelo más general, el de tres variables.

RESULTADOS

El análisis del modelo confirma que, en soluciones básicas, en las que no hay influencia negativa de los protones a la estabilidad del derivado ferrocénico y su polímero, solo existen dos factores responsables por el comportamiento oscilatorio. Factores que se deben a la influencia de las etapas electroquímicas: a la fuerza iónica y conductividad de la doble capa.

Por otro lado, en medio básico el estado estacionario se establece más fácilmente. Se trata de hecho, de un sistema electrosintético relativamente estable, controlado por la difusión tanto del derivado ferrocénico, como de la base. Donde pese a que el hidroxilo suele entrar en la matriz polimérica, el polímero depositado presenta una morfología desarrollada y una superficie activa.

La presencia de los átomos de hierro en el polímero aumenta su conductividad obteniendo un polímero bastante activo catalíticamente, idóneo para usarse en sensores, biosensores y sistemas de electrosíntesis orgánica industrial a baja temperatura.

Cuando el estado estacionario entra en vigor, el determinante tiene valores negativos. Ya cuando el determinante se anula, se obtiene el límite de detección descrito por la inestabilidad monotónica. Por ello, su

punto sirve de margen entre estados estacionarios estables e inestables.

CONCLUSIONES

El análisis teórico del sistema con la síntesis y polimerización electroquímicas de un derivado ferrocénico de naftoquinona permite concluir lo siguiente:

Empleando un medio frágil o moderadamente básico, se obtiene un polímero con la superficie desarrollada, con fuerte posibilidad de soportar reacciones electroanalíticas, manteniendo, las propiedades de su monómero.

El proceso de la electrosíntesis se controla por la difusión del derivado ferrocénico y de la base, por lo que puede ser una sustitución eficiente de la reacción de Suzuki-Miyaura.

En medio básico, la electrodeposición del polímero tiene menor probabilidad de acompañarse por oscilaciones electroquímicas ya que estas solo pueden ser causadas por las influencias de dos etapas electroquímicas: la resistencia de la superficie y conductividad y capacitancia de la doble capa.

REFERENCIAS

1. X. Yuan, D. Drago, P. Beaunier *et al.*, *J. Mat. Chem.*, 8(2020), 268
2. N. A. Ertas, E. Kavak, F. Salman *et al.*, *Electroanal.*, 32(2020), 1
3. I. Das, N. Goel, S. K. Gupta, N.R. Agrawal, J. *Electroanal. Chem.*, 670(2012), 1

Caracterización electroquímica y morfológica de capas anódicas obtenidas sobre acero inoxidable 304, usando diferentes tiempos de anodizado y velocidades de agitación

IE-O7

L. P. Domínguez Jaimes¹, M. Á. Arenas², A. Conde², J. J. De Damborenea²,
J. M. Hernández López^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Ciudad Universitaria,
Av. Universidad s/n. C. P. 66455, Monterrey, México.

² Departamento de Ingeniería de superficies, Corrosión y Durabilidad, Centro Nacional de
Investigaciones Metalúrgicas, CENIM-CSIC. Av. Gregorio del Amo 8, 28040, Madrid, España.

*E-mail responsable de la investigación: juan.hernandezlz@uanl.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El acero inoxidable 304 es empleado en diversos sectores industriales debido a su versatilidad, aunque puede presentar corrosión en ambientes agresivos. El tratamiento de anodizado ha sido empleado en diferentes materiales metálicos para prevenir este fenómeno [1]. Sin embargo, la mayoría de los trabajos existentes sobre acero se centran en el crecimiento y caracterización estructural de las capas, aislando los estudios electroquímicos [2].

Por lo tanto, el presente trabajo evalúa la resistencia a la corrosión y morfología de las capas anódicas sobre acero inoxidable 304, modificando el tiempo de anodizado y la velocidad de agitación.

METODOLOGÍA

Muestras de acero inoxidable 304 de 22 mm de diámetro fueron anodizadas. El crecimiento de las capas se realizó aplicando 50 V a 5 °C en una solución de etilenglicol, NH₄F 0.1 M y H₂O 0.1 M durante 15, 30, 45 y 60 minutos. Así mismo, se estudió el efecto la velocidad de agitación creciendo capas a 0, 200, 400 y 600 rpm, durante 15 minutos.

Las capas se caracterizaron mediante microscopía (SEM-EDS) y técnicas electroquímicas en una solución de NaCl 0.6 M. Se realizaron curvas de polarización potencioestáticas de -300 mV hasta 1 V vs OCP y mediciones de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS), barriendo de 10⁵ a 10⁻¹ Hz con tiempo de inmersión de 0 y 24 h.

RESULTADOS

El aumento en la velocidad de agitación generó densidades de carga mayores durante el anodizado, las cuales variaron de ~0.750 (0 rpm) a ~1.061 C/cm² (600 rpm). Así mismo, el incremento del tiempo permitió la obtención de capas nanoporosas ordenadas con mayor

espesor y diámetro de poro.

Las respuestas electroquímicas de las capas crecidas con diferentes velocidades de agitación presentaron una respuesta similar al sustrato con valores de i_{pass} de $\sim 4.10 \times 10^{-7}$ A/cm² y E_{corr} de ~ -312.1 mV, mientras que los tratamientos en ausencia de agitación, pero a diferentes tiempos de anodizado, modificaron el E_{corr} hacia valores más nobles cercanos a ~ -57.3 mV. Sin embargo, el E_{pit} para todos los casos se desplazó hacia valores más bajos, indicando mayor predisposición a la corrosión localizada. Los estudios de EIS mostraron una sola constante de tiempo para la mayoría de las condiciones y el sustrato, con excepción de los tratamientos a 600 rpm donde se revelaron dos constantes de tiempo asociadas a las propiedades de la capa barrera y la capa porosa.

CONCLUSIONES

La caracterización electroquímica de las capas anódicas confirma la independencia de su respuesta frente a la corrosión con la modificación en la agitación y el tiempo de anodizado. Sin embargo, la variación de la agitación ocasiona un aumento de la carga que atraviesa el sistema, favoreciendo la formación de morfologías nanoporosas definidas en largos tiempos de tratamiento. Adicionalmente, las capas anódicas revelan una cinética y un mecanismo de corrosión similar al sustrato no anodizado, lo que indica que el proceso no tiene efectos perjudiciales en la respuesta electroquímica del material.

REFERENCIAS

- [1] P. Roy, S. Berger, and P. Schmuki, *Angew Chem Int Ed Engl*, **50**, 2904, (2011).
- [2] K. Kure, Y. Konno, E. Tsuji, P. Skeldon, G.E. Thompson, H. Habazaki, *Electrochemistry Communications*, **21**, 1, (2012)

Simulación de un proceso Electro-Fenton catódico en fase sólida como alternativa para el mejoramiento de la calidad de agua tratada

IE-O8

L. A. Romero Orellana¹, M. T. Oropeza Guzmán^{1*}, P. A. Valle Trujillo¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana, Posgrado en Ciencias de la Ingeniería, Blvd. Alberto Limón Padilla s/n, Mesa de Otay, 22500 Tijuana, B.C.

*E-mail Responsable de la investigación: oropeza@tectijuana.mx

INTRODUCCIÓN

El reúso del agua tratada, en el riego de áreas verdes, en la industria y en la construcción, tiene como finalidad un mejor aprovechamiento del agua potable y la conservación del medio ambiente. En electroquímica los procesos de oxidación avanzada basados en reacciones tipo Fenton son los más conocidos para eliminar contaminantes orgánicos persistentes. En particular, el proceso Electro-Fenton es una técnica ecológica ventajosa por su excelente eficiencia, alta disponibilidad y compatibilidad ambiental, además de reducir costos por la generación in situ de H₂O₂ [1]. Por otro lado, los beneficios de la simulación matemática permiten una rápida y económica evaluación del funcionamiento un nuevo concepto. En este trabajo se simula un proceso electrolítico combinado: Electro-Fenton catódico en fase sólida y oxidación avanzada anódica, que sea adaptable al efluente (canal) de una planta de tratamientos de aguas residuales. Como modelo de simulación se utilizó la descomposición de azul de metileno.

METODOLOGÍA

Se utilizó un método iterativo para resolver la ecuación Nernst-Planck en una celda electrolítica cuyos productos de reacción catódico y anódico son: H₂O₂ y •OH, utilizando COMSOL Multiphysics[®] en un canal de flujo de escala laboratorio [2]. Los valores de constantes de velocidad fueron tomados de Wu y colaboradores [3].

RESULTADOS

Las ecuaciones del modelo se resuelven en estado transiente utilizando COMSOL Multiphysics[®] la solución está basada en la distribución de densidad de corriente terciaria (Ec. Nernst-Planck). En la Tabla 1 se muestra la concentración de los productos obtenidos

del proceso catódico y anódico. El tamaño de los electrodos y la distancia entre ambos pueden modificarse para reducir o incrementar la resistencia del agua tratada que sirve como electrolito [4].

Tabla 1. Concentración (mM) de los productos obtenidos del proceso catódico y anódico, de acuerdo con la distancia entre electrodos.

Distancia entre electrodos (cm)	Proceso catódico [H ₂ O ₂] (mM)	Proceso anódico [•OH] (mM)
1.9	0.0193	0.0141
1	0.0306	0.0231
0.5	0.0519	0.0489
0.2	0.206	0.276

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta la simulación de un nuevo concepto Electro-Fenton catódico en fase sólida combinado con oxidación avanzada anódica. El modelo permite determinar la concentración de los productos obtenidos durante el proceso catódico y anódico, además de la variación de los mismos respecto a la densidad de corriente, el potencial del electrolito y la separación entre electrodos. Las proporciones geométricas se tomaron de la planta La Morita en Tijuana, B.C.

REFERENCIAS

- [1] S.O. Ganiyu, M. Zhou, C.A. Martínez Huitle, *Applied Catalysis B: Environmental*, **235**, 103, (2018).
- [2] L.A. Romero Orellana, Tesis de Maestría, TecNM/Instituto Tecnológico de Tijuana (2020).
- [3] C. Wu, Z. Yang, S. Huo, Q. Du & K. Jiao, *International Journal of Hydrogen Energy*, **43**, 14648, (2018).
- [4] R. G. Alfonso, *Remington Farmacia*, p. 265, Panamericana, Argentina, (2003).

Evaluación de andamios celulares de PVA/SA con células HGF mediante fluorescencia e impedancia electroquímica

IE-P1

E. Galindo¹, M. Hernández^{1*}, A. A. Casanueva¹, A. Covelo¹, M. A. Álvarez²,
K. K. Gómez³

¹Div. Ingeniería Mecánica e Industrial, CENISA, Facultad de Ingeniería, UNAM, 04510, México

²Facultad de Odontología, Laboratorio de Bioingeniería de Tejidos, UNAM, 04510, México

³CONACyT-Fellow-Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología, UNAM, 04510, México

* E-mail Responsable de la investigación: mahdz2010@comunidad.unam.mx

INTRODUCCIÓN

Las nanofibras de alcohol polivinílico con Alginato de Sodio (PVA/SA) prometen ser una alternativa muy eficaz para ser utilizadas como andamios celulares, dado que generan entramado nanotecnológico capaz de soportar el crecimiento celular [1]. La técnica de procesamiento es mediante la técnica de electrohilado, ya que con esta metodología se obtienen tamaños de nanofibras del orden de 40 – 80 nm, lo que genera un aumento de área superficial del andamio. Sin embargo, es necesario hacer valoraciones celulares para caracterizar y comprobar el crecimiento en el andamio. El objetivo de este trabajo es evaluar biológica y electroquímicamente (impedancia) el comportamiento del PVA/SA con fibroblastos gingivales humanos para determinar su biocompatibilidad celular.

METODOLOGÍA

Se electrohilaron andamios de PVA/AS al 3.5, 4, y 5 % en peso (wt.). Se depositaron e hicieron crecer fibroblastos gingivales humanos (HGF) sobre las nanofibras. Después de 24 horas las superficies de las muestras se analizaron mediante Fluorescencia utilizando CellTracker™.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra que la evaluación de fluorescencia revela una mayor concentración de células HGF en el sistema del 4 % en peso, dado que se aprecian tanto la extensión (crecimiento) de la colonia de las células, así como una mayor densidad de HGF. En esta Figura 1b se observa que este sistema muestra una mejor interacción celular con la superficie, es decir, una mejor formación y expansión

del *biofilm* sobre el andamio de PVA/SA. Así mismo, se observa en las tres muestras, que el crecimiento celular es heterogéneo cubriendo parcialmente la superficie del andamio. Impedancia electroquímica revela que la mayor resistencia (módulo de impedancia) con valores muy bajos de capacitancia corresponden al sistema del 4.0% en peso, que indica condiciones de mayor biocompatibilidad.



Figura 1. Evaluación por fluorescencia de células HGF en el andamio PVA/SA: (a) 3.5%, (b) 4.0% y (c) 5 % en peso. Evaluaciones en 24 horas de ensayo

CONCLUSIONES

La incorporación de células HGF en el andamio de PVA/SA al 3.5%, 4.0 % y 5% en peso en 24 horas de cultivo revela una mejor biocompatibilidad con la concentración al 4.0% de acuerdo con el ensayo de fluorescencia, que indica una mayor proliferación y formación del *biofilm*. Este tipo de estudios revelan las características de crecimiento celular en el sistema de PVA/SA. La técnica de impedancia electroquímica revela condiciones de biocompatibilidad de acuerdo a los datos dieléctricos de resistencia y capacitancia de los sistemas, siendo también el del 4 % en peso el más biocompatible.

REFERENCIAS

[1] A. Covelo, K.K Gómez, P. Corona-Lira, A.C. Ramirez-Reivich, M. Hernández, *Surface Interface Analysis*. **50**, 1012, (2018).

Desionización capacitiva en celda de tipo filtro prensa empleando magnetita natural como adsorbente de flúor en agua

IE-P2

M. A. Gonzalez Lara¹, M. C. Ojeda Escamilla¹, E. R. Larios Durán², R. Ocampo Pérez³, R. Cruz Gaona¹, I. Rodríguez Torres^{1*}

¹Instituto de Metalurgia-Facultad de Ingeniería, UASLP. San Luis Potosí, SLP, México

²Departamento de ingeniería Química-CUCEI, U de G, Guadalajara, Jalisco, México

³Facultad de Ciencias Químicas, UASLP. San Luis Potosí, SLP, México

*E-mail Responsable de la investigación: learsi@uaslp.mx

INTRODUCCIÓN

La contaminación de flúor en el agua subterránea es un problema que se ha desarrollado en años recientes y el interés por removerlo es que la población expuesta puede desarrollar enfermedades derivadas de alta exposición cuando el contenido en agua superior a 1.5 mg L^{-1} , límite establecido por la organización mundial de la salud [1]. Existen diversas tecnologías electroquímicas que permiten remover el flúor del agua como lo son: electrodiálisis, electrodeionización y desionización capacitiva [2]. La desionización capacitiva es una técnica de reciente interés en la remoción de contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos, esto a través del mecanismo de electroadsorción sobre la interfase del electrodo donde se localiza un adsorbente. En la mayoría de los casos se emplean reactores de flujo por donde fluye de manera paralela la solución a tratar y migrando los iones hacia los electrodos de carga opuesta. En este trabajo se presentan los avances de la magnetita natural (Fe_3O_4) empleada como adsorbente durante el proceso de desionización capacitiva aplicada a la remoción de flúor en celda tipo filtro-prensa.

METODOLOGÍA

Se empleó magnetita mineral en la fabricación de electrodos para desionización capacitiva mediante la colocación de un sustrato de magnetita sobre placas de grafito, asimismo, se estudió la remoción del ion fluoruro en un sistema batch bajo el efecto de campo eléctrico y a distintas velocidades de flujo.

RESULTADOS

La magnetita por si misma presenta una capacidad

de adsorción baja de flúor, y es por ello que se modifica el material para incrementar la capacidad de remoción. No obstante, la técnica de desionización capacitiva logra remover el flúor en porcentajes mayores a los obtenidos con adsorción sin campo eléctrico.

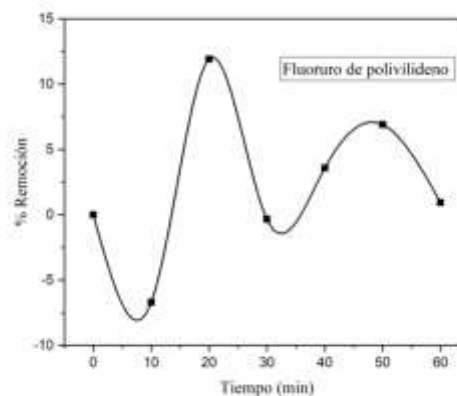


Figura 1. Cinética de desionización capacitiva.

CONCLUSIONES

La técnica de desionización capacitiva incrementa la capacidad de adsorción de flúor de la magnetita. Lo que sugiere una potencialidad de aplicación de este óxido de hierro en la remoción de flúor.

REFERENCIAS

- [1] S. Jagtap, M Kumar Yenkie, N. Labhsetwar, S. Rayalu, *Chemical reviews*, **12**, 2454, (2012)
- [2] S. Ayoob, A. Gupta, V. Bhat *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **38**, 401, (2008)

Degradación de resorcinol en un reactor electroquímico seguido mediante electroforesis capilar

IE-P3

P. B. Alcaraz Torres^{1,2}, M. G. Vargas Martínez², F. A. Rodríguez Pérez^{1*}

1. Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Cuautitlán, Departamento de Ingeniería y Tecnología.
2. Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Cuautitlán, Laboratorio de Desarrollo de Métodos Analíticos.

*E-mail Responsable de la investigación: ica1_alicia@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los seres humanos se han preocupado cada vez más por cuidar el medio ambiente por lo que se ha investigado la forma de prevenir o corregir la contaminación del ecosistema. El agua, uno de los principales recursos naturales, es contaminada por compuestos emergentes, entre los cuales se encuentran los hidroxí aromáticos, como el resorcinol. Se ha informado que el resorcinol puede ocasionar una toxicidad aguda presentando síntomas como vómitos, diarrea, náuseas, metahemoglobinemia, disfunciones hepáticas, edema pulmonar y modificaciones en el sistema nervioso central [1]. Existen diferentes tratamientos para degradar compuestos orgánicos, entre ellos se encuentra el proceso de oxidación avanzada (POA), el cual consiste en generar agentes oxidantes (por ejemplo, el cloro activo, Cl_2 , HClO y ClO^-) capaces de degradar los contaminantes. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se llevan a cabo en vasos de precipitados, en donde no tienen un control de la transferencia de masa y no son escalables para su aplicación a nivel industrial [2]. El escaso estudio de POA en reactores electroquímicos con geometría bien definida y escalable es la principal motivación del presente trabajo, así mismo seguir la degradación con una técnica analítica como la electroforesis capilar.

METODOLOGÍA

Para la preparación de 2 L de solución electrolítica se utilizó resorcinol en una concentración 150 ppm en 0.05 M NaCl. La solución se hizo pasar durante 3 horas en un sistema de recirculación que alimento al reactor electroquímico. El reactor que se utilizó fue sin membrana separadora entre ánodo y cátodo. Se utilizó un ánodo DSA $\text{Ti/RuO}_2\text{-ZrO}_2$ dopado con Sb_2O_5 ,

como cátodo una placa de acero inoxidable, con un área expuesta de 64 cm^2 cada uno. Las densidades de corriente impuestas fueron de $j=10, 5$ y 2.5 mA cm^{-2} . Se manejaron tres diferentes flujos volumétricos 3, 2 y 1 L min^{-1} . Cada 10 min se tomaron muestras del reactor y se analizaron en un equipo de electroforesis capilar, en el cual, se utilizó un buffer de fosfatos con Bromuro de hexadeciltrimetilamonio (CTAB), adicionalmente se analizaron los estándares de los posibles ácidos presentes en la degradación del resorcinol.

RESULTADOS

El seguimiento de la degradación del resorcinol mediante cloro activo (Cl_2 , HClO y ClO^-) en un reactor electroquímico mostró que, a mayor densidad de corriente, mayor es la velocidad de degradación. Los electroferogramas obtenidos muestran picos, los cuales se relacionan con intermediarios de degradación del resorcinol, los cuales coinciden con los informados en la literatura.

CONCLUSIONES

El cloro activo electrogenerado en el reactor electroquímico es capaz de degradar compuestos como el resorcinol. Durante la degradación del resorcinol, se identificaron y cuantificaron varios intermediarios mediante electroforesis capilar.

REFERENCIAS

- [1] N. Hajizadeh, N. Shirzad, A. Farzi, M. Salouti, A. Momeni, *Journal of Coastal Life Medicine*, **4** (12), 932, (2016).
- [2] F. A. Rodríguez, E. P. Rivero, I. González, *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, **15** (2), (2016)

Diseño y optimización de una celda electroquímica para la producción de cloratos

IE-P4

X. Ocampo Lazcarro¹, N. Casillas Santana^{1*}, A. G. González Gutierrez¹

1. Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Boulevard Marcelino García Barragán #1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México

*E-mail Responsable de la investigación: ncasa@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El clorato (ClO_3^-) es un ión inorgánico con elevado poder oxidante, empleado en la producción de diversas sales, e.g., NaClO_3 , KClO_3 , NH_4ClO_3 que posteriormente son usados en procesos industriales o como compuesto activo para la producción de insecticidas y herbicidas. En 2015 el 91.02% del consumo total de clorato de sodio se centro en la industria del papel para el blanqueamiento de la pulpa. Aunque existen diversos métodos para la obtención del clorato, el más empleado es por electrólisis. Sin embargo, los mecanismos y cinética de formación han sido poco estudiados, lo cual ha complicado la optimización del proceso. [1-3]

Este trabajo tiene como objetivo diseñar y optimizar una celda electroquímica para la producción de cloratos en solución.

METODOLOGÍA

La optimización y validación de la celda se llevó a cabo mediante la simulación de la distribución de corriente y potencial primario y secundaria en COMSOL Multiphysics. Así mismo, se analizó la respuesta variando las condiciones de operación como el pH, la temperatura y la densidad de corriente. La celda emplea electrodos de DSA de Ti y Ti/RuO₂-IrO₂ cátodo y ánodo respectivamente. Un suministro de NaCl constante permitió garantizar la saturación de la solución de NaCl. El pH fue monitoreado y ajustado a 6 mediante un goteo continuo de 0.4 mL/min de HCl 0.02M. El producto obtenido fue caracterizado mediante titulación potenciométrica. Las propiedades físicas del clorato de potasio se determinaron por difracción de rayos X.

RESULTADOS

La celda se operó inicialmente durante 8 h continuas con una densidad de corriente de 0.025

A/cm² a condiciones óptimas (pH=6 y 25°C). De la titulación potenciométrica se obtuvo 0.584 mg de ClO_3^-/mL .

La fig. (1) muestra un ejemplo del diseño, tamaño y distribución primaria de corriente simuladas en COMSOL Multiphysics.

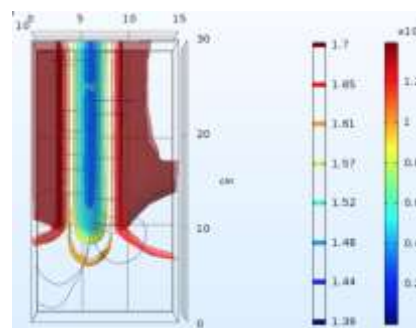


Figura 1. Distribución de corriente y potencial primario de la celda de de cloratos.

CONCLUSIONES

Se diseñó, construyó y optimizó una celda electroquímica para la producción de cloratos con base a los resultados experimentales y de simulación en COMSOL Multiphysics. Las variables críticas para la producción de cloratos es el control del pH, temperatura, agitación, y densidad de corriente.

REFERENCIAS

- [1] K. Viswanathan & B. Tilak. *Journal of The Electrochemical Society*, **131(7)**, 1551 (1984).
- [2] H. Blanchoud, F. Farrugia & J. Mouchel, *Chemosphere*, **55(6)**, 905 (2004).
- [3] F. A. Warren, & J. D. Millar, (1960). *Chlorates and perchlorates their manufacture, properties and uses*. Southwest research Institute. (13-21) San Antonio Tx. (1960).

Efecto de diferentes membranas aniónicas sobre el electrodeposición de Mn

IE-P5

Q. L. Reyes Morales¹, V. E. Reyes Cruz¹, J. A. Cobos Murcia¹, A. Trujillo Estrada²,
F. Legorreta García¹, G. Urbano Reyes¹

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

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 Responsable de la investigación: reyesacruz16@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

La electrorecuperación de manganeso en soluciones sulfatadas ha sido convencionalmente usada para la producción de la mayor parte del manganeso metálico de alta pureza en el mundo. En este medio se requieren de condiciones particularmente energéticas de potencial y corriente, así como la presencia de membranas aniónicas que permitan mantener las características químicas necesarias para obtener manganeso metálico electrolítico (MME), dadas las propiedades reactivas del metal de interés (Mn) [1]. Sin embargo, existen pocas investigaciones relacionadas con el efecto de las propiedades de las membranas aniónicas en la obtención del MME. Es por ello que en el presente trabajo se utiliza un arreglo de electrodos con ánodos dimensionalmente estables (DSA) y cátodos de titanio para evaluar el efecto de las membranas aniónicas AMI 7001s y Neosepta AMX sobre el electrodeposición de manganeso mediante estudios de especiación y voltamperométricos.

METODOLOGÍA

Las voltamperometrías cíclicas del MME se realizaron en un intervalo de -1.65 a 0.8 V vs ESC a una velocidad de barrido de 25 mV/s; utilizando un arreglo de tres electrodos en un reactor de compartimentos separados, con una solución anolítica de H₂SO₄ 1 M y una solución catolítica con 0.27 M de MnSO₄, 0.91 M de (NH₄)₂SO₄ y 5.4 x 10⁻⁴ de SeO₂. Las condiciones del catolito se utilizaron para construir el diagrama de Pourbaix.

RESULTADOS

En el diagrama de Pourbaix se aprecia que el depósito de MME debería llevarse a cabo sin reacciones secundarias que impliquen al Mn. En los voltamperogramas de la Figura 1, se observa la

presencia de procesos reductivos en ambas membranas previos al depósito de manganeso, relacionados con la reducción de sulfatos en el medio catolítico y la formación de MnS; el depósito de MME comienza a potenciales menos catódicos con la membrana AMI 7001s; mientras que con Neosepta AMX presenta corrientes mayores, tanto con en la reducción como en la oxidación del depósito generado; en ambos casos el proceso esta acoplado con la evolución de hidrógeno.

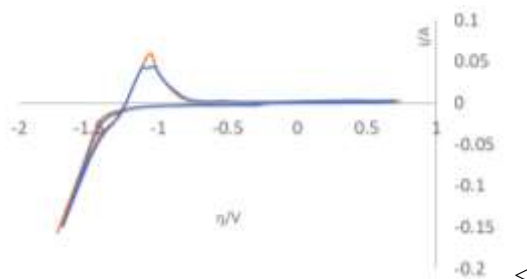


Figura 1. Voltamperometrías cíclicas de AMI 7001s y Neosepta AMX un arreglo de electrodos con cátodo de Ti y ánodo de Ti/RuO₂ a 25 mV/s.

CONCLUSIONES

La formación de MME presenta procesos concomitantes que implican la formación de sulfuro de manganeso a los -260 mV vs ESC en ambos sistemas.

El uso de dos membranas con diferentes propiedades afecta el proceso de depósito de manganeso; mientras que AMI requiere el menor potencial para el proceso de depósito, con -1.19 V vs ESC; Neosepta AMX presenta mayor corriente de reducción, con -0.203 A, lo cual implica una cantidad mayor de masa transformada.

REFERENCIAS

[1] W. Zhang & C. Y. Cheng, *Hydrometallurgy*, **89**, 137, (2007).

Diseño y fabricación de baterías de ion-litio de alta densidad energética basadas en cátodos de LiCoO_2

IE-P6

C. I. López Vicente¹, T. Paulino Segundo¹, G. Ramos Sánchez^{1, 2, 3*}, I. González²

¹Departamento de Ingeniería de Procesos Hidráulicos.

²Departamento de Química.

³ CONACYT-Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, 09340, Mexico City, Mexico.

*E-mail responsable de la investigación: gramos@xanum.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Las baterías de iones de litio (BIL) se han proyectado para aplicaciones en dispositivos que requieren alta densidad de energía y un bajo peso. El diseño de las celdas con características específicas es una forma de incrementar la densidad de energía. Las celdas tipo bolsa son ideales para aplicaciones de alta energía debido a su forma compacta y versátil. A una escala industrial, la densidad de energía puede mejorarse y el costo puede reducirse optimizando la cantidad de componentes inactivos en una celda con la implementación de electrodos más gruesos. [1]

En este trabajo demostramos la viabilidad de fabricar celdas de bolsa de 2 Ah a nivel de laboratorio sujeto a la condición de un área de 6x5 cm para aplicaciones de alta densidad de energía. Se propuso utilizar cobaltato de litio (LiCoO_2) y grafito como cátodo y ánodo. Debido al esquema propuesto y para poseer alta densidad de energía en un diseño compacto, las celdas de bolsa se vieron obligadas a contener la cantidad máxima de material activo posible, de esta manera se incrementó el espesor.

METODOLOGÍA

El proceso de fabricación consistió en cinco etapas, procesamiento de electrodos, corte, ensamble, soldadura de terminales y sellado de la celda, y pruebas electroquímicas. La caracterización electroquímica se realizó en un potenciostato galvanostático, realizando pruebas de carga y descarga en las celdas. Con el fin de comparar la densidad de energía se comenzó por un sistema de celdas moneda y posteriormente se escalo a celdas de bolsa, con área de 26 cm², y cátodos recubiertos por ambos lados con el mayor espesor permitido por la composición propuesta.

RESULTADOS

Para determinar el espesor que permitiera obtener la mayor densidad de energía en las celdas se realizaron varios recubrimientos de cátodos, llegando a un nivel máximo de 500 μm de espesor. Los resultados preliminares (figura 1), para una celda de bolsa con 9 cátodos y ánodos recubiertos por ambos lados, muestra alta capacidad y reversibilidad. La divergencia de la capacidad esperada contra la obtenida se encuentra dentro del 95%.

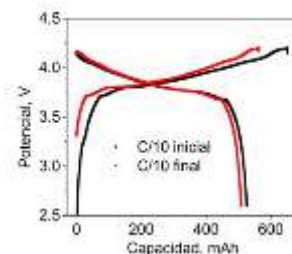


Figura 1. Curvas de carga y descarga del sistema: Cátodo LiCoO_2 / separador/ electrolito (LIPF6)/ ánodo de Grafito, para una celda de 9 electrodos de doble cara.

CONCLUSIONES

Se fabricaron electrodos con un espesor máximo en el cátodo de 500 μm , que incrementa la densidad de energía en el sistema. También se escaló de un sistema de celdas moneda a uno de celdas de bolsa, pasando de un área de electrodos de 2 cm² a un área de 26.1 cm² respectivamente.

Se agradece a CONACYT CB A1-S 15770 y PN 255 el financiamiento recibido para este proyecto.

REFERENCIAS

[1] K. Rollang, D. Juarez-Robles, Z. Du, D. L. Wood, P. Mukherjee, *Drying Temperature and Capillarity-Driven Crack Formation in Aqueous Processing of Li-Ion Battery Electrodes* (2019).

Preparación de películas flexibles de polipirrol por depósito electroquímico para su aplicación en dispositivos termoelectricos

IE-P7

J. O. Martínez Martínez¹, E. C. de la Cruz Terrazas^{2*} M. A. Domínguez Crespo¹

¹Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación En Ciencia Aplicada Y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira.

²Catedrática CONACYT. ¹Instituto Politécnico Nacional. Centro De Investigación En Ciencia Aplicada Y Tecnología Avanzada, Unidad Altamira.

*E-mail Responsable de la investigación: jmartinezm1801@alumno.ipn.mx

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos termoelectricos han recibido la atención de la comunidad científica debido a que transforman la energía térmica en energía eléctrica, sin embargo, para la fabricación de estos dispositivos se usan materiales inorgánicos [1], el problema con estos materiales inorgánicos es que presentan una alta toxicidad para el ambiente durante su fabricación. Por esta razón, se propone el uso de materiales orgánicos como los polímeros conductores, estos polímeros han llamado la atención debido a que poseen ciertas características de los metales, pero manteniendo las propiedades de un polímero convencional. Entre los polímeros conductores más estudiados se encuentra el polipirrol (PPy) es uno de los más prometedores por su fácil síntesis y porque durante su fabricación no genera residuos peligrosos [2, 3]. El objetivo de la presente investigación es sintetizar películas de PPy flexibles por depósito electroquímico, y evaluar su potencial aplicación en dispositivos termoelectricos.

METODOLOGÍA

Para la síntesis de películas de PPy se empleó el método de depósito electroquímico, se utilizaron placas de acero inoxidable como electrodos, los reactivos fueron pirrol a 0.5 M como el monómero y ácido oxálico 0.1 M como el agente dopante. se aplicó un voltaje de (4 volts) durante (60, 90 y 120 minutos).

RESULTADOS

Por el método de depósito electroquímico se obtuvieron películas de PPy flexibles, en los resultados de Espectroscopia Infrarroja por Transformada de

Fourier (por sus siglas en inglés FTIR) se pudo observar las señales 1600 que corresponden a la bandas C=N corresponde a las vibraciones fundamentales del anillo y a la respiración del anillo de polipirrol, las bandas, por el método de las cuatro puntas se obtuvo la conductividad eléctrica de las películas de polipirrol que fue de 1.37E-04, 5.02E-04 y 5.60E-04 S/cm (60, 90 y 120 minutos respectivamente).

CONCLUSIONES

En Fue posible obtener películas de PPy por el método de depósito electroquímico aplicando un voltaje de (4 Volts) y con diferentes tiempos de síntesis (60, 90 y 120 minutos).

Por espectroscopia FTIR se pudieron observar las señales características del PPy, vibraciones del anillo y a la respiración del anillo de polipirrol.

Las películas de PPy presentaron conductividad eléctrica de 1.37E-04 a 5.60E-04 S/cm, dando como mejor resultado la película de polipirrol con mayor tiempo de depósito.

REFERENCIAS

- [1] M. Culebras, B. Uriol, C. M. Gómez, and A. Cantarero, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **7(23)**,15140, (2015).
- [2] L. Liang, G. Chen, and C. Y. Guo, *Mater. Chem. Front.*, **1(2)**, 380, (2017).
- [3] N. Dubey and M. Leclerc, *J. Polym. Sci. Part B Polym. Phys.*, **49(7)**, 475, (2011).

Estudio del fenómeno de la corrosión sobre acero ASTM a-36 en soluciones cloradas bajo protección catódica usando fuentes renovables a través de un sistema híbrido

IE-P8

J. A. Ramírez-Fernández¹, G. Galicia-Aguilar¹, M. Hernández Pérez¹, J. L. Ramírez-Reyes¹,
N. Garcia-Navarro², A. L. Medina Almazán³, R. Cabrera-Sierra⁴

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

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.

³Departamento de Tecnología de Materiales, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

⁴Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas

E-mail Responsable de la investigación: a.ramfer05@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales métodos para el control de la corrosión es el de la protección catódica por corriente impresa, usado ampliamente en varios sectores de la industria, con el inconveniente de depender de la línea principal de electricidad, por lo que se han creado alternativas para proveer la protección a las estructuras usando energías renovables, teniendo el riesgo de interrumpir la protección si dicha fuente o sistema no satisface la demanda de corriente por largos periodos de tiempo agotando las reservas de energía, por lo que en este trabajo se propone la implementación de un sistema híbrido, el cual satisfaga las necesidades de protección de una estructura mitigando el riesgo de la interrupción de la energía [1].

METODOLOGÍA

Se utilizó una celda de tres electrodos, con acero ASTM a36 como electrodo de trabajo, con previa preparación superficial, para evaluar el fenómeno de la corrosión en tres soluciones, agua de mar, NaCl al 3.5% y solución NS4, aplicando las técnicas de espectroscopía de impedancia electroquímica y resistencia a la polarización lineal, seguimiento de potencial de corrosión y pH durante 20 días, usando placas desnudas. Posteriormente se aplicó un sistema de protección catódica utilizando fuentes de poder y el prototipo propuesto.

RESULTADOS

Se propuso el diagrama del prototipo, en donde una tarjeta Arduino controla la selección de la fuente más cargada de las acopladas al sistema, a través del uso de relevadores que reciben la señal del Arduino

para conmutar, esta señal se da cuando se comparan los valores de la capacidad de los bancos de baterías, con la finalidad de que, sin importar que fuente de alimentación se utilice, la energía no pase a través del Arduino, eliminando la limitante presente en trabajos anteriores por las capacidades energéticas de la tarjeta, como se muestra en la figura 1[2].

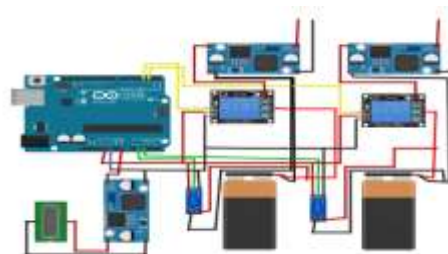


Figura 1. Circuito del prototipo propuesto para aplicar corriente impresa usando fuentes renovables.

CONCLUSIONES

Usando el circuito propuesto se pueden cumplir los criterios de protección catódica por corriente impresa necesarios para la protección del acero a-36, con la posibilidad de aplicar protección a diferentes sustratos.

REFERENCIAS

[1] Peabody, A. W., and Bianchetti, R. L. *Peabody's control of pipeline corrosion*. Houston TX: NACE International, The Corrosion Society. (2001).

[2] Juárez, E.G. Tesis “*Estudio experimental sobre la fenomenología de la corrosión en condiciones de protección catódica en un ambiente simulado: Caso de estudio acero A-36*”. Veracruz, Instituto de Ingeniería. (2016)

Validación de la simulación en CFD de la difusión de Cr (III) en una membrana catiónica de un sistema de electrodiálisis

IE-P9

L. G. Alvarado Montalvo¹, J. M. Álvarez Cisneros¹, P. Vizguerra Morales¹, M. M. Salazar Hernández¹, G. Vázquez Rodríguez², B. Ruiz Camacho³, J. C. Baltazar Vera^{1*}

¹Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología,
División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato.
Ex. Hda. San Matías S/N, Col. San Matías, C. P. 36020, Guanajuato, Gto., Méx.

²Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental,
División de Ingenierías, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato.
Juárez 77, Col. Centro, C. P. 36000, Guanajuato, Gto., Méx.

³Departamento de Ingeniería Química,
División de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato.
Noria Alta S/N, Col. Noria Alta, C. P. 36050, Guanajuato, Gto., Méx.

*E-mail Responsable de la investigación: jc.baltazarvera@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

El diseño y desarrollo de tecnologías que permitan generar procesos amigables al medio ambiente es de vital importancia, en este sentido gran cantidad de procesos mineros metalúrgicos emplean agua como parte de su funcionamiento, lo cual genera efluentes con contenidos de iones metálicos lo que dependiendo de su concentración en PPM representan una problemática para el tratamiento de agua [1]; de acuerdo a lo anterior se han desarrollado diversas técnicas con la finalidad de tratar dichos efluentes como la electrodiálisis, la electro-deionización entre otros.

METODOLOGÍA

En este trabajo se lleva a cabo la validación de la simulación correspondiente a la migración del Cr (III) a través de una membrana catiónica de un sistema de electrodiálisis con un área efectiva de 40 cm² insertando un cátodo (acero inoxidable 304) y un ánodo dimensionalmente estable (Ti/RuO₂) empleando una solución de Cr (III) de 100 ppm. La simulación fue realizada empleando el software Fluent 16 en CFD de ANSYS [2], utilizando el modelo κ - ϵ estándar en medio difusivo, el mallado fue elaborado mediante el software Gambit mediante un mallado híbrido [3].

RESULTADOS

Los resultados muestran que el modelo κ - ϵ estándar es adecuado para representar este caso de estudio, lo anterior se sustenta en los valores obtenidos por la simulación, los cuales muestran una estrecha

ceranía con los datos experimentales Ver tabla 1 y 2 [3].

Tabla 1. Resultados de Concentración 100 ppm correspondiente al reservorio diluido.

Experimental vs Simulación (Diluido)						
Tiempo (Hr)	0	1	2	3	4	5
Concentración (ppm) Experimental	100	50	30	18	15	8
Concentración (ppm) simulación	100	56	35	23	14	9

Tabla 2. Resultados de Concentración 100 ppm correspondiente al reservorio concentrado.

Experimental vs Simulación (Concentrado)						
Tiempo (Hr)	0	1	2	3	4	5
Concentración (ppm) Experimental	100	140	165	178	182	187
Concentración (ppm) simulación	100	145	163	174	180	184

CONCLUSIONES

Los resultados de este caso de estudio muestran que el proceso simulado presenta una aceptable concordancia con los datos experimentales, lo cual indica que el modelo usado es adecuado.

REFERENCIAS

- [1] Fan, C. S., Liou S., Chemosphere C. H., 184, 924-931 (2017).
- [2] ANSYS, Inc. ANSYS Fluett User's Guide. (2013).
- [3] Fluent Inc. FLUENT 6.3 Getting Started Guide. Reaction Design Inc. PathScale Corporation (2206).

Electro-regeneración de resinas de intercambio iónico utilizadas en la remoción de cromo hexavalente

IE-P10

D. M. Vargas Aguilera¹, C. Zúñiga Chacón², G. Vázquez Rodríguez³, B. Ruiz Camacho⁴, M. Caudillo González¹, J. C. Baltazar Vera¹, L. G. Alvarado Montalvo^{2*}

¹Depto. de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología, DI, Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato.

²Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Abasolo, Gto.

²Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, División de Ingenierías, UG.

³Departamento de Ingeniería Química, División de Ciencias Naturales y Exactas, UG.

*E-mail Responsable de la investigación: lucia.alvarado@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

En el resumen deberán aparecer las secciones: Uno de los tratamientos utilizados en efluentes con contenido metálico, es el intercambio iónico, el cual permite el tratamiento de grandes volúmenes de aguas que contienen concentraciones bajas de metales [1-3]. Este tipo de procedimiento implica el uso de un sistema de tratamiento de tipo semi-continuo, involucrando una etapa de elución del intercambiador, la cual implica el uso de ácidos o bases capaces de provocar dicha elución, para así liberar el ion metálico intercambiado. Es, entonces, el uso de ácidos y bases un factor económico a considerar en el proceso. Por otro lado, hay sistemas de tratamiento electroquímico, como lo es la Electrodeionización, en donde la regeneración de las resinas de intercambio iónico sucede *in situ* según la teoría, siendo aún poco entendido la manera en que la regeneración comienza a suceder, y las condiciones exactas que la favorecen [4-6].

METODOLOGÍA

En el presente trabajo fueron realizados experimentos, donde se evalúa un sistema de intercambio iónico para el tratamiento de una solución sintética de Cr (VI), estudiando la electro-regeneración de la resina utilizada bajo distintas condiciones de diferencia de potencial aplicada. Se utilizó una resina de intercambio aniónico determinando su capacidad de intercambio, para posteriormente inducir la regeneración por medios electroquímicos. Se estudió la regeneración en un lecho empacado, empleando una mezcla de resinas aniónica y catiónica.

RESULTADOS

Los resultados muestran que efectivamente es posible inducir la regeneración de la resina, logrando prolongar su uso en el sistema de tratamiento de efluentes. Se obtuvieron gráficos de concentración contra el tiempo, donde partiendo de una resina saturada por intercambio se logra continuar bajando la concentración de una solución, demostrando la regeneración del lecho de resina.

CONCLUSIONES

La regeneración de la resina efectivamente se induce. El tiempo en el que se logra y la eficiencia de ello depende íntimamente del pH.

REFERENCIAS

- [1] A. A. Zagorodni, *Ion Exchange Materials Properties and Applications*, 351-376, Elsevier Science, Suecia, 2006.
- [2] D. Lee, J. Lee, Y. Kim, S. Moon, *Separation and Purification Technology*, **179**, 381, 2017.
- [3] J. Lee, K. Yeon, J. Song, S. Moon, *Desalination*, **207**, 276, 2007.
- [4] Y. S. Dzyazko, V. N. Belyakov, *Desalination*, **162**, 179, 2004.
- [5] L. G. Alvarado Montalvo, *Mecanismo de Electrodeionización aplicado a la remoción de Cr(VI)*, 184, Publicia, Barcelona (2014)
- [6] C. Zhao, L. Zhang, R. Ge, A. Zhang, C. Zhang, X. Chen, *Chemosphere*, **217**, 763, 2019.

Análisis teórico de la dinámica de fluidos y la distribución de corriente de una celda tipo filtro prensa para electro-oxidación avanzada

IE-P11

E. R. Salas, M. F. Chávez, A. D. Villalobos, T. Pérez*

Departamento de Ing. Química, División de ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato, Noria Alta S/N, Col. Noria Alta, C.P 36250

*E-mail Responsable de la investigación: t.perezsegura@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

En la actualidad algunas aguas residuales de origen industrial contienen compuestos orgánicos recalcitrantes de difícil degradación, los cuales no pueden ser degradados total o parcialmente por tratamientos convencionales. Debido a lo anterior los procesos de electro-oxidación avanzada empleando el radical $\bullet\text{OH}$ han llamado la atención por su gran eficiencia al mineralizar o degradar este tipo de compuestos [1].

La mayoría de los trabajos reportados sobre electro-oxidación avanzada realizan estudios de degradación de manera empírica o semi-empírica, dejando de lado la parte ingenieril, como la optimización del diseño de la celda desde el punto de vista de los fenómenos de transporte.

En el presente trabajo de investigación se analizó un nuevo diseño de una celda electroquímica tipo filtro-prensa de electro-oxidación avanzada mediante simulaciones de la hidrodinámica y la distribución de corriente por medio del método de elementos finitos y las ecuaciones de RANS, que incluyen viscosidad turbulenta por medio del modelo $k-\epsilon$.

Para el nuevo diseño de la celda se basó en un diseño original, realizando modificaciones en la zona del promotor de turbulencia, el electrodo de trabajo y el contra electrodo.

METODOLOGÍA

Una vez establecido el dominio de simulación, se generó una malla con 5,462,759 elementos; es importante destacar que para determinar la malla que mejor se ajustaba al estudio, se realizó un análisis de malla.

La simulación de la hidrodinámica en la celda se realizó a cinco caudales diferentes en un rango de 0.5 a 3.0 L/min, generando perfiles de velocidad a tres líneas de corte distintos a lo ancho de la celda. El

cálculo de la distribución potencial fue descrito por la ecuación de Laplace y la distribución de corriente se especificó por las respectivas condiciones de frontera de la distribución de corriente primaria y secundaria a través de la ley de Ohm.

RESULTADOS

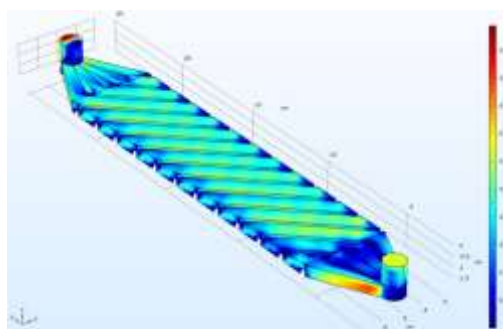


Figura 1. Diagrama de la distribución del campo de magnitud de velocidad para el caudal de 1.5 L/min dentro de la celda electroquímica para todo el dominio de simulación.

CONCLUSIONES

Se determinó que, al alargar el promotor de turbulencia y los electrodos, se propiciaron condiciones de pseudo-flujo pistón y se generó un buen mezclado.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los reactores electroquímicos funcionan en condiciones de flujo turbulento, la simulación de flujo turbulento es atractiva para mejorar el diseño de la celda con el fin de lograr mejores condiciones hidrodinámicas, transferencia de masa y transferencia de carga dentro de la celda.

REFERENCIAS

[1] I. Sires, E. Brillas, *Environment International*, 40, 212, (2012).

Impacto del número de canales en el campo de flujo de una celda de combustible tipo PEM

IE-P12

R. A. Molina Barrientos, J. M. Sierra Grajeda*, O. Meza Cruz, S. J. Figueroa Ramírez, H. Mandujano Ramírez

Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campus III, Avenida Central S/N, Esq. con Fracc. Mundo Maya, C.P. 24115, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

*E-mail Responsable de la investigación: jsierra@pampano.unacar.mx
alejandramb0796@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible tipo PEM son consideradas como una de las tecnologías de conversión de energía más prometedoras y eficientes para proveer de energía eléctrica a dispositivos portátiles, estacionarios y a los vehículos de la siguiente generación. Sin embargo, para que las PEMFC logren comercializarse de forma masiva es necesario reducir sus costos y elevar aún más su eficiencia. Para esto es necesario comprender a detalle todos los procesos físico-químicos que ocurren en su interior, por lo que en el presente trabajo se realizó un estudio de dinámica de fluidos computacional (CFD) sobre el impacto que causa el número de canales del campo de flujo en la distribución de gases sobre la capa catalizadora de una PEMFC.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el estudio numérico se utilizó un software comercial de CFD y la metodología se dividió en tres etapas: En la primera, se elaboró y simuló un modelo de una celda comercial con campo de flujo de serpentin de un canal, en la segunda etapa se evaluó el mismo campo de flujo pero con 3 canales en paralelo (diseño 1) y en la tercera etapa se realizaron modificaciones en las dimensiones de los canales y la geometría del distribuidor de flujo (diseño 2). Los tres diseños se evaluaron en modelos de monocelda y en stack.

RESULTADOS

En la figura 1 se presentan los contornos de presión para los tres diseños de campos de flujo de una monocelda. En los contornos se puede observar la distribución del gas a lo largo del campo de flujo y el

área que el gas alcanza a cubrir sobre el catalizador.

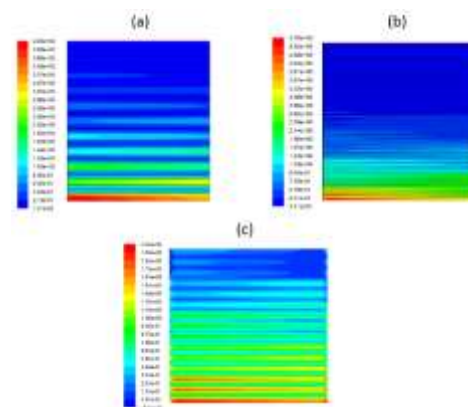


Figura 1. Distribución de presión (Pa) para los tres diseños de campos de flujo (a) comercial, (b) diseño 1, (c) diseño 2.

CONCLUSIONES

El diseño del campo de flujo tiene un impacto significativo en la distribución de gases en el interior de una PEMC y por ende en su desempeño. El uso de canales en paralelo puede resultar útil o perjudicar en la distribución del gas sobre la capa catalizadora. Los resultados de este trabajo demuestran que para diseñar un campo de flujo que garantice un máximo aprovechamiento de combustible es importante considerar el número de canales en paralelo, sus dimensiones y su relación geométrica con el área del campo de flujo, por mencionar algunos.

REFERENCIAS

- [1] S. Shimpalee. The impact of channel path length on PEMFC flow field design. J. of Power Sources, 160, 398, (2006)

Caracterización de electrolizadores tipo PEM con diferentes campos de flujo

IE-P13

A. Pineda Arguelles, S. J. Figueroa Ramírez*, J. M. T. Sierra Grajeda, L.F. Santis Espinosa
Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Carmen, Campus III, Avenida Central S/N,
Esq. con Fracc. Mundo Maya, C.P. 24115, Ciudad del Carmen, Campeche, México.

*E-mail Responsable de la investigación: sfigueroa@pampano.unacar.mx
amadopinedaa@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El hidrógeno es un vector energético y se puede obtener por diferentes métodos. La electrolisis del agua presenta varias ventajas respecto a otros procesos de producción. Existen diferentes electrolizadores, particularmente, los electrolizadores de membrana de intercambio protónico (PEM) se distinguen por ser compactos, limpios, de fácil mantenimiento, alta eficiencia y por obtener H₂ de mayor pureza [1]. Sin embargo, el desempeño se puede ver afectado por un mal diseño, tipo de electrodos (cátodo, ánodo) y condiciones de operación. Por tal razón, en el presente trabajo se evalúan dos prototipos de electrolizadores con diferentes campos de flujo con la finalidad de conocer su desempeño.

METODOLOGÍA

La metodología empleada consistió en ensamblaje, caracterización y comparación del desempeño de ambos diseños de campos de flujo, así como la validación de sus resultados con un electrolizador comercial. Para evaluar cada electrolizador se construyó un sistema de suministro y recirculación de agua para los dos electrodos, este sistema consta de dos depósitos de agua, una minibomba de agua y una fuente de alimentación y un sistema arduino para regular el caudal. La caracterización se lleva a cabo al obtener curvas de polarización, aplicando un ΔE entre 1.4 a 2.4 V con un caudal 0.59 L/min. Asimismo, se evaluó la producción de hidrógeno aplicando diferentes ΔE constante durante 10 minutos.

RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la curva de polarización de los diferentes electrolizadores. En todos los casos, la corriente y la cantidad de hidrógeno producido aumenta en función del potencial aplicado. En el potencial de 2.4 V se obtuvo un volumen de 546, 372

y 300 mL de hidrógeno durante 10 minutos para la configuración de pin circular, pin cuadrado y electrolizador comercial, respectivamente.

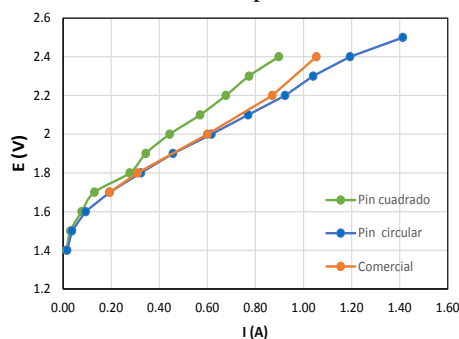


Figura 1. Comparativa de las curvas de polarización para los diferentes electrolizadores.

CONCLUSIONES

En este trabajo se llevó a cabo la caracterización de dos prototipos de electrolizadores tipo PEM con diferentes campos de flujo, el diseño con pines circulares mostró mejor desempeño que el de pines cuadrados y el diseño comercial. El principal problema que se observó en el diseño con pines cuadrados y comercial fue el estancamiento de burbujas en la base plana de los pines cuadrados, lo cual se logró evitar en gran medida para el diseño con pines circulares, esta mejora en el diseño permitió disponer de mayor área activa en el electrodo para la conversión electroquímica de agua en hidrógeno.

REFERENCIAS

[1] S. Shiva Kumar, V. Himabindu, *Materials Science for Energy Technologies*, 2, 442, (2019).

Estudio de la dureza del titanio grado 2 anodizado, utilizando HCl acuoso como solución electrolítica

IE-P14

A. Maytorena Sánchez¹, L. García González^{1*}, F. López Huerta², S. Hernández Montiel¹,
L. Zamora Peredo¹, R. Orozco Cruz³, J. Hernández Torres¹

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

²Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana.

³Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana

*E-mail Responsable de la investigación: leagarcia@uv.mx

INTRODUCCIÓN

Uno de los óxidos metálicos más estudiados en la actualidad es el óxido de titanio, ya que, por sus excelentes propiedades, posee diferentes aplicaciones como recubrimientos, pinturas, fotocatalisis y sensores [1, 2]. Dentro de los procesos de oxidación anódica, las soluciones electrolíticas utilizadas para el proceso de obtención de recubrimientos nanoestructurados se pueden clasificar en cuatro generaciones, que se correlacionan para el estudio de la anodización del titanio [3]. Para este trabajo, se emplearon electrolitos de la cuarta generación [1, 2, 3], debido a que hay muy poco reportado sobre el estudio de nanoestructuras de TiO₂ obtenidas mediante electrolitos basados en iones cloruro.

METODOLOGÍA

Se utilizaron placas de titanio grado 2, las cuales fueron pulidas con carburo de silicio. Para la preparación del electrolito, se utilizó HCl en solución acuosa a concentraciones de 0.15 M. Para la generación de la celda electrolítica se utilizó el titanio como ánodo y grafito como cátodo, así mismo, se utilizó una fuente de poder GOPHERT, modelo CPS-3205 II. Se varió el voltaje y tiempo de anodización. Posteriormente se sometieron a tratamiento térmico a 550 °C por 4h. Finalmente, se caracterizaron mediante pruebas de Dureza Vickers antes y después del proceso de oxidación térmica.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos, la oxidación anódica propició la formación de una capa de óxido de titanio homogénea en toda la superficie del material [1, 2], lo cual, incrementó los valores de dureza de todas las muestras oxidadas, a continuación,

en la Tabla 1, se muestran los valores de dureza obtenidos mediante un Microdurómetro Vickers con una carga aplicada de 50gf [2].

Tabla 1. Valores de dureza de las muestras anodizadas antes y después del proceso de oxidación térmica a 550 °C.

	Sin oxidación térmica	Con oxidación térmica
Condiciones	Dureza (GPa)	Dureza (GPa)
10V, 60min	2.27	3.05
11V, 60min	3.52	3.73
12V, 60min	3.81	4.12
13V, 60min	3.10	3.41
14V, 60min	2.99	3.27

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, los valores de dureza incrementaron con el aumento de voltaje, sin embargo, a partir de 13V, los valores de dureza de la superficie oxidada disminuyeron, lo cual, puede atribuirse a la disminución de la capa de óxido [1, 2] y menor densidad de nanoestructuras en la superficie [2].

REFERENCIAS

- [1] X. Chen, M. Schriver, T. Suen and S. Mao. *Thin Solid Films*, **515**, pp. 8511, (2007).
- [2] S. Hernández, L. García, D. Araujo, J. Hernández, L. Zamora, A. Maytorena and J. Morales. *ECS Transactions*, **94** (1), pp. 239, (2019).
- [3] C. Grimes and G. Mor. *TiO₂ Nanotube Arrays "Synthesis, Properties, and Applications"*, pp. 148, Ed. Springer, New York (2009).

Eficiencia de la realcalinización electroquímica en vigas de concreto reforzado carbonatados a diferentes intensidades de corriente

IE-P15

T. Pérez-López³, J. de los A. Paat-Estrella^{2,3*}, J. Miam-Cuevas³, D. Nieves-Mendoza¹, Tania del C. Torrez-Pérez³, Tatiana del C. Torrez-Pérez³

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

² Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana, Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz, México.

³ Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar S/N entre Calle 20 y Juan de la Barrera. Col. Buenavista. CP 24039.

*E-mail Responsable de la investigación: S17000377@uv.mx, josapaa@uacam.mx

INTRODUCCIÓN

La carbonatación es una de las principales causas de la corrosión en estructuras de concreto con acero de refuerzo. Mientras el concreto mantenga sus características alcalinas, el acero permanecerá pasivo, sin embargo, el proceso de carbonatación natural disminuye del pH del concreto que cubre el acero de refuerzo, ocasionando que se pierda la capa pasiva del acero y, por lo tanto, se corroa [1]. Para prolongar la vida útil de las estructuras carbonatadas, es necesario aplicar técnicas que permitan recuperar el pH del concreto, como es el caso de la realcalinización electroquímica, una técnica no convencional con la que se recupera parcialmente la alcalinidad y con ello la protección química al acero embebido en concreto [2].

METODOLOGÍA

Se elaboraron 66 vigas de 15 cm x 15 cm x 30 cm, con una varilla corrugada de acero embebida en su interior, con un área de trabajo de 45 cm². Estas vigas fueron expuestas a un proceso de carbonatación en una cámara de carbonatación acelerada durante seis meses. Posteriormente se sometieron a realcalinización electroquímica durante 28 días a diferentes intensidades de corriente. Durante este proceso se realizaron pruebas de media celda y de espectroscopía de impedancia electroquímica [2].

RESULTADOS

Dentro de los resultados obtenidos, que se muestran en la Figura 1, se encontró que, a mayor

intensidad de corriente, 4 A/m², que establece la NACE, se logra una realcalinización en menor tiempo, mientras que con el valor establecido en la norma mexicana de 1 A/m², la realcalinización es más lenta pero más homogénea.

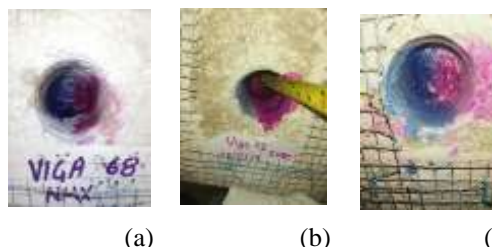


Figura 1. Realcalinización de con la Norma NACE (a), Norma Francesa (b) y norma mexicana (c).

CONCLUSIONES

Se confirmó el efecto de la densidad y tiempo de corriente aplicada sobre la eficiencia de realcalinización. Con mayor paso de carga eléctrica se obtiene una realcalinización en menor tiempo, mientras que con menor paso de carga el tiempo es más prolongado, pero con una mejor distribución en la recuperación de la alcalinidad.

REFERENCIAS

[1] R. Rizwan Hussain and T. Ishida. 1 *Int. J. Electrochem. Sci.*, 4, 1178 (2009).

[2] E. Redaelli, L. Bertolini. *Journal of Applied Electrochemistry*, 4, 817 (2011).

Simulación de la distribución de corriente terciaria de una celda de producción de cloratos empleando COMSOL Multiphysics

IE-P16

X. Ocampo Lazcarro¹, A. G. González Gutiérrez¹, A. Sainz Rosales¹, A. Plazola Hernández¹, N. Casillas Santana^{2*}

¹Departamento de Ingeniería Química y ²Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Boulevard Marcelino García Barragán #1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México

*E-mail Responsable de la investigación: ncasa@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El clorato (ClO_3^-) es un ión inorgánico con elevado poder oxidante, empleado en la producción de diversas sales, e.g., NaClO_3 , KClO_3 , NH_4ClO_3 que son usadas posteriormente en procesos industriales o como compuesto activo para la producción de insecticidas y herbicidas. En 2015 el 91.02% del consumo total de clorato de sodio se centró en la industria del papel para el blanqueamiento de la pulpa [1]. Aunque existen diversos métodos para la obtención del clorato, el más empleado es por electrólisis. Sin embargo, la eficiencia de este proceso se ve afectado por reacciones secundarias que pueden producirse en la superficie de los electrodos y cuyos mecanismos y cinética de formación han sido poco estudiados, lo cual ha complicado la optimización del proceso [2-3].

Este trabajo presenta un estudio del comportamiento transitorio de las especies participantes en la formación de cloratos en una celda electroquímica.

METODOLOGÍA

La simulación se llevó a cabo empleando el software comercial COMSOL Multiphysics 5.5. Con un tiempo de integración de 30 min. El sistema considera la oxidación del Cl^- en el ánodo y la reducción de H_2O en el cátodo, así como todas las reacciones que pueden afectar la eficiencia de la corriente en los electrodos. La estrategia aplicada consiste en calcular la distribución de corriente y potencial secundaria y acoplarla al transporte de especies, con el fin de analizar las reacciones que promueven la formación de clorato en el seno de la solución. El fenómeno de convección natural debido a la fuerza de gravedad y la flotación de las especies en estado gaseoso también es considerado.

RESULTADOS

En la figura 1, se muestra el efecto de la migración en los perfiles de concentración del ClO_3^- . La concentración del ClO_3^- se incrementa debido a la migración hacia el ánodo. Por el contrario, la concentración de ClO_3^- disminuye cerca del cátodo, debido a una reacción de reducción no deseable.

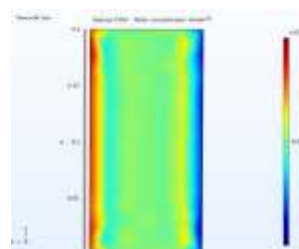


Figura 2. Perfil de concentración del clorato (ClO_3^-) considerando migración y difusión acoplado a las reacciones secundarias en los electrodos.

CONCLUSIONES

Se estudió el comportamiento transitorio de las especies participantes en la producción de clorato con ayuda del software COMSOL Multiphysics. La eficiencia en la producción de clorato en el seno de la solución se ve afectada por las reacciones secundarias que ocurren en la superficie del ánodo y el cátodo.

REFERENCIAS

- [1] K. Viswanathan & B. Tilak. *Journal of The Electrochemical Society*, 131(7), 1551-1559 (1984).
- [2] H. Blanchoud, F. Farrugia & J. Mouchel, *Chemosphere*, 55(6), 905 (2004).
- [3] Tilak, B. V., Tari, K., & Hoover, C. L. *Journal of The Electrochemical Society*, 135(6), 1386, (1988).

DIVISIÓN 3.

Electroquímica Molecular y Bioelectroquímica (EMB)

Formación y caracterización electroquímica y espectroscópica de complejos de inclusión con Ácido Clorogénico a pH 7

EMB-O1

F. Hernández-Ramírez¹, L. Galicia^{1*}, E. Ortiz Santos¹, L. Salgado¹

¹Departamento de Química, Área de Electroquímica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340 México, D.F., México.

*E-mail Responsable de la investigación: lgl@xanum.uam.mx
j.fco_96@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Ácido clorogénico (CGA) es un éster derivado del ácido cafeico y ácido quínico. Tiene como principal función retardar la liberación de glucosa en el torrente sanguíneo, previene enfermedades crónicas asociadas al estrés oxidativo, por su gran aporte de antioxidantes [1]. Por la importancia de este compuesto y sus aplicaciones como antioxidante, en este trabajo hemos realizado un estudio de la formación de complejos de inclusión de CGA con β -Ciclodextrina (β -CD). Esta investigación se realizó en condiciones de pH fisiológico para poder relacionar los resultados con aplicaciones en diferentes ramas de la industria y de la salud [2].

METODOLOGIA

Se preparó una solución de ácido clorogénico 1.4×10^{-4} M y β -Ciclodextrina 1×10^{-2} M en medio ácido, a esta solución electrolítica se adicionó Hidróxido de Sodio para conseguir un pH = 7. El estudio electroquímico se realizó utilizando la técnica de Voltamperometría cíclica y la técnica espectroscopia UV-Vis, para evidenciar la formación del complejo de inclusión entre CGA con (β -CD).

RESULTADOS

Se registraron espectros UV-Visible durante 11 días para evidenciar la formación del complejo CGA- β -CD en solución acuosa, los resultados se muestran en el recuadro de la figura 1. También se realizó un estudio electroquímico del comportamiento del complejo CGA- β -CD a pH=7. Los resultados muestran que el proceso está controlado por difusión, la separación de los picos anódico y catódico se incrementa con la velocidad de barrido de potencial, la relación de $i_a/i_c > 1$ para cuando se aplican velocidades superiores de 100 mV/s, lo que indica que el mecanismo redox presenta un proceso acoplado que se

pone en evidencia a velocidades rápidas.

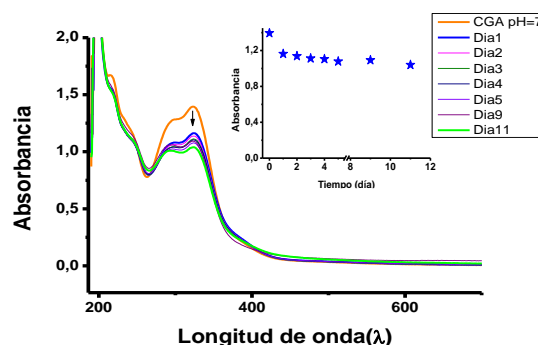


Figura 1. Espectros UV-Vis del complejo de inclusión entre CGA con (β -CD) a pH = 7, registrados a diferentes días.

CONCLUSIONES

El estudio espectroscópico realizado al complejo de inclusión entre CGA- β -CD, muestra un decaimiento de absorbancia en el pico característico del CGA, lo cual indica la interacción de entre estas especies, esto fue confirmado por medio de los experimentos electroquímicos que permitieron evidenciar el mecanismo de formación del complejo de inclusión.

REFERENCIAS

- [1] E. Álvarez, *Formation of two 1:1 Chlorogenic Acid: β -cyclodextrin Complexes at pH 5: Spectroscopic, Thermodynamic and Voltammetric study*, **54(2)**, 103, 2010.
- [2] G. Martínez, M. Gómez, *Ciclodextrinas: Complejos de Inclusión con Polímeros*, **8(4)**, 303, 2007.

Importancia del disolvente en reacciones de acoplamiento areno-areno de fenoles empleando oxidación anódica

EMB-O2

J. M. Ramos Villaseñor, B. A. Frontana-Uribe*

Universidad Nacional Autónoma de México. Centro Conjunto de Investigaciones en Química Sustentable UAEM-UNAM, Toluca, Estado de México.

*E-mail Responsable de la investigación: bafrontu@unam.com.mx

INTRODUCCIÓN

La formación de enlaces areno-areno entre fenoles conduce a la generación de bifenoles, estructuras encontradas en diversos productos naturales [1]. Se ha reportado la formación de bifenoles empleando oxidación anódica, esta metodología actualmente emplea como electrodo Boron Diamond Doped (BDD) y como disolvente Hexafluoroisopropanol (HFIP) [2]. El HFIP posee características excepcionales tales como: baja nucleofiliidad, excelente donador de enlace puente de hidrógeno [3], alargar la vida media de radicales libres [4]. No obstante, su aplicación es limitada por su alto costo. El presente trabajo tiene la finalidad de estudiar el efecto en la reactividad de esta reacción al usar mezclas de disolventes (DMF, ACN, MeOH, AcOH) con HFIP buscando la posibilidad de disminución del volumen de disolvente fluorado sin afectar el rendimiento.

METODOLOGÍA

3mL HFIP (0.15M de *N*-metil- *N,N,N*-tributilamonio metilsulfato (MTBS), 2mM de 3-tert-butil-4-hidroxianisol) y diversos volúmenes de disolvente (DMF, ACN, MeOH, AcOH) fueron colocados dentro de una celda de vidrio. La voltametría cíclica fue realizada usando BDD como electrodo de trabajo, platino como contra electrodo y Ag/AgCl saturado de LiCl en EtOH como electrodo de referencia, $v = 100\text{mV/s}$ [5]. Macroelectrólisis se llevaron en macroelectrodos de BDD en un volumen de 15 mL y los productos obtenidos se analizaron por CG.

RESULTADOS

La disminución del potencial de oxidación del 3-tert-butil-4-hidroxianisol cuando se emplean distintas mezclas de disolvente HFIP/MeOH. En algunos casos el empleo de los sistemas HFIP/AcOH y HFIP/ACN se favorece el aumento del potencial de oxidación del

fenol mientras que el empleo del sistema HFIP/DMF se favorece el aumento o disminución dependiendo de la cantidad de DMF añadido; se mostrará el efecto en el rendimiento de la reacción modelo.

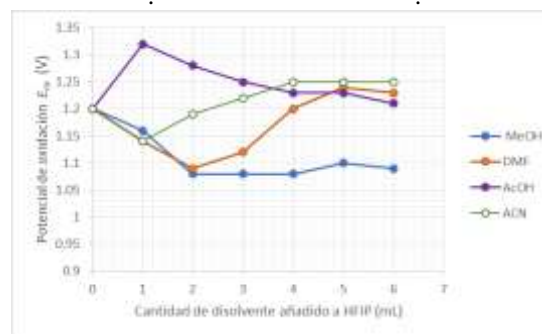


Figura 1. Desplazamiento del potencial de oxidación del fenol en función de la cantidad de disolvente añadido a HFIP.

CONCLUSIONES

El empleo de mezclas HFIP/disolvente modifican la reactividad del sustrato, oxidándose a distintos valores de potencial dependiendo del sistema utilizado.

REFERENCIAS

- [1] G. Bringmann, C. Günther, M. Ochse, O. Schupp, S. Tasler. *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products, Vol 2*, pp. 76-78 Springer, Vienna, 2001.
- [2] S. R. Waldvogel, A. Kirste, M. Nieger, I. M. Malkowsky, F. Stecker, A. Fischer, *Chem. Eur. J.* **15**, 2273, 2009
- [3] I. Colomer, A. Chamberlain, M. Haughey, T. J. Donohoe, *Nat. Rev. Chem*, **1**, 0088, 2017.
- [4] L. Ebersson, M. P. Hartshorn, O. Persson, F. Radner, *Chem. Commun*, **18**, 2105, 1996.
- [5] S. R. Waldvogel, S. Lips, B. A. Frontana, M. Dörr, D. Schollmeyer, R. Fanke, *Chem. Eur. J.* **24**, 6057, 2018.

Modificación superficial de un electrodo de carbón serigrafiado con polianilina y nanotubos de carbono carboxilados para su aplicación en biosensado amperométrico de peróxido de hidrógeno

EMB-O3

A. Domínguez-Aragón¹, M. R. Peralta-Perez², R. B. Domínguez-Cruz¹,
E. A. Zaragoza-Contreras^{1*}

¹Departamento de Ingeniería y Química de Materiales, Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C. Miguel de Cervantes No. 120 C.P 31136. Chihuahua, Chih, Mexico

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus Universitario #2, Circuito Universitario, C.P. 31125 Chihuahua, Chih, México.

*E-mail Responsable de la investigación: armando.zaragoza@cimav.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los biosensores electroquímicos tienen la capacidad de detectar H₂O₂ mediante una transducción de señales electroquímicas generadas por la interacción de este analito con un elemento de reconocimiento molecular (ERM) inmovilizado sobre una superficie transductora [1]. La catalasa es una enzima oxidoreductasa que tiene la capacidad de degradar H₂O₂, por lo que su capacidad catalítica ha sido aplicada como ERM en el desarrollo de biosensores [2]. El electrodo, en un biosensor electroquímico, proporciona un soporte sólido para la inmovilización del ERM, así como un medio de detección para los electrones producidos a partir de la reacción biológica. En el presente trabajo se desarrolló un biosensor electroquímico de H₂O₂ basado en un electrodo de carbón serigrafiado (SPE) modificado superficialmente con polianilina (PAni) y AuNP como mediadores de transferencia de carga, y cCNT como portador del ERM. La enzima catalasa (Cat) fue inmovilizada covalentemente sobre cCNT/PAni (Cat/cCNT/PAni).

METODOLOGÍA

El SPE fue modificado superficialmente electropolimerizando PAni y electrodepositando AuNP por medio de voltametría cíclica. Se depositaron cCNT como sustrato para la inmovilización de la enzima catalasa.

RESULTADOS

En la respuesta amperométrica se observó que la corriente incrementó conforme aumentó la concentración del analito, indicando que

SCE/PAni/AuNP/cCNT/CAT tiene la capacidad de detectar H₂O₂ en distintas concentraciones asociado a que, entre mayor volumen, se obtiene una mayor concentración de H₂O₂ disponible para ser degradado, generando una transferencia electrónica mayor en la interfaz del electrodo modificado. Se obtuvo un rango lineal de 7.99 μM a 3.1 mM.

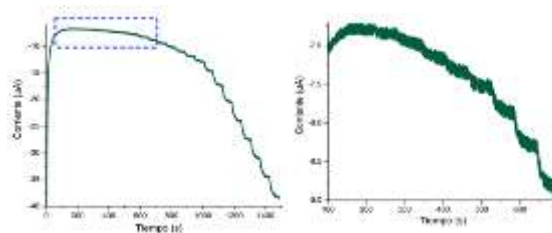


Figura 1. Respuesta amperométrica de adiciones sucesivas de 2-200 μL H₂O₂ 100 mM usando SCE/PAni/AuNP/cCNT/CAT, b) ampliación de la respuesta amperométrica de la región de 0 a 700 s

CONCLUSIONES

Las pruebas de amperometría que se realizaron al SCE/PAni/AuNP/cCNT/CAT para sensor H₂O₂ demostraron que tiene potencial para ser usado como un sustrato para inmovilización de biomoléculas y biosensado electroquímico.

REFERENCIAS

- [1] J. Lai *et al.*, "Polyaniline-based glucose biosensor: A review," *J. Electroanal. Chem.* **782**, 138 (2016).
- [2] A. G. Grigoras, "Catalase immobilization—A review," *Biochem. Eng. J.* **117**, 1 (2017).

Efecto de los iones electrolito en las propiedades de las superficies de carbono modificadas covalentemente con grupos nitrofenilo

EMB-O4

D. E. Ramírez-Chan, F. J. González-Bravo*

Departamento de Química del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.

*E-mail Responsable de la investigación: fgonzale@cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

La modificación de superficies de carbono con grupos funcionales orgánicos ha tomado gran relevancia en los últimos años debido a las diversas aplicaciones que se han encontrado en diferentes áreas de la nanotecnología y la ciencia de materiales. Lo anterior se debe a la gran estabilidad y al hecho de que estas superficies modificadas adquieren las propiedades físicas y químicas de las moléculas ancladas [1]. Uno de los grupos principales que se ha funcionalizado sobre superficies de carbono es el grupo nitrofenilo. La respuesta voltamperométrica de estos grupos se aleja de lo ideal debido a la presencia de pre-onclas, además de que los picos de oxidación y reducción de las especies ancladas suelen ser más grandes que las esperadas para especies idealmente adsorbidas en solución [2]. Para entender el comportamiento de los fenómenos que pueden ocurrir durante la reducción electroquímica de los grupos nitro anclados en la superficie de carbono, se evaluó el papel del electrolito de soporte durante la modificación y en la caracterización electroquímica de estas superficies mediante el uso de sondas redox.

METODOLOGÍA

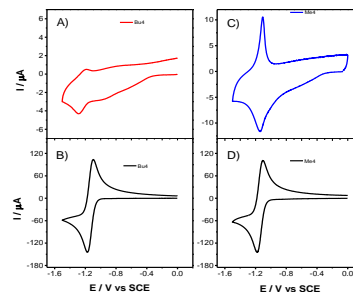
Los experimentos fueron realizados en acetonitrilo grado anhidro. Los electrolitos soporte fueron Me_4NPF_6 , Et_4NPF_6 , $n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6$ y $n\text{-Hx}_4\text{NPF}_6$. Para la modificación electroquímica se usó 4-(4'-nitrofenil)-butirato de tetrabutilamonio y ferrocenocarboxaldehído como catalizador redox.

RESULTADOS

La mejor respuesta obtenida para la reducción de los grupos nitrofenilo fue en el electrolito con un menor tamaño de catión (Me_4NPF_6), esto se explica debido a la facilidad que tienen estos iones para difundirse en los canales de la película, así como a la estabilización de los radicales aniones generados durante el proceso de reducción (Figura 1). Se observó

que cuando la modificación superficial se lleva a cabo en presencia de un electrolito con un tamaño de catión mayor, el espesor de la película se incrementa. Una corriente de rectificación resulta al utilizar electrolitos más voluminosos ($n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6$ y $n\text{-Hx}_4\text{NPF}_6$) durante la caracterización de las superficies modificadas con sondas redox, lo que sugiere que en los canales de la película se promueve la entrada de ferroceno y la expulsión de iones ferricinio. Este fenómeno fue simulado mediante un mecanismo CEC, en el cual la difusión en los canales se describió como un equilibrio químico simple.

Figura 1. Comportamiento voltamperométrico de las superficies modificadas en soluciones de $n\text{-}$



Bu_4NPF_6 (A) y Me_4NPF_6 (B). B y D: comportamiento de nitrobenzeno en solución en esos electrolitos.

CONCLUSIONES

Las propiedades de las superficies covalentemente modificadas, como el espesor y la cantidad de grupos anclados en la película, dependen en gran medida del tamaño de los cationes de tetralquilamonio en el electrolito de soporte.

REFERENCIAS

- [1] D. Bélanger, J. Pinson, *Chem. Soc. Rev.*, **40**, 3995, (2011).
- [2] C.P. Andrieux, F. González, J. M. Savéant, *J. Am. Chem. Soc.*, **119**, 4292, (1997).

Evaluación de la actividad electrocatalítica del 2,2,6,6-tetrametil-1-piperinidiloxilo (TEMPO) en la oxidación de alcohol bencílico

EMB-P1

J. J. Calvillo Solís¹, A. Molina Gomez^{2*}, E. Laborda Ochando², M. Galicia García¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Anillo envolvente del PRONAF y Estocolmo S/N C.P. 32300 Cd. Juárez, Chihuahua, México.
²Departamento de Química-Física, Facultad de Química, Universidad de Murcia. Murcia, España
*E-mail Responsable de la investigación: amolina@um.es

INTRODUCCIÓN

La oxidación de alcoholes es una de las reacciones más importantes y útiles en síntesis orgánica. Entre los agentes oxidantes comúnmente empleados se encuentran el $K_2Cr_2O_7$, $KMnO_4$ y SeO_2 [1]. Sin embargo, estos reactivos son altamente contaminantes y peligrosos para la salud [2]. Una alternativa más conveniente es el uso de catalizadores moleculares, como el 2,2,6,6-tetrametil-1-piperinidiloxilo (TEMPO), ya que ha demostrado una excelente electroactividad y rendimiento en la obtención de aldehídos y cetonas [3]. Este trabajo presenta el análisis por voltamperometría cíclica (CV) y voltamperometría de onda cuadrada (SWV) para evaluar la actividad electrocatalítica del TEMPO en la oxidación de alcohol bencílico y describir la ruta mecanística en medio acuoso y no acuoso.

METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron en una celda con tres electrodos: se utilizó un electrodo de referencia de calomel saturado (ECS), un electrodo auxiliar de platino y un electrodo de trabajo de carbón vítreo. Las mediciones voltamperométricas se realizaron en un potenciostato SP-200 (Bio-Logic Science). En medio acuoso se empleó un buffer de carbonatos 0.1 M (pH 9.6), en medio no acuoso se utilizó acetonitrilo con $n\text{-NBu}_4\text{ClO}_4$ 0.1M como electrolito soporte y N-metilimidazol como base.

RESULTADOS

El análisis por voltamperometría cíclica mostró la óxido-reducción de TEMPO electroquímicamente reversible, por lo tanto, es adecuado para emplearse en electrocatalisis. Al adicionar alcohol bencílico, se observó el aumento progresivo de la corriente de oxidación y la desaparición de la corriente de reducción (Figura 1), indicando la existencia de un

mecanismo tipo catalítico (EC^+ en el caso más simple). Los resultados obtenidos mostraron una notable actividad catalítica del TEMPO en ambos medios, resultando superior en medio no acuoso.

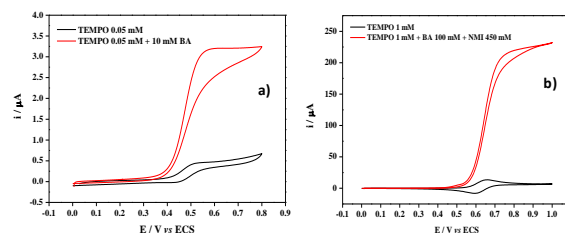


Figura 1. Actividad catalítica de TEMPO en BA a) medio acuoso b) medio no acuoso.

Un análisis más detallado reveló que la cinética no es de pseudo-primer orden (como se había asumido en la literatura), siendo necesario considerar un mecanismo catalítico de segundo orden para determinar la constante catalítica (k_{cat}), a partir de la corriente límite estacionaria ($I_{lim,ss}$). Esto último se llevó a cabo mediante simulaciones numéricas.

CONCLUSIONES

Se observó una actividad catalítica notable del TEMPO sobre todo en medio no acuoso. Actualmente, se desarrollan simulaciones mediante métodos numéricos para determinar la cinética del mecanismo propuesto, puesto que este mecanismo resultó más complejo de lo previamente reportado.

REFERENCIAS

- [1] J. B. Gerken, et. al., *J. Org. Chem.*, **83**, 7323 (2018).
- [2] E. Nutting, M. Raffie and S. Stahl. *Chem. Reviews*, **118**, 4834, (2018).
- [3] C. Ajith, J. Herath and Y. *Electrochim. Acta*, **53**, 4324, (2008).

Estudio electroquímico de un biopolímero compuesto por quitosano funcionalizado

EMB-P2

A. H. Rojas Calva¹, R. A. Vázquez García¹, J. L. Imbert Palafox², G. M. Estrada Villegas³, J. A. Cobos Murcia¹ y M. A. Veloz Rodríguez^{1*}.

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-ICBI, Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales, Carr. Pachuca - Tulancingo km. 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo. C.P. 42184.

²Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-ICSA, Área Académica de Ciencias de la Salud Circuito Ex Hacienda La Concepción S/N, Carr. Pachuca Actopan, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo. C.P. 42090.

³ CIQA Campus Monterrey, Alianza Sur 204 Parque de Innovación e Investigación Tecnológica.

*E-mail Responsable de la investigación: mveloz@uaeh.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos materiales para aplicaciones tecnológicas y biomédicas basados en quitosano es un campo muy atractivo, aunado al sin fin de propiedades que confiere a sus aplicaciones [1]. Los biomateriales basados en quitosano constituyen una clase emergente con aplicación en varios campos biomédicos, como la regeneración de tejidos. Por ello, el creciente interés en las aplicaciones biomédicas del quitosano ha generado oportunidades para la producción de biomateriales especializados, principalmente con nuevas modificaciones químicas y físicas. Lo que también han promovido su aplicación en nuevas y diferentes actividades biológicas y fines específicos. Básicamente, se busca conferirle características mecánicas, fisicoquímicas y propiedades funcionales especiales [2]. En este estudio se plantea la funcionalización química de quitosano mediante agentes dicarbonílicos, asistida mediante un sistema electroquímico

METODOLOGÍA

Se realizó la funcionalización en un sistema electroquímico con un arreglo de tres electrodos; empleando titanio, Ti/RuO₂ y como electrodo de referencia un electrodo de calomel inmersos en un electrolito soporte de ácido acético y quitosano.

RESULTADOS

Por la síntesis electroquímica de los biopolímeros, con un espesor promedio de $400 \pm 5 \mu\text{m}$ y fueron de apariencia homogénea y transparente; pero al exponerlas a un proceso de secado a 60°C , éstas se tornaron inicialmente de color ámbar para luego oscurecerse a medida que se aumentaba el agente funcional. Se encontró un alto grado de flexibilidad en los biopolímeros resultantes, que disminuye a medida que aumenta el grado de funcionalización, lo cual fue corroborado por la técnica de FTIR. Este comportamiento también ha sido reportado por otros autores en procesos de funcionalización de quitosano mediante técnicas químicas.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un gel hidrofílico que se depositó en el ánodo imponiendo potenciales de 2V en sentido sobre los electrodos del sistema, mismo que se ve influenciado por la concentración del agente funcionalizante que se emplea. De igual forma, las propiedades del gel obtenido como coloración, rugosidad y flexibilidad son afectadas.

REFERENCIAS

[1] V.C.V. Azevedo, S.A. Chavez, D.C. Bezerra, M.V. Lia Fook y A.C.F.M. Costa *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, **2**, 27, (2007).

[2] M.C.M. Laranjeira, V.T. Favere, *Química Nova*, **32**, 672, (2009).

Influencia del electrolito de soporte en la modificación de superficies de carbono por oxidación mediada de carboxilatos alifáticos

EMB-P3

D. E. Ramírez-Chan, F. J. González-Bravo*

Departamento de Química del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.

Av. I.P.N. 2508, 07360, Ciudad de México

*E-mail Responsable de la investigación: fgonzale@cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

La oxidación de carboxilatos de tetrabutilamonio mediada por el uso de derivados de ferroceno como catalizadores redox ha sido utilizada en los últimos años para la modificación covalente de superficies de carbono con grupos orgánicos. La importancia de estos materiales radica en que es posible darles diversas aplicaciones debido a que poseen las propiedades de las moléculas ancladas a su superficie. El uso de los derivados de ferroceno como catalizadores redox es posible gracias a que la oxidación mediada ocurre a bajos potenciales. Esto permite la generación de radicales libres que pueden anclarse a la superficie, lo cual se ha aprovechado para llevar a cabo la modificación con grupos alifáticos [1] que por la vía de oxidación directa no podrían anclarse a la superficie de electrodo. En estudios previos se ha observado que el tamaño del catión del electrolito de soporte tiene un papel determinante sobre las propiedades de las películas formadas por lo que en este trabajo se analizó su efecto considerando el anclaje de grupos totalmente hidrofóbicos y no electroactivos.

METODOLOGÍA

Los experimentos fueron realizados en acetonitrilo grado anhidro. Los electrolitos soporte fueron Me_4NPF_6 , $n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6$ y $n\text{-Hx}_4\text{NPF}_6$. Para la modificación electroquímica se usaron acetato (Ac) y octanoato (Oc), ambos de tetrabutilamonio y ferrocenocarboxaldehído como catalizador redox.

RESULTADOS

La modificación superficial con Ac y Oc en presencia de un catalizador redox ocurre a altas concentraciones (16.7 mM y 20.6 mM respectivamente), situación donde se alcanza una máxima intensidad de corriente como resultado de una reacción de catálisis redox. La reacción de los radicales alquilo generados con la superficie predomina de

manera significativa sobre las reacciones de este intermediario en solución [1]. Al usar una sonda redox de ferroceno para verificar la compactación de la película quimisorbida, se obtuvo una corriente de rectificación para una superficie modificada con Oc (Figura 1). Esta corriente se incrementa al usar un electrolito más voluminoso ($n\text{-Hx}_4\text{NPF}_6$), lo que sugiere que la longitud de cadena y el uso de cationes de electrolito más grandes facilitan la difusión de las especies que están presentes en solución.

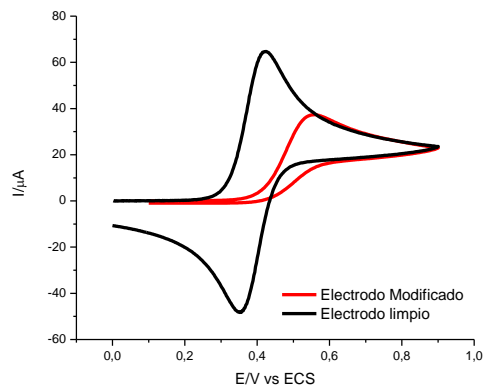


Figura 1. Ferroceno 2 mM sobre un electrodo limpio (negro) y uno modificado (en $n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6$) con Oc (rojo) en solución blanco de $n\text{-Hx}_4\text{NPF}_6$.

CONCLUSIONES

El uso de electrolitos con un tamaño de catión mayor, en conjunto con un carboxilato alifático de mayor longitud, promueve la creación de canales que dan lugar a una menor compactación de la película y a corrientes de rectificación.

REFERENCIAS

[1] P. D. Astudillo, A. Galiano, F. J. González, *J. Electroanal. Chem.*, **610**, 137, (2007).

Formación de complejos de asociación entre subproductos de la reducción electroquímica de nitrobeneno y un donador de protones

EMB-P4

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

Departamento de Química del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I.P.N.

Av. I.P.N. 2508, 07360, Ciudad de México

*E-mail Responsable de la investigación: fgonzale@cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

La reducción de nitrobeneno (PhNO_2) ha sido ampliamente estudiada en solventes proticos y sobre distintos electrodos. La formación del nitroso beneno (PhNO) como intermediario y la fenil hidroxilamina (PhNHOH) como producto mayoritario han sido principalmente observados en los experimentos, mientras que la formación de las especies azoxi y azo sólo se logran obtener en condiciones especiales.

En medio aprótico, el nitrobeneno presenta una onda de reducción de un electrón debido a la formación del radical anión $\text{PhNO}_2^{\bullet-}$, sin embargo, al adicionar un donador de protón, la intensidad de la onda se triplica. Lo cual resulta extraño dado que el mecanismo propuesto para este fenómeno involucra cuatro electrones. Considerando que el mecanismo comúnmente aceptado está basado en el esquema cuadrado y los resultados obtenidos son explicados según su naturaleza sintética, la intervención de fenómenos de asociación aún no ha sido considerada. En este trabajo se plantea una revisión alternativa del mecanismo de reducción del nitrobeneno que considera los procesos de transferencia de electrón (concertados o secuenciales), efectos de transferencia de protón y efectos asociativos.

METODOLOGÍA

Los experimentos fueron realizados en acetonitrilo grado anhidro y utilizando $n\text{-Bu}_4\text{NPF}_6$, 0.1 M como electrolito soporte. Nitrobeneno, nitrosobeneno, azoxibeneno, fenilhidroxilamina y ácido acético glacial como donador de protones, fueron utilizados en este trabajo.

RESULTADOS

La respuesta del nitrobeneno en acetonitrilo (figura 1), muestra un comportamiento cuasi reversible y estable a lo largo de toda la ventana de potencial ($-1.5 \text{ V} \geq E \geq 2.4 \text{ V}$). La adición de un donador de protones provoca un aumento en la intensidad tres veces mayor a la del pico de reducción de PhNO_2 ; mientras que la relación de intensidades en

condiciones de difusión pura de estos dos sistemas es de cuatro. Además, en la VC se logran observar la fenilhidroxilamina ($E_p=0.093\text{V}$), la base conjugada del ácido ($E_p=1.566\text{V}$) y el nitrosobeneno ($E_p=1.867\text{V}$) a potenciales muy positivos.

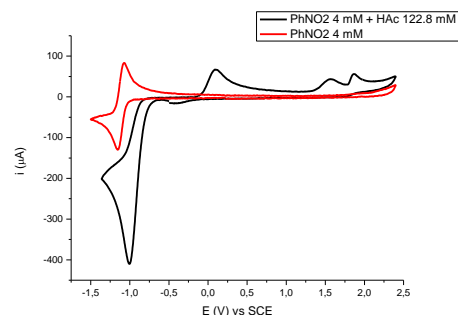


Figura 1. Voltamperogramas del PhNO_2 4 mM en medio aprótico (rojo) y en presencia de ácido acético 122.8 mM (negro).

Se llevó a cabo la reducción del PhNO en presencia de ácido acético glacial y la oxidación de PhNHOH con acetato de tetrabutilamonio, cuyos parámetros obtenidos a partir de las respuestas voltamperométricas indican que tanto el PhNO como la PhNHOH forman complejos de asociación con el donador de protones y su base conjugada.

CONCLUSIONES

La reducción de nitrobeneno en presencia de un donador de protones da como resultado la formación de fenilhidroxilamina y nitrosobeneno asociados con ácido acético y su base conjugada respectivamente.

REFERENCIAS

- [1] Y. Huang, J. Lessard, *Electroanalysis*, **28**, 2716, (2016).
- [2] P. Zuman, Z. Fijalek, *J. Electroanal. Chem.*, **296**, 589, (1990).

DIVISIÓN 4.

Electroquímica de Materiales (EM)

Efecto de la composición química de aleaciones base Ni y Cr en su resistencia a la corrosión en NaNO_3 y KNO_3

EM-O1

L. D. Brito Hernández¹, J. G. González Rodríguez², R. López Sesenes³

¹ Instituto de Investigación en Ciencias Básicas y Aplicadas.

² Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas.

*E-mail Responsable de la investigación: ggonzalez@uaem.mx

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la demanda de energía eléctrica y el tema de protección ambiental han incrementado dramáticamente.

Los sistemas sustentables como las plantas de energía solar concentrada, CSP, utiliza una mezcla fundida de NaNO_3 y KNO_3 [1, 2], llamadas sales solares (SS), en los tanques almacenadores de energía (TES) [3], que en condiciones de operación degradan el depósito compuesto de SS304; recientes estudios de aleaciones se han comparado como una mejora en determinadas condiciones, tal como Ali Soleimani quien presentó resultados favorables [4, 5].

En el presente proyecto de investigación se desarrollan estudios electroquímicos en aleaciones base Ni y Cr para la mejora y reducción de costos de estos sistemas.

METODOLOGÍA

Materiales denominados UCX, KHR45, KHR35 y SS304 se evaluaron para determinar el efecto de la variación de contenido de Ni y Cr sumergidas en NaNO_3 y KNO_3 a determinada temperatura.

Se realizaron estudios morfológicos y electroquímicos que nos dieron a conocer la microestructura y la resistencia a la corrosión de materiales con diferente composición química en condiciones simuladas a los TES.

RESULTADOS

Pruebas estáticas de corrosión. En la Figura 1 se muestran las curvas de polarización potencia dinámica obtenidas para los distintos materiales de prueba, la cual nos revela el comportamiento de las aleaciones en condiciones de operación.

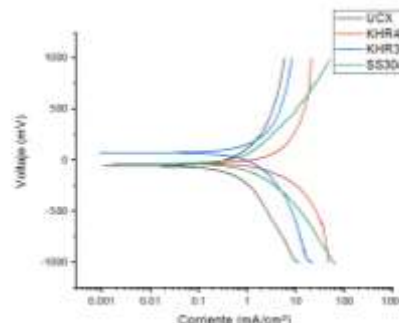


Figura 1. Curvas de polarización potencia dinámica de aleaciones propuestas, expuestas en SS por 1H.

El material UCX y SS304 muestran una I_{corr} de 0.75 y 1.63 mAcm^{-2} , respectivamente; además los datos de impedancia electroquímica potencia estática (EIS) y ruido electroquímico, presentan resultados similares.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados, se confirma que la UCX es una mejora para su aplicación en los TES.

REFERENCIAS

- [1] V.M.B. Nunes, C.S. Queirós, M.J.V. Lourenço, *Applied Energy*, **183**, 603 (2016).
- [2] K. Vignarooban, X. Xu, A. Arvay, K. Hsu, A.M. Kannan, *Applied Energy*, **146**, 383, (2015).
- [3] G. Garcia-Martin, M.I. Lasanta, V. Encinas-Sanchez, M.T. de Miguel, F.J. Pérez, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **161**, 226, (2017).
- [4] A. Soleimani Dorcheh, M.C. Galetz, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **146**, 8, (2016)
- [5] A. Soleimani, Rick N. durham, Mathias C. Galatz, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **144**, 109, (2016).

Efecto del contenido de cobre (Cu) en las propiedades electroquímicas de las aleaciones de alta entropía $(\text{TiZrNiNb})_{100-x}\text{Cu}_x$

EM-O2

E. Galindo¹, A. Covelo^{1*}, M. A. Hernández¹, I. Figueroa².

¹Centro de Ingeniería de Superficies y Acabados (CENISA), Facultad de Ingeniería, UNAM

²Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM, 04510, CDMX, México.

* E-mail Responsable de la investigación: acovelo@comunidad.unam.mx

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de alta entropía (HEAs, por sus siglas en inglés) que se componen de más de cuatro elementos metálicos con igual o casi igual relación atómica, han propiciado un gran interés científico y se han convertido en una clase de materiales estructurales emergentes con mayor potencial de desarrollo, debido a su excelente resistencia mecánica, resistencia al desgaste y propiedades electroquímicas únicas [1]. Por lo tanto, la relación entre el diseño de la aleación y la predicción de las propiedades de las HEAs se ha convertido en un foco de estudio importante en los últimos años [2].

En el presente trabajo se usaron ensayos electroquímicos (Espectroscopía de Impedancia Electroquímica, EIS) y de caracterización superficial, con el fin de mostrar el comportamiento de la HEA $(\text{TiZrNiNb})_{100-x}\text{Cu}_x$, $x = 10, 15, 20, 25$ y 30 % atómico de Cu fabricadas mediante dos diferentes procesos de fundición, con el fin de observar el efecto del contenido de Cu.

METODOLOGÍA

Se dispuso de los elementos de aleación con un alto porcentaje de pureza para fabricar las aleaciones $(\text{TiZrNiNb})_{100-x}\text{Cu}_x$. Para fundir los elementos de aleación se ocuparon dos técnicas de fabricación; a saber, fundición en horno eléctrico de arco y *melt spinning*, obteniendo cinco lingotes y cinco cintas metálicas, respectivamente. Cada espécimen se expuso a una disolución de NaCl 3.5 % en peso por 576h; cada 72h se realizó un ensayo de EIS. Además, se realizó una caracterización metalográfica de la microestructura (microscopio óptico y electrónico de barrido) y difracción de rayos X.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los gráficos de Bode (módulo de impedancia) de los especímenes (lingotes

y cintas metálicas) después de 572h de inmersión en una disolución de NaCl al 3.5% en peso.

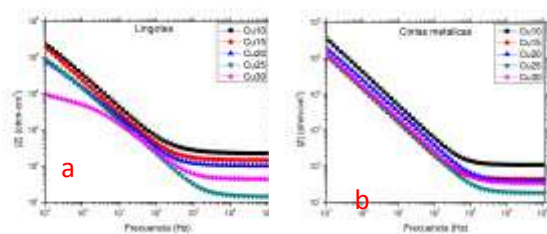


Figura 1. Diagrama de Borde para a) lingotes y b) cintas metálicas

Se observa que el aumento del contenido de Cu produce una disminución de la resistencia a los procesos de corrosión. Siendo la aleación de 25% en Cu la que muestra un peor desempeño a alta frecuencia en ambas presentaciones (tanto en lingotes como en cintas). Se observa, respecto al gráfico de las cintas metálicas, una respuesta más homogénea a bajas frecuencias y en general un mejor desempeño en el medio agresivo que para los sistemas con lingotes.

CONCLUSIONES

El empleo de la técnica de *melt spinning*, tiene un efecto positivo sobre la resistencia a la corrosión; de tal forma que, los sistemas de cintas muestran un mejor desempeño en el medio agresivo que sus análogos en forma de lingotes. El aumento del contenido en Cu vuelve más reactivos a los sistemas, siendo la concentración de 25% en Cu, la que muestra un peor comportamiento a alta frecuencia en medios salinos.

REFERENCIAS

- [1] C. Gao, *High-entropy alloys fundamentals and applications*, pp 300-550, Springer, Suiza (2016).
- [2] B. S. Murty, *High-entropy alloys*, pp. 2-5, Butterworth-Heinemann, London (2014).

Análisis de corrosión en tintas metálicas usadas en el sensor de nivel de gasolina inmerso en mezcla de combustible E85

EM-O3

J. M. Jaquez-Muñoz¹, C. Marquez², C.O. Orquiz Muela^{2*}, F. H. Estupiñán López¹, J. A. Cabral¹, C. Gaona Tiburcio¹, F. Almeraya Calderón¹.

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

²Delphi Technologies - Laboratorio de Ingeniería en Materiales, Centro Técnico de México,

*E-mail Responsable de la investigación: carlos.orquiz@delphi.com

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los biocombustibles son una alternativa importante para reducir emisiones contaminantes. Uno de los biocombustibles más populares es la mezcla de bioetanol y gasolina en diferentes porcentajes, la cual ofrece grandes ventajas debido a sus características fisicoquímicas [1] En Estados Unidos y la Unión Europea se utilizan los combustibles E22 y E85 (el valor representa el porcentaje de etanol en cada uno). Una de las desventajas de optar por el bioetanol como una alternativa a los combustibles fósiles, es que se incrementa la corrosividad del sistema debido a la capacidad del etanol de incrementar la solubilidad del agua y sus propiedades conductivas [2]. Como resultado de este incremento en la corrosividad del sistema, los sensores de nivel de combustible utilizados en vehículos presentan fallas durante su proceso de validación o incluso durante su vida útil, por tal razón el presente trabajo presenta un análisis de corrosión en sensores de combustible inmersos en la mezcla E85.

METODOLOGÍA

Para la experimentación se aisló el sensor de nivel de combustible en tres zonas/tintas, tomado en cuenta su composición química, para estudiar el comportamiento electroquímico de cada una de esas zonas, al ser expuesta a combustible E85. Las técnicas utilizadas para este estudio fueron EIS y CPP, siendo los parámetros de la primera: amplitud de 5mV en un rango de frecuencias de 1MHz a 10 mHz, y para CPP se utiliza un barrido de -1000mV a 1000mV una velocidad de barrido de 1mV/seg.

resultados

En la prueba de EIS la mayor resistencia se obtuvo cuando se exponía la zona B; siendo esta una zona con

alta conductividad eléctrica dentro de sensor de nivel de combustible evaluado. Por otro lado, la menor resistencia se presentó cuando las tres zonas evaluadas se encontraban interactuando entre ellas y con el combustible E85. Por su parte en el análisis de la Curva de Polarización Potenciodinámica se obtuvo un resultado similar, cuando todas las zonas están interactuando con la mezcla E85 se presenta una mayor velocidad de corrosión, mientras que cuando sólo está expuesta la zona B la velocidad de corrosión fue menor.

Tabla 1. Resultados de Rtc obtenidos por la técnica de EIS.

Zona	1A	2B	1ABC
Rtc ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)	234935	605747	101536

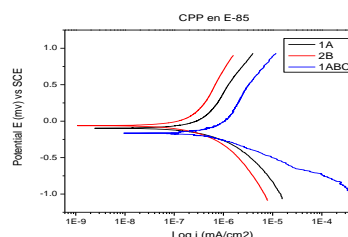


Figura 1. Graficas de CPP en E85

CONCLUSIONES

las diferentes tintas del sensor están expuestas a la mezcla E85 y al mismo tiempo en contacto entre ellas, disminuye la resistencia a la corrosión de las tintas en el sensor; esto debido al incremento en la conductividad de la mezcla de gasolina con bioetanol y a la diferencia de potencial que posee cada tinta.

REFERENCIAS

- [1] L.M. Baena, M. Gomez. J.A. Calderon, *Fuel* **95**, 320 (2012).
- [2] A. Agarwal. *Prog. Energy Combust. Sci.* **33**, 233, (2007).

Estudio de la inclusión del Ácido Clorogénico en un electrodo modificado con β -Ciclodextrina

EM-O4

E. Ortiz Santos¹, L. Galicia Luis¹, F. Hernández-Ramírez¹, L. Salgado¹

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

*E-mail Responsable de la investigación: elviszitroz@gmail.com lgl@xanum.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Ácido clorogénico (CGA) es un éster formado a partir de ácidos cinámicos y ácido quínico, tiene la propiedad de ser una molécula antioxidante. Como principal función retardar la liberación de glucosa en el torrente sanguíneo, previene enfermedades crónicas asociadas al estrés oxidativo. El CGA es un compuesto polifenólico que se presenta en las frutas como la manzana, cerezas, ciruelas, pasas y los vegetales, también en las semillas de café y en las hojas de tabaco por su gran aporte de antioxidantes [1]. Por su aporte como antioxidante ha sido objeto de estudio, en este trabajo estamos interesados investigar las etapas del proceso redox del CGA utilizando un electrodo modificado de pasta de carbono modificado con β -Ciclodextrina (PCMCD) en un medio de ácido sulfúrico a diferentes pH. En este trabajo haremos énfasis en los resultados obtenidos a pH de 7 (cerca al pH fisiológico) [2].

METODOLOGÍA

El CGA fue solubilizado en una solución de H_2SO_4 de concentración 0.5 M hasta obtener una concentración de 1.4×10^{-4} M. Esta solución fue caracterizada electroquímicamente utilizando una celda de tres electrodos: el electrodo de referencia fue de Sulfato Mercurioso Saturado (MSE), el contraelectrodo una barra de grafito y el de trabajo fue PCMCD; la modificación se realizó aplicando la metodología reportada [2].

RESULTADOS

En la figura 1, se reporta los resultados obtenidos a pH 7; se observa una respuesta típica de una especie redox adsorbida al electrodo, el CGA presenta un pico de oxidación a un valor de potencial cercano a 0V/MSE y un pico de reducción alrededor de -0.05

V/MSE. Se calculó la diferencia de potencial entre la separación de los picos anódicos y catódicos encontrándose un valor promedio de 0.02V /MSE.

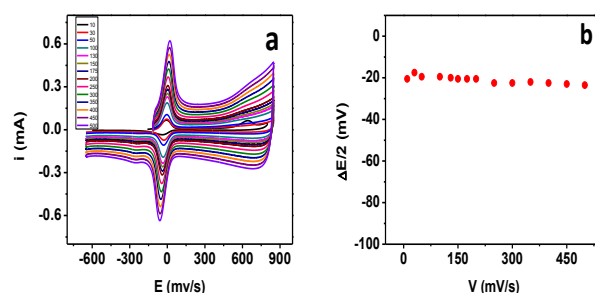


Figura 1. a) Voltamperometría cíclica de pasta de carbono modificado con β -Ciclodextrina a pH 7 a diferentes velocidades de barrido, en el intervalo de potencial de (-600 a 800 mV/ESM) b) Relación $\Delta E/2$ vs V.

CONCLUSIONES

El estudio electroquímico realizado al CGA a diferentes valores de pH muestra que en el proceso de oxidación-reducción presenta diferentes etapas en su transformación que dependen del grado de protonación del compuesto. Los resultados iniciales de este estudio abren la posibilidad de investigar la dependencia que existe entre las diferentes especies intermedias de CGA que determinan su capacidad antioxidante.

REFERENCIAS

- [1] A.J. Bard, L.R Faulkner, *Electrochemical Methods, Fundamentals and Applications*, 2nd ed., Wiley, New York, 2001.
- [2] W. Leather, M. Gutiérrez, S. Randin, R. Schneider. *Electrochim. Acta*, **310**, 2016 (2019).
- [3] G. Roa-Morales, M.T. Ramírez -Silva, L. Galicia. *Journal Solid State Electrochemistry*, **7(6)**, 355 (2003).

Estudio electroquímico de la electrodeposición de Pd sobre un sustrato de oro policristalino

EM-O5

J. A. Corona Castro¹, L. H. Mendoza Huizar^{1*}, G. A. Álvarez-Romero¹, M. Rivera-Hernández²
¹Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo.

²Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*E-mail Responsable de la investigación: hhuizar@uaeh.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La electrodeposición de paladio es un tema que ha cobrado importancia en los últimos años debido al interés que existe en el uso de materiales ferromagnéticos y sus aleaciones [1]. El paladio se utiliza, principalmente en conjunto con materiales ferromagnéticos, obteniendo aleaciones con propiedades magnéticas superiores a las del metal puro [1, 2].

Los Ultramicroelectrodos (UME) han demostrado ser una herramienta adecuada para los estudios de electrodeposición, ya que su uso permite obtener un proceso controlado exclusivamente por la difusión, sus pequeñas dimensiones permiten la formación y crecimiento de un pequeño número de núcleos o, minimizando la interferencia entre los núcleos vecinos [3]. Sin embargo, sólo algunos estudios se han realizado utilizando UME.

METODOLOGÍA

Se construyeron UMEs de Pd a partir de la técnica propuesta por Bard y colaboradores [4]. Posteriormente, se sintetizaron cúmulos metálicos a partir de una solución de NH_4Cl 0.1 M, utilizando un UME de Pd como electrodo de trabajo, un alambre de Pt como contraelectrodo y un electrodo de Au de mayor área como sustrato, todos los potenciales fueron reportados contra un electrodo de Ag/AgCl . La síntesis de cúmulos metálicos se realizó mediante Microscopía Electroquímica de Barrido (MEQB).

RESULTADOS

Los UMEs de Pd fueron construidos a partir de microalambres de dicho metal, obteniendo un diámetro de hasta 65 μm . Una vez construidos, se realizó la síntesis de cúmulos metálicos utilizando el Microscopio Electroquímico de Barrido acoplado a un bipotenciostato Uniscan M370, mediante el sistema

UME Pd / NH_4Cl 0.1 M // NH_4Cl 0.1 M / Au.

En la figura 1, se observa la formación de cúmulos de Pd sintetizados, de hasta 130 μm , sobre el sustrato de Au, controlando la posición de los cúmulos sobre el sustrato.

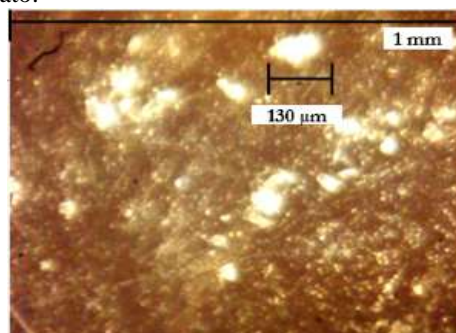


Figura 1. Síntesis de un cúmulo de Pd sobre el sustrato de Au, controlando su posición.

CONCLUSIONES

Utilizando la técnica propuesta por Bard y colaboradores fue posible construir UMEs de Pd con diámetros de hasta 65 μm . Mediante electrodeposición localizada se logró la síntesis de cúmulos de metálicos de Pd con un diámetro de hasta 130 μm .

REFERENCIAS

- [1] F. Nasirpour, S. J. Bending, L. M. Peter, H. Fangohr, *Thin Solid Films*, **519**, 8320, (2011).
- [2] J. Guevara, A. M. Llois, F. Aguilera-Granja, J. M. Montejano-Carrizales, *Revista Mexicana de Física*, **56**, 21, (2010).
- [3] R. Duo, R. Peña y R. Celdrán, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **404**, 99, (1996).
- [4] A. Bard y L. Faulkner, *Electrochemical Methods. Fundamentals and Applications*, p. 263, John Wiley & Sons, inc , Phoenix, (2001).

Electrodeposición de nanopartículas bimetálicas Pd-Co usando el disolvente eutéctico profundo Reline

EM-O6

M. Landa-Castro¹, M. G. Montes de Oca Yemha¹, M. A. Romero Romo¹,
E. M. Arce Estrada², M. Palomar Pardavé^{1*}

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

² Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, C.P. 07638 Cd. de México, México.

*E-mail Responsable de la investigación: mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

La electrodeposición y caracterización de nanopartículas (NPs) bimetálicas Pd-Co como aleación usando el disolvente eutéctico profundo (DEP) constituido por cloruro de colina (ChCl) y urea (U), Reline se presenta en este trabajo. Este DEP del tipo IV [1], es una mezcla eutéctica formada por una sal cuternaria de amonio, ChCl, y un donador de protones, U. En particular Reline ha sido utilizado en diversos campos, como medio para síntesis de NPs [2] debido a sus propiedades, tales como: conductividad eléctrica alta, casi nula presencia de protones y agua, su biodegradabilidad. Reline ha mostrado excelente capacidad para solvatar iones metálicos, permitiendo con ello su electrodeposición y la síntesis de aleaciones binarias/ternarias, con control en tamaños y morfologías

METODOLOGÍA

Reline se utilizará en una proporción molar 1ChCl:2Urea, ambos se calentarán a 50 °C con agitación constante hasta obtener una mezcla homogénea líquida e incolora. Las especies electroactivas de PdCl₂, y CoCl₂, previamente serán secadas a 100 °C, se emplearán en una relación molar 1:1, preparándose la disolución de las dos sales metálicas juntas en el DEP para la configuración de aleación.

RESULTADOS

El estudio voltamperométrico muestra dos picos de reducción en el barrido catódico, el primero de ellos tiene un potencial de reducción similar al potencial del Pd, el segundo no corresponde a la reducción de alguna

de las dos especies monometálicas, esto sugiere que existe una interacción entre las especies electroactivas por lo que podría darse la formación de una aleación, el barrido anódico confirma esta aseveración debido a la presencia de dos picos de oxidación diferentes a la oxidación de los monometales (Co o Pd), En la Figura 1, se muestra la caracterización por SEM de los electrodepositos realizados, y el análisis EDS muestra presencia de Pd y Co.

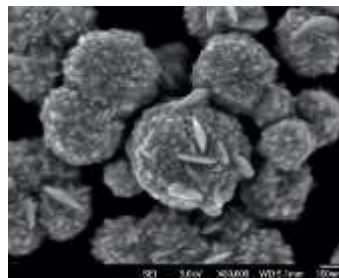


Figura 1. Nanopartículas de Pd-Co.

CONCLUSIONES

El estudio voltamperométrico y la caracterización por SEM confirma la interacción que existe entre los dos metales, debido a la formación de partículas Pd-Co, lo cual se corrobora con EDS, obteniendo valores de 30.43% Co y 69.57 Pd.

REFERENCIAS

- [1] A. P. Abbott, J. C. Barron, K. S. Ryder, D. Wilson. *Chem. Eur. J.*, **13**, 6495, (2007).
- [2] P. Sebastián, L. E. Botello, E. Vallés, E. Gómez, M. Palomar-Pardavé, B.R. Scharifker, J. Mostany. *J. Electroanal. Chem.* **793**, 119, (2017).

Caracterización electroquímica de películas de óxidos semiconductores mediante Scanning Electrochemical Microscopy

EM-O7

I. G. Aké Turriza¹, L. R. Dzib Pérez^{2*}, J. A. González-Sánchez², M. Rodríguez Pérez³

¹Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar S/N, entre Juan de la Barrera y Calle 20, Col. Buenavista, C.P. 24039, San Francisco de Campeche, Camp., México.

²Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche, Av. Agustín Melgar S/N, entre Juan de la Barrera y Calle 20, Col. Buenavista, C.P. 24039, San Francisco de Campeche, Camp., México.

³Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Campeche, Campus V, Ex Hacienda Kalá, San Francisco de Campeche, Camp., 24085. Mexico.

*E-mail Responsable de la investigación: al046807@uacam.mx

INTRODUCCIÓN

El actual trabajo presenta el comportamiento electroquímico de películas de CuBi_2O_4 (bismutato de cobre) mediante el uso del Scanning Electrochemical Microscopy (SECM). Esta técnica se ha utilizado en estudios de corrosión localizada, mediciones cinéticas heterogéneas y homogéneas, en sistemas biológicos, membranas y películas delgadas, entre otras. [1] El estudio fue realizado utilizando un ultramicroelectrodo (UME) de platino de 25 μm de diámetro en una solución buffer de fosfatos a pH 7.0, usando FcMeOH como mediador y un alambre de platino como Electrodo Auxiliar. Todas las mediciones electroquímicas fueron realizadas usando un Electrodo de Referencia de Ag/AgCl saturado con KCl. Fueron evaluadas diferentes soluciones variando la concentración del mediador FcMeOH, el electrolito soporte (KNO_3), el agente agresivo (K_2SO_4), y la velocidad de barrido (10 y 50 mV/s) mediante voltametría cíclica. La cinética de las reacciones que ocurren en la superficie del bismutato de cobre fue evaluada mediante curvas de aproximación del UME hacia el óxido semiconductor.

METODOLOGÍA

El trabajo fue realizado en diferentes etapas:

1. Fabricación de películas semiconductoras.
2. Fabricación y calibración de UME.
3. Calibración del UME en disoluciones de prueba.
4. Registro de la actividad en la superficie de la película semiconductoras usando SECM.

RESULTADOS

La actividad electroquímica en la superficie de la película semiconductoras de bismutato de cobre, preparada a diferentes espesores, fue evaluada mediante curvas de aproximación. En la siguiente figura se presenta una curva de aproximación normalizada típica obtenida en la cual se observa un comportamiento de feedback negativo bajo condición de iluminación por debajo de la película semiconductoras.

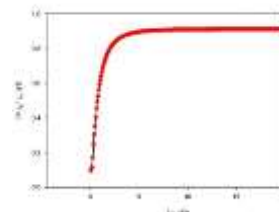


Figura 2. Curva de aproximación con iluminación.

CONCLUSIONES

La técnica de SECM permitió determinar la cinética de las reacciones que se llevan a cabo en la superficie de la película semiconductoras a partir de las curvas de aproximación.

REFERENCIAS

- [1] M. M. Allen Bard, *Scanning Electrochemical Microscopy*. Marcel Dekker, Inc, Estados Unidos de América. (2001)

Influencia de los elementos de aleación zinc y calcio en el comportamiento electroquímicos de Magnesio en solución de Hanks

EM-O8

G. M. Acosta Tejada, L. Veleva*

Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, 97310, Mérida Yucatán; México.

*E-mail Responsable de la investigación: veleva@cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

El magnesio y sus aleaciones son la generación de nuevos materiales como implantes biodegradables temporales [1]. Las aleaciones de Mg, denominadas ZX contienen Zn y Ca, y son dos elementos esenciales para el cuerpo humano, por lo que se puede metabolizar de manera segura el implante [2].

La introducción de Ca al Mg mejora el perfil de carga el implante con un módulo elástico que está mucho más cerca del tejido óseo cortical. Los iones de Mg, liberados durante la biodegradación de un implante, tienen funciones biológicas importantes. El objetivo de este trabajo es comparar la actividad electroquímica de Mg puro con la de una aleación de magnesio ZX10, durante la exposición durante 7 días en una solución fisiológica de Hanks.

METODOLOGÍA

Las muestras de Mg y la aleación ZX10 fueron cortadas en forma de disco (0,8 cm²). Posteriormente, se pulieron, se sonificaron y fueron inmersas en diferentes periodos de tiempo, en una solución fisiológica de Hanks. Su evaluación fue realizada mediante pruebas electroquímicas, como EIS y ruido electroquímico (EN) y su superficie caracterizada con SEM-EDX y XPS.

RESULTADOS

La Figura 1 presenta los diagramas de Nyquist de las muestras de Mg y de la aleación ZX10. Los diagramas presentan dos bucles capacitivos que están asociados con la transferencia de carga, los efectos de la película formada y el transporte de masa. Mientras tanto, el bucle inductivo, en la región de baja frecuencia, puede indicar la presencia de dos estados de superficie (la región activa y la región pasiva) [3]. El diagrama EIS muestra que la aleación ZX10 presenta una mayor resistencia a la corrosión, debido a la formación de una película de hidroxiapatita sobre la

superficie. Las imágenes SEM muestran que la película formada presenta más grietas para el Mg. El Mg puro y ZX10 presentaron corrosión uniforme, ya que sus índices de picadura (IP) fueron de 0.30 y 0.134, respectivamente.

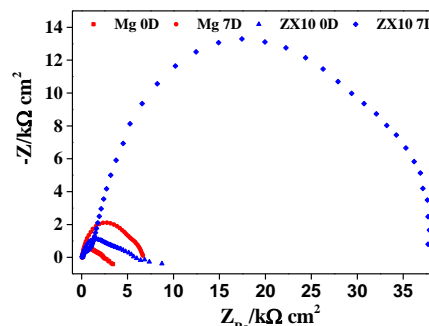


Figura 1. Diagrama de Nyquist (EIS) de Mg y ZX10, inmersas en solución de Hanks, inicial y 7 d.

CONCLUSIONES

La aleación ZX10 presentó mayor resistencia a la corrosión en comparación con el Mg puro.

La corrosión se desarrolló de forma uniforme en ambas superficies, presentando un IP < 0.6 (0.30 y 0.134, para el Mg y la aleación ZX10, respectivamente).

REFERENCIAS

- [1] H. Reddy Tiyyagura, H. Piliyalil, G. Filipiò, K. Chaitanya Kumar, Y. Beeran Pottathara, R. Rudolf, R. Fuchs-Godec, M. Krishna Mohan, U. Cverlbar, *Surface and Coatings Technology*, **385**, 125434, (2020).
- [2] J. Zhang, H. Li, W. Wang, H. Huang, J. Pei, H. Qu, G. Yuan, Y. Li, *Acta Biomaterialia*, **69**, 372, (2018).
- [3] A. Srinivasan, C. Blawert, Y. Huang, C. L. Mendis, K. U. Kainer, N. Hort, *Journal of Magnesium and Alloys*, **2**, 245, (2014).

Fabricación de un sustrato SERS mediante electrodeposición de nanoestructuras de plata sobre un electrodo de óxido de grafeno reducido

EM-O9

E. Aparicio-Martínez¹, R. B. Domínguez Cruz^{2*}

¹CIMAV S.C., Miguel de Cervantes 120, C.P. 31136 Chihuahua, CHIH, México.

²CONACyT -CIMAV S.C., Miguel de Cervantes 120, C.P. 31136, Chihuahua, CHIH, México.

*E-mail Responsable de la investigación: rb.dominguezcruz@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La técnica de espectroscopía SERS (Surface-Enhanced Raman Scattering) es un método analítico de gran sensibilidad aplicado en la detección de contaminantes: metales pesados, pesticidas, bacterias y antibióticos. Para su operación se requiere una superficie decorada con nanopartículas metálicas encargadas de amplificar de forma localizada el campo electromagnético, y con ello amplificar la señal característica de cada compuesto detectado [1]. Para fabricar esta superficie (sustrato SERS) se ha utilizado silicio, ITO y aluminio como base, mientras que las nanoestructuras suelen crearse por pulverización catódica. El alto costo de manufactura de estas superficies, generan un gran interés por obtener nuevos materiales de gran eficiencia que puedan fungir como sustrato SERS con métodos de fabricación más sencillos y económicos. En este trabajo se propone el uso de óxido de grafeno reducido (OGr) como material base y su modificación con nanoestructuras de Plata (NpsAg) para el desarrollo de un sustrato SERS).

METODOLOGÍA

Se obtuvo una película de OGr mediante la reducción de óxido de grafeno (OG) por irradiación láser [3]. Con este material se fabricó un electrodo que fue modificado posteriormente con NpsAg por electrodeposición utilizando una solución de KNO_3 0.1 M/ AgNO_3 10 mM y un potencial de -0.1V durante 240 s. La morfología del material se caracterizó mediante MEB, el desempeño electroquímico del electrodo de OGr se verificó por voltametría cíclica (VC) con el par redox $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]/\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. El sustrato SERS fabricado se aplicó en la detección de Rodamina 6G (R6G) a diferentes concentraciones.

RESULTADOS

La figura 1a muestra los electrodos de OGr obtenidos, observándose una zona lisa para el OG y un área oscura con patrones verticales producto de la

reducción térmica del láser. Ante el par redox el electrodo de OGr presenta el comportamiento típico de un sistema quasi-reversible. La electrodeposición de NPsAg resultó en nanoestructuras de entre 70-100 nm sobre la superficie del electrodo de OGr. El material fabricado OGr-NpsAg fue evaluado como sustrato SERS ante concentraciones de R6G, logrando detectar hasta 1×10^{-7} M, lo que implica la amplificación focalizada del campo electromagnético por medio de las nanoestructuras generadas.

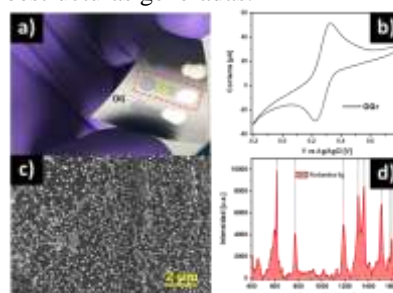


Figura 1. a) Electrodo OGr, b) VC del electrodo OGr c) Micrografía NPsAg-OGr y d) Espectro de R6G detectada por SERS con el sustrato OGr-NpsAg

CONCLUSIONES

Se fabricó un sustrato SERS a base de OGr modificado por electrodeposición con NPsAg capaz de detectar RG6 hasta 1×10^{-7} M. El método mostró ser un método eficaz, sencillo y de bajo costo para el diseño de nuevos sustratos SERS sensibles y económicos.

REFERENCIAS

- [1] H. Tang, C. Zhu, G. Meng, and N. Wu, *J. Electrochem. Soc.*, **165**, B3098 (2018)
- [2] J. Kim, L. J. Cote, F. Kim, and J. Huang, *J. Am. Chem. Soc.*, **132**, 260, (2010).
- [3] E. Aparicio-Martínez, A. Ibarra, I. A. Estrada-Moreno, V. Osuna, and R. B. Domínguez, *Sensors Actuators, B Chem.*, **301**, 127101, (2019).

Estudio de las propiedades electroactivas de catecoles y quinonas en medio acuoso y aprótico y su interacción con nanopartículas de magnetita

EM-O10

A. G. González¹, N. Casillas Santana^{1*}, R. R. Quiñonez López¹, M. S. Ojeda Percastegui¹, B. B. Pérez Delgadillo¹, S. Rosales de los Santos¹, O. I. Cervantes Arreola.

¹ Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Boulevard Marcelino García Barragán #1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México.

*E-mail Responsable de investigación: gabriela.gonzalez@academicos.udg.mx

INTRODUCCIÓN

La síntesis y modificación de nanopartículas de magnetita (NPMs) es de gran interés dadas sus propiedades inherentes, tales como paramagnetismo, biocompatibilidad y fácil separación. Su aplicación incluye el desarrollo de fluidos magnéticos, remediación ambiental, catálisis, biotecnología y biomedicina [1-2]. Sin embargo, por su tamaño y propiedades magnéticas tienden a aglomerarse y con el tiempo, a cambiar sus propiedades físicas y químicas; por tal razón, es necesario modificar su superficie, sin alterar sus propiedades magnéticas [3].

Este trabajo presenta la síntesis y caracterización fisicoquímica de magnetita y su funcionalización con tetrahidroxi-1,4 quinona (THQ) y 1,2-dihidroxibenceno (BEN). Así como un estudio comparativo de las propiedades electroactivas de las moléculas en medio acuoso y aprótico.

METODOLOGÍA

1. Síntesis de nanopartículas de magnetita (NPMs) por el método de coprecipitación
2. Funcionalización de las NPMs empleando THQ y BEN.
3. Caracterización fisicoquímica de las NPMs con y sin recubrimiento.
4. Estudio de las propiedades electroquímicas de las moléculas de THQ y BEN en NaOH 0.1 M y n-Bu₄N(ClO₄) 0.2 M/Dimetilsulfóxido, empleando un potenciostato Solartron SI 1287 y una celda convencional de tres electrodos y atmósfera de nitrógeno. Un electrodo de Pt con un área de 0.07 cm² fue empleado como electrodo de trabajo.

RESULTADOS

La respuesta electroquímica de la magnetita y las moléculas de THQ y BEN en los diferentes medios

permitió inferir la eficiencia de funcionalización de las NPMs.

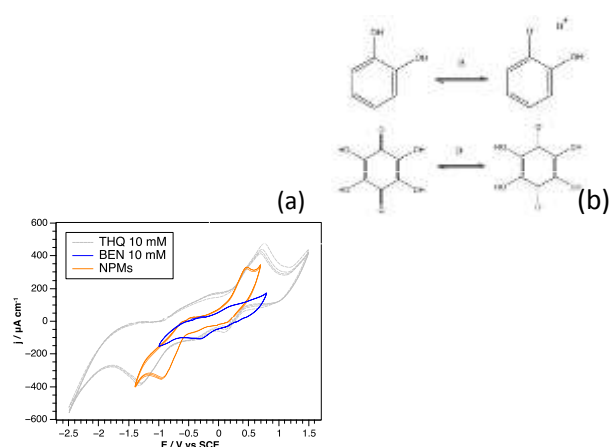


Figura 3 (a) Voltamperograma cíclico de BEN, THQ, y NPMs en n-Bu₄N(ClO₄) 0.2 M/ DMSO y (b) mecanismo de reacción del THQ y BEN en medio básico.

CONCLUSIONES

La respuesta electroquímica de las moléculas de THQ, BEN y NPMs no pueden ser estudiados en medio acuoso debido a que la ventana de potencial está limitada por la evolución de H₂. El uso de un solvente aprótico permitió conocer las propiedades electroactivas de las moléculas y compararlas con la respuesta de las nanopartículas funcionalizadas.

REFERENCIAS

- [1] A. R., K. S., A. S. D., A. S. a, B. R. Z, R.S. V, M.B. Gawande, *Green Chem.* **18**, 3184 (2016).
- [2] P. L, P. L., Y. J., W. H., Bo M., D W., Xia H. *Applied Energy* **216**, 382 (2018)
- [3] S. A. J. and R, B. *Adv. Mat. Lett.*, **5**, 356 (2012)

Estudios electroquímicos propuestos para evaluación de recubrimientos expuestos en el MISSE de la Estación Espacial Internacional

EM-O11

J. A. Cobos Murcia¹, A. Trujillo Estrada^{1,2}, M. A. González López¹, I. G. Meza Pardo¹, G. Gallegos Ortega¹, V. E. Reyes Cruz^{1*}, Q. L. Reyes Morales¹, M. A. Veloz Rodríguez¹

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

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 Responsable de la investigación: reyesacruz16@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de nuevos procedimientos y normativas para la evaluación de corrosión, en diferentes tipos de materiales bajo condiciones estandarizadas como las normas ISO en condiciones atmosféricas [1], o las propuestas a través de organismos como NACE (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión, por sus siglas en inglés) para evaluación bajo condiciones aceleradas [2], permite que los estudios de corrosión tengan puntos de comparación que conduzcan a la adquisición de conocimiento fundamental en la síntesis de nuevos materiales con una mayor cantidad de aplicaciones. Este trabajo surge como una propuesta para el desarrollo de una metodología que permita determinar el deterioro de placas metálicas de acero A316 que fueron recubiertas con Ag, Cu, Níquel, y aleaciones de latón y Cu-Ag; que se mantuvieron expuestas durante 6 meses en el ambiente hostil de la órbita baja de la tierra, en la posición RAM de la Estación Espacial Internacional. Para ello, se prepararon depósitos bajo las mismas condiciones de los que fueron enviados a la Estación Espacial Internacional y se evaluaron modificando parámetros como el tipo de solución electrolítica y las técnicas electroquímicas a utilizar para poder establecer el entorno adecuado para el estudio de las muestras que regresaron al planeta el pasado mes de enero.

RESULTADOS

Se utilizaron ambientes con distintos pH y las técnicas de Voltamperometría cíclica y curvas de polarización potenciodinámica. Los resultados voltamperométricos y el análisis con curvas de TAFEL para los 5 recubrimientos evaluados, mostraron que a

pH 8 no se presentan cambios drásticos en la superficie del material, permitiendo conservar la estabilidad de la película y con ello poder hacer el comparativo con las muestras problema. Los resultados respaldan el uso de disoluciones búfer para realizar la experimentación. Así mismo, se determinó que para los recubrimientos de latón y de níquel, se requiere controlar el potencial de oxidación y reducción al que se llega, dado que se observan procesos que alteran sus propiedades superficiales a potenciales superiores a los ± 200 mV. Con estas condiciones de trabajo se obtienen los valores de potencial de corrosión y la velocidad de corrosión de manera más precisa sin dañar excesivamente las muestras.

CONCLUSIONES

Se determinó que la mejor condición experimental para realizar los estudios voltamperométricos es a un valor de pH de 8, ya que no se presentan cambios drásticos en la superficie del material, presentando una mejor respuesta y una menor variabilidad, que puede ser atribuida directamente a la película del recubrimiento y no a los daños sufridos por causa del ambiente de evaluación.

REFERENCIAS

- [1] ISO 8044:2020 -Corrosion of metals and alloys-Vocabulary
- [2] ISO 9223:2012(en) - Corrosion of metals and alloys-Corrosivity of atmospheres-Classification, determination and estimation.
- [3] ISO 16151:2018 - Corrosion of metals and alloys-Accelerated cyclic test with exposure to acidified salt spray, dry and wet conditions.

Reducción de óxido de Zinc con ultramicroelectrodos de Mercurio

EM-O12

S. Gutiérrez Portocarrero¹, P. Subedi¹, M. A. Alpuche Aviles^{1*}

¹Department of Chemistry, University of Nevada

Reno, Nevada 89557, USA

*E-mail Responsable de la investigación: malpuche@unr.edu

INTRODUCCIÓN

Presentamos un estudio de suspensiones coloidales de óxido de zinc (ZnO) con énfasis en la reducción del material. Incluimos avances recientemente publicados[1] sobre el uso de nanopartículas de ZnO como modelo electroquímico de cinéticas de transferencia de carga. Incluimos nuestros datos más recientes con la motivación de entender los procesos de transferencia de carga en la escala de nanómetros. Para ello nuestro grupo participa en el desarrollo de técnicas para estudiar partículas individuales. En este trabajo, los datos se obtienen de manera que se aísla la contribución de un elemento discreto de ZnO. El estudio se realiza por electroquímica estocástica[2] que está descrita según el método de detección como veremos en la presentación.[3] El ZnO se reduce en mediante fenómenos relacionados a la reducción del ZnO en la superficie de Hg para formar la amalgama Zn(Hg).

METODOLOGÍA

La metodología ha sido reportada previamente.[4] En todos los experimentos se utilizó una celda de tres electrodos. El electrodo de trabajo se prepara por electrodeposición de Hg²⁺ sobre un disco de Pt de 10 μm diámetro para formar una semiesfera de Hg.[5] El electrodo de referencia (ER) es Ag/AgCl. La celda se purga con argón y se inyecta una suspensión coloidal de ZnO. Se utiliza cronoamperometría de alta resolución para detectar las colisiones. El potencial aplicado es -2.4 V vs ER.[1,4,6]

RESULTADOS

Discutiremos los eventos transitorios que presentan picos en las gráficas de corriente con respecto al tiempo. La carga los eventos transitorios es de aproximadamente 1 pC, que corresponde con la presencia de aglomerados que se reducen al chocar con la superficie de Hg. Se discutirá también cómo se obtiene la constante cinética a partir de los transitorios

que se consideran característicos de las colisiones de los elementos discretos de ZnO. La Tabla 1 muestra las constantes obtenidas de tres picos.[1]

Tabla 1. Constantes cinéticas de reducción de ZnO.

Evento Discreto	k_f [cm/s]
1	2.86×10^{-4}
2	3.38×10^{-4}
3	4.90×10^{-4}

CONCLUSIONES

Los datos se ajustan al modelo cinético de Kätelhön et al[7], consistente con que los nanoimpactos son destructivos. Analizamos las constantes cinéticas en función de la instrumentación y el efecto del potenciostato sobre la señal transitoria.

REFERENCIAS

- [1] N. Karunathilake, S. Gutierrez- Portocarrero, P. Subedi, and M. A. Alpuche- Aviles, *ChemElectroChem*, **7**, 2248 (2020).
- [2] S. J. Kwon et al., *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **13**, 5394 (2011).
- [3] S. Goines and J. E. Dick, *J. Electrochem. Soc.*, **167**, 037505 (2020).
- [4] N. Perera, N. Karunathilake, P. Chhetri, and M. A. Alpuche-Aviles, *Anal. Chem.*, **87**, 777 (2015).
- [5] K. R. Wehmeyer and R. M. Wightman, *Anal. Chem.*, **57**, 1989 (1985).
- [6] A. J. Bard and L. R. Faulkner, *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., (2001).
- [7] E. Kätelhön, E. E. L. Tanner, C. Batchelor-McAuley, and R. G. Compton, *Electrochim. Acta*, **199**, 297 (2016).

Agradecemos a la NSF por los proyectos CHE-1255387 y MRI- 1726897.

MAA dedica este manuscrito a la profesora Lucien Veleva en ocasión del premio Nacional de Electroquímica 2020.

Modificación *in situ* de un electrodo de pasta de carbono con grafeno oxidado por oxidación electroquímica en HClO_4 en presencia de β -ciclodextrina

EM-O13

G. A. Méndez Rivera¹, L. M. Torres Rodríguez^{1*}, A. Montes Rojas¹.

¹ Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ciencias Químicas. Laboratorio de Electroquímica, Avenida Manuel Nava No. 6, Zona Universitaria, C.P. 78210. Tel: +52 (444) 8 26 24 40 ext. 6547, Fax: +52 (444) 8 26 23 72.

*E-mail Responsable de la investigación: luzmaria@uaslp.mx

INTRODUCCIÓN

Existe evidencia de la intercalación de aniones entre las láminas de grafito cuando se aplican barridos de potencial altamente oxidativos en presencia de oxoácidos, con esta técnica se oxida el grafito, el cual se delamina y produce nanoestructuras de grafito como son las láminas de grafeno oxidado [1].

Por otra parte, la β -ciclodextrina (β CD) es una macromolécula que se compone de 7 unidades de glucosa, y su estructura facilita la formación de complejos de inclusión, incluso se ha reportado que la β CD forma complejo con el ion perclorato [2].

Se ha observado que al tratar por voltamperometría cíclica un electrodo de pasta de carbono (CPE) en presencia de β CD y HClO_4 , se mejora la respuesta electroquímica de diferentes analitos [3].

El objetivo de este trabajo es entender cómo es que el CPE se modifica con la acción de la β CD y HClO_4 .

METODOLOGÍA

Para el tratamiento del electrodo se siguió la metodología propuesta por Roa-Morales et.al [3]. Se modificó un electrodo de pasta de carbono sintético y otro de carbono natural. Estos electrodos se caracterizaron electroquímicamente, por IR con ATR, micro Raman y microscopía electrónica de barrido (SEM). Adicionalmente se evaluó la respuesta de compuestos electroactivos.

RESULTADOS

Se compararon las respuestas de los CPE natural y sintético por el tratamiento en β CD y HClO_4 , ambos presentaron una importante evolución de la intensidad de corriente, así como la presencia de picos asociados a grupos funcionales de oxidación del grafito. La

respuesta altamente capacitiva de los CPE tratados, es similar a la presentada por electrodos modificados con láminas de grafeno [4].

Para la caracterización de los electrodos con IR-ATR se encontraron las bandas correspondientes a una superficie de grafito oxidado. En micro Raman, se encontró presencia de láminas de grafeno en la solución modificante del electrodo. La respuesta de los compuestos electroactivos mejoró en los electrodos modificados. Finalmente, en las micrografías de SEM para ambos electrodos se encontraron presencia de láminas con morfología similar al grafeno.

CONCLUSIONES

El aumento de corriente y la mejora en las señales de los analitos en los CPE modificados con β CD- HClO_4 , se debe a la oxidación de los grupos funcionales en su superficie y al aumento del área superficial del CPE por la presencia de nanoestructuras como láminas de grafeno oxidado. Las láminas de grafeno se producen gracias a la intercalación del complejo de β CD- HClO_4 que delamina el grafito. La modificación es observada en mayor proporción cuando el grafito es natural a cuando tiene un origen sintético.

REFERENCIAS

- [1] A. Ambrosi and M. Pumera, *Chemical Society Reviews*, **47**, 7213, 2018.
- [2] F. Cramer, W. Saenger and H. C. Spatz, *Journal of the American Chemical Society*, **89**, 14, 1967.
- [3] G. Roa Morales, M. T. Ramírez-Silva and L. Galicia, *Journal of Solid State Electrochemistry*, **7**, 355, 2003.
- [4] D. Chen, H. Feng and J. Li, *Chemical Reviews*, **112**, 6027, 2012.

Determinación electroquímica de la concentración micelar crítica de agentes tensoactivos con base imidazol

EM-O14

A. R. Lara Hernández^{1*}, N. V. Gallardo Rivas¹, U. Páramo García¹, R. D. Martínez Orozco¹.

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Prol. Bahía de Aldhair y Av. De las Bahías, Parque de la Pequeña y Mediana Industria, 89600, Altamira, Tamaulipas, México

*E-mail Responsable de la investigación: d10070905@cdmadero.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

Los agentes tensoactivos, son compuestos orgánicos que poseen una estructura anfifílica; sus moléculas contienen grupos polares (hidrofílicos) y no polares (hidrofóbicos), siendo esta característica muy importante para la interacción en sistemas que presentan nula miscibilidad. Esto se atribuye a su capacidad para formar complejos moleculares denominados micelas, de alta estabilidad química y con una infinidad de aplicaciones en el ámbito industrial. La concentración micelar crítica (CMC) es definida como el punto de saturación del agente tensoactivo en el sistema, o la concentración en la que se forman micelas termodinámicamente estables [1].

La CMC puede ser determinada a partir del comportamiento de las propiedades fisicoquímicas del tensoactivo en función de su concentración. Algunas de estas propiedades son: tensión superficial, pH, conductividad eléctrica, tamaño de partícula, entre otras. La voltametría cíclica es un método atípico para la determinación de este parámetro, basado en la formación de micelas en la solución acuosa tras la aplicación de un potencial, el cual cambia el flujo de transporte de masa hacia el electrodo de trabajo. El valor de CMC es obtenido a partir de la discontinuidad de la curva de corriente en función de la concentración [2].

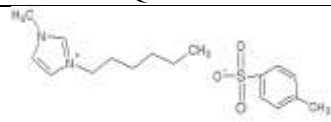
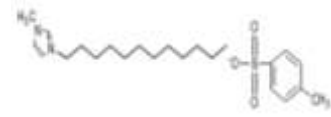
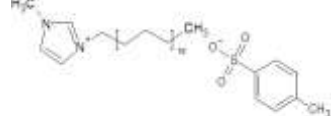
Una serie de investigaciones lograron determinar electroquímicamente la CMC de agentes tensoactivos de diferentes naturalezas (catiónico, aniónico y neutro) a partir de la voltametría cíclica. Racaud [3] utilizó diamante dopado con boro como electrodo de trabajo, asoció la oxidación de los grupos hidroxilo en 1.7 V, desarrollando una línea de tendencia (concentración vs corriente) con los puntos de inflexión de cada curva. Del mismo modo, Kumar [4], Sanjay [5] y Berlot [6], realizaron análisis voltamétrico variando los electrodos de trabajo, platino y carbón vítreo, respectivamente. Encontraron la CMC en el cambio de pendiente de las líneas de tendencia, mismo que fue comprobado con otras técnicas convencionales como: tensiometría de gota colgante, espectroscopía UV-vis y pH.

METODOLOGÍA

XXXV CONGRESO DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE ELECTROQUÍMICA

Se realizó el estudio electroquímico de los siguientes agentes tensoactivos mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Agentes tensoactivos analizados

Nombre	Estructura Química
P-toluensulfonato de 1-metil-3-hexilimidazolio C6-IM	
P-toluensulfonato de 1-metil-3-dodecilimidazolio C12-IM	
P-toluensulfonato de 1-metil-3-octadecilimidazolio C18-IM	

Se prepararon disoluciones de los compuestos tensoactivos con un intervalo de concentración de (10 a 1000 mgL⁻¹) en fase acuosa. Posteriormente se colocaron 10 mL de cada una, en una celda electroquímica para su análisis en un potenciostato galvanostato AutoLab AUT86218. El electrodo de trabajo fue platino de 1 mm. de diámetro, un electrodo de referencia de platino y un contraelectrodo de titanio. Para el análisis se consideró un intervalo de 0 a 1 V, con una velocidad de barrido de 10 mV s⁻¹.

RESULTADOS

La figura 1 muestra los voltamperogramas de C6-IM C12-IM y C18-IM en un intervalo de concentración de 10 a 1000 mgL⁻¹. Se observa en los análisis que el proceso de oxidación inicia entre 0.5 y 0.7 V y presenta una señal máxima entre 0.75 y 0.9 V; la intensidad se incrementa en función de la concentración y potencial. Se demuestra que las curvas observadas exponen la oxidación directa del anión p-toluensulfonato, en el que uno de sus electrones (O*) es transferido debido a la densidad electrónica de la molécula [7].

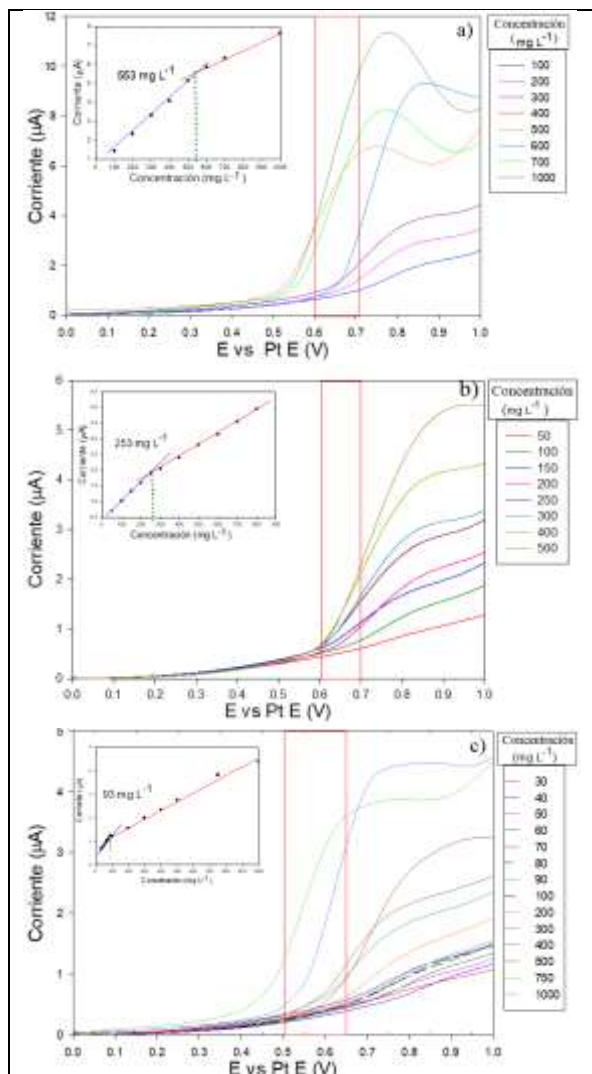


Figura 1. Voltamperogramas de a) C6IM, b) C12-IM y c) C18-IM

Para la elaboración de la línea de tendencia se consideraron los puntos de inflexión de cada voltamperograma, que representan el inicio de la oxidación del grupo aniónico del agente tensoactivo [3]. La figura 4 muestra la línea tendencia de C6-IM, C12-IM y C18-IM, encontrando valores de CMC de 553, 253 y 93 mg L^{-1} , respectivamente. Esto se debe al efecto del potencial en el sistema acuoso, observándose una respuesta (corriente) directamente proporcional a la concentración hasta un punto de saturación (CMC) en el cual, los complejos moleculares se aglomeran en el sistema, generando un aumento en la respuesta y desplazando el punto de oxidación a valores menores de potencial [3].

La tabla 2 presenta los valores de CMC comparados con otras técnicas de estudio realizadas en experimentación previa. Se observa cierta similitud entre los resultados obtenidos.

Tabla 2. Comparación de valores de CMC (mg L^{-1}).

Agente tensoactivo	UV-vis	Tensiometría	Volt. Cíclica
C6-IM	551	554	553
C12-IM	258	250	253
C18-IM	95	100	93

CONCLUSIONES

La voltamperometría es un método general para la caracterización de sistemas microheterogéneos como micelas y para la detección del proceso de micelización y sus efectos en el valor de la concentración micelar crítica. El incremento de la cadena hidrocarbonada provoca la disminución de la CMC facilitando la formación de aglomerados micelares estables con menor cantidad de tensoactivo. Los valores obtenidos tras el análisis electroquímico fueron comparados con lo registrado con otras técnicas realizadas previamente (Espectroscopía UV-vis y tensiometría), encontrando cierta relación entre las propiedades fisicoquímicas de estudio y la concentración de cada tensoactivo.

REFERENCIAS

- [1] J. Lukzak, J. Hupka, J. Thöming, C. Jungnickel, *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **Vol 329**, pág 125, (2008).
- [2] I. Ullah, K. Ahmad, A. Shah, A. Badshah, U. Ali, I. Zia-ur, S. Zeb Kan, *Journal of surfactants and detergents*, **Vol. 17**, página 13, (2013).
- [3] C. Rcaud, K. Groenen-Serrano. A. Savall, *Journal of Applied Electrochemistry*, **Vol. 40**, página 1845 (2010).
- [4] R. Kumar, N. Kaour, M. Singh, *Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **Vol 255**, pág 33, (2004).
- [5] R. Sanjay, S. Sengupta, S. Partha, *Chemical Physics Letters*, Vol. 694, pág. 7, (2018).
- [6] I. Berlot, P. Labbé, P. Letellier. J. Moutet, M. Turmine, *Journal of electroanalytical chemistry*, **Vol. 43**, pág 57, (1997).
- [7] P. Wasserscheid, T. Welton, *Ionic Liquids in synthesis*, página 10, Wiley-VCH, Weinheim, Alemania (2002).

Síntesis y caracterización electroquímica de la heterounión esquema Z directo WO₃/ZnS

EM-O15

J. C. Murillo-Sierra¹, A. Hernández-Ramírez^{1*}, A. Martínez-Hernández¹, Z. Y. Zhao²

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Mexico.

² Faculty of Materials Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, P.R. China.

*E-mail Responsable de la investigación: aracely.hernandezrm@uanl.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La fotocatalisis heterogénea es una tecnología verde y sostenible que representa una alternativa atractiva al tratamiento convencional de agua y aire contaminados y a la producción de combustibles renovables como el hidrógeno y productos de la fotorreducción del CO₂ como el CH₄ y el CH₃OH [1]. Sin embargo, esta tecnología presenta ciertos inconvenientes a superar como la alta tasa de recombinación de pares e^-/h^+ en fotocatalizadores de una sola fase. Esta es una de las principales desventajas en este proceso, para la cual, la comunidad científica ha dedicado grandes esfuerzos a lo largo de los años [2]. Recientemente, los fotocatalizadores heteroestructurados han llamado la atención debido a características que permiten su activación bajo luz visible, así como su alta eficiencia en la separación y transferencia de cargas y sus habilidades redox [3]. En este sentido, las pruebas fotoelectroquímicas son herramientas de gran utilidad para determinar propiedades clave en este tipo de fotocatalizadores y para evaluar y explicar el comportamiento de la transferencia y la eficiencia en la separación de portadores de carga.

En este trabajo, el fotocatalizador heteroestructurado WO₃/ZnS se sintetizó en diferentes proporciones de WO₃ entre 5 y 20% p/p por el método hidrotérmico y se caracterizaron por diferentes técnicas instrumentales. Mediante las pruebas electroquímicas y fotoelectroquímicas de respuesta de fotocorriente en estado transitorio (PC), y espectrometría de impedancia electroquímica (EIS) se determinó el efecto de la heterounión en la separación y transferencia de cargas.

METODOLOGÍA

Los fotocatalizadores se prepararon de acuerdo con un método de síntesis en 2 pasos. Primeramente, el WO₃ se sintetizó por medio de precipitación seguido de calcinación a 450°C. A continuación, las nanopartículas de ZnS se sintetizaron en una

suspensión que contenía partículas de WO₃ obtenido en el paso anterior, incorporando diferentes cantidades de éste: 5, 10 y 20% p/p. Con fines comparativos se sintetizó ZnS siguiendo el mismo procedimiento sin añadir WO₃.

Los materiales se caracterizaron por medio de difracción de rayos X (XRD), espectroscopía de reflectancia difusa UV-Vis (DRS), microscopía electrónica de barrido (FE-SEM) y microscopía electrónica de transmisión de alta resolución (HRTEM). Las pruebas electroquímicas y fotoelectroquímicas que se llevaron a cabo fueron espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y respuesta de fotocorriente en estado transitorio (PC) usando una celda convencional de tres electrodos, con un electrodo de referencia Ag/AgCl, como contraelectrodo una malla de Pt y como electrodo de trabajo cada uno de los fotocatalizadores soportados en vidrio conductor de película delgada de óxido dopado con fluoruro (FTO).

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados de DRX, para el caso del ZnS se observaron picos intensos en las posiciones 2θ 28.5°, 47.4° and 56.3°, los cuales pudieron ser indizados según la ficha correspondiente a la fase cúbica del ZnS (JCPDS-077-1021). En cuanto al WO₃, en el patrón de difracción se pudo corroborar que este corresponde a la fase monoclinica de acuerdo con su ficha JCPDS-043-1035, mientras que en los compositos WO₃/ZnS las señales debidas a la fase cubica del ZnS presentaron la mayor intensidad, sin embargo, a medida que la concentración de WO₃ fue incrementada las reflexiones a 23.1°, 23.6°, 24.4°, 33.3° y 34.4° en posición 2θ correspondientes a la fase monoclinica del WO₃ se hicieron más evidentes, confirmando la presencia de ambas fases en los compositos.

A partir de los resultados obtenidos de los espectros DRS UV-Vis se calcularon los valores de energía de banda prohibida (E_g) de cada material, los

cuales se muestran en la tabla 1 y fueron estimados por medio de los gráficos Tauc. Los valores obtenidos para los semiconductores individuales concuerdan con los reportados previamente [4,5], además se observa que a medida que se incrementa la concentración de WO_3 en el composito el valor de la E_g disminuye lo que indica una fuerte interacción entre los dos semiconductores que además resultó en un corrimiento en la absorción de fotones hacia la región de luz visible.

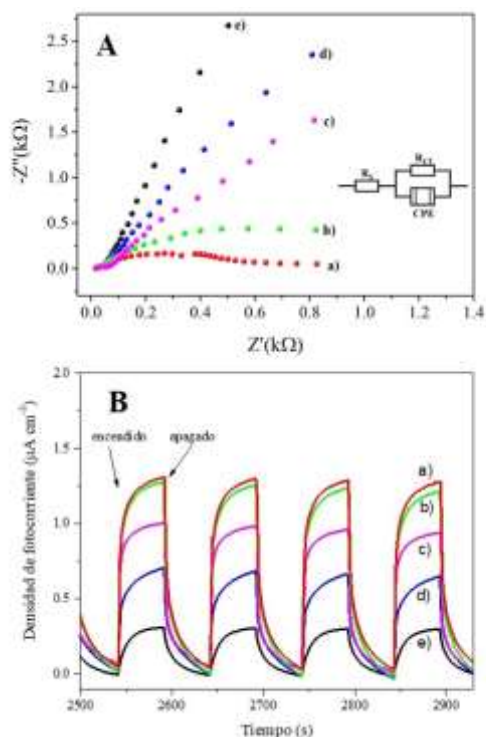


Figura 1. (A) Gráfico de Nyquist y (B) respuesta de fotocorriente transitoria de las muestras a) $W_{5\%}Z$, b) $W_{10\%}Z$, c) $W_{20\%}Z$, d) ZnS and e) WO_3

Las pruebas fotoelectroquímicas son herramientas clave para dilucidar la efectividad de la heterounión en el desempeño del fotocatalizador. Es sabido que el radio del semicírculo formado en el gráfico de Nyquist es un indicativo de la conductividad del material en cuestión, un radio menor indica que el material es más conductivo y, por lo tanto, presenta una menor resistencia a la transferencia de portadores de carga en la interfase sólido – líquido. En la figura 1A se pueden observar los gráficos Nyquist de cada uno de los fotocatalizadores, mientras que en la figura insertada se muestra el circuito equivalente donde R_s representa la resistencia del electrolito, CPE es el elemento de fase constante y R_{ct} se refiere a la resistencia a la transferencia en la interfase. De acuerdo con la Figura 1A el fotocatalizador $W_{5\%}Z$ presentó el radio de arco más pequeño comparado con los demás compositos y los semiconductores individuales (ver tabla 1), lo cual

indica que en el nivel de incorporación de 5% de WO_3 la heterounión formada favoreció eficientemente la transferencia de cargas además de la separación de pares e^-/h^+ . Las pruebas de PC se llevaron a cabo durante 4 ciclos de encendido – apagado con duración de 50 s. En concordancia con el análisis Nyquist se puede observar en la figura 1B que nuevamente, el catalizador $W_{5\%}Z$ presentó la densidad de fotocorriente más alta entre los diferentes compositos seguido por el material con el 10% de WO_3 , lo cual revela la alta eficiencia en la separación de los pares e^-/h^+ que podría verse reflejado en la eficiencia fotocatalítica.

Tabla 1. Potenciales de banda plana, pendientes de la curva Mott-Schottky y valores de resistencia R_{ct} para cada uno de los catalizadores estudiados.

Cat.	V_{fb} (V vs ENH)	pendiente	R_{ct} (kΩ)	E_g (eV)
WO_3	0.279	2.57	93.7	2.60
ZnS	-1.05	1.37	23.9	3.35
$W_{5\%}Z$	-1.71	0.41	0.51	3.31
$W_{10\%}Z$	-1.33	0.73	1.38	3.28
$W_{20\%}Z$	-1.16	0.85	8.09	3.18

Se realizó el análisis Mott-Schottky con el fin de conocer de manera cualitativa la naturaleza conductiva y la densidad de portadores de carga en cada uno de los catalizadores. En la tabla 1 se resumen los resultados obtenidos al ajustar los datos de las curvas Mott-Schottky de acuerdo con la porción lineal de la curva. Los valores positivos de la pendiente indican que ambos semiconductores son tipo n. Adicionalmente, la magnitud de la pendiente se relaciona con la concentración de portadores de carga en el material, a menor valor de la pendiente, la densidad de portadores de carga es mayor, por lo que se infiere que el composito con 5% de WO_3 posee la mayor densidad, lo cual confirma los resultados obtenidos en las pruebas de fotocorriente.

De la extrapolación de la porción lineal de la curva Mott-Schottky a la intersección con el eje X se estimaron los valores del potencial de banda plana (V_{fb}) para cada uno de los materiales, los cuales son reportados en la tabla 1. El V_{fb} para WO_3 y ZnS fueron 0.279 y -1.05 V vs ENH respectivamente, mientras que para $W_{5\%}Z$ fue de -1.71 V vs ENH. Este desplazamiento hacia valores más negativos para $W_{5\%}Z$, sugirió que en este caso la transferencia de cargas fue más eficiente que en los otros compositos preparados [4].

CONCLUSIONES

Varios fotocatalizadores heteroestructurados WO_3/ZnS se sintetizaron satisfactoriamente de acuerdo con los resultados de caracterización estructural y óptica. Por medio de las pruebas electroquímicas y fotoelectroquímicas se comprobó que efectivamente la heterounión formada entre los semiconductores se ve favorecida en el composito 5%- WO_3/ZnS el cual exhibió la mayor densidad de fotocorriente y la menor resistencia a la transferencia de cargas, sugiriendo mejor desempeño fotocatalítico de este catalizador comparado con las otras heterouniones preparadas en diferentes proporciones.

REFERENCIAS

- [1] Y. He, L. Zhang, M. Fan, X. Wang, M.L. Walbridge, Q. Nong, Y. Wu, L. Zhao, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **137**, 175, (2015).
- [2] J. Low, C. Jiang, B. Cheng, S. Wageh, A.A. Al-Ghamdi, J. Yu, *Small Methods*, **1**, 1700080 (2017).
- [3] Y. Dong Zhou, Q.L. Liu, C. Yang, Z.Y. Zhao, *Applied Surface Science*, **451**, 258, (2018).
- [4] Q. Liu, H. Lu, Z. Shi, F. Wu, J. Guo, K. Deng, L. Li, *ACS Applied Materials Interfaces*, **6**, 17200, (2014).

Oxidación de metanol sobre catalizadores de Pt/C y Pt_x/C (x=0.02 y 0.1 Ag⁺ en la síntesis) a través de EIS y VC

EM-O16

N. Roque de la O¹, S. Corona Avendaño¹, E. M. Arce Estrada², M. E. Refugio Garcia¹, G. Vázquez Huerta^{1*}, M. E. Palomar Pardavé.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azc., Dpto. Materiales, C.P. 02200, CDMX, Mex.

²Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE. Dpto. de Ingeniería Metalúrgica, UPALM Ed. 7, C.P. 07738, CDMX, Mex.

*E-mail Responsable de la investigación: gvh@azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

El platino (Pt) es el catalizador por excelencia en la reacción de oxidación de metanol (MOR) sin embargo presenta dos problemas que limitan su uso: su alto costo además de su poca tolerancia al envenenamiento por monóxido de carbono (CO) intermediario que se genera durante la MOR. Con el propósito de disminuir el envenenamiento y mejorar su eficiencia se han desarrollado diversas estrategias como emplear materiales bimetalicos entre ellos rutenio (Ru) que favorezca la disociación del agua y permita la oxidación de especies adsorbidas como el CO, por otro lado, controlar la forma de la nanopartícula también puede favorecer la MOR [1] ya que ésta es selectiva al plano en el cual se lleva a cabo [2]. Así, en este trabajo se sintetizaron NPs de Pt utilizando iones de plata (Ag⁺) como agente modificador de forma en distintas concentraciones, para evaluar su respuesta en la MOR.

METODOLOGÍA

Se realizó la síntesis de las NPs Pt_x (donde x indica la relación molar de Ag⁺ durante la síntesis x=0, 0.02 y 0.1) a través del método poliol, soportando estos materiales en Carbón Vulcan XC-72R.

Se caracterizó a través de técnicas electroquímicas como Voltamperometría Cíclica (VC) y Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS).

RESULTADOS

Se encontró a través de VC que todos los catalizadores presentan respuesta para la MOR, la mayor densidad de corriente tanto del pico I como el pico II las presenta el catalizador Pt_{0.02}/C (Figura 1).

Por otro lado, la EIS nos permite identificar distintas contribuciones de procesos que se llevan a cabo durante la MOR.

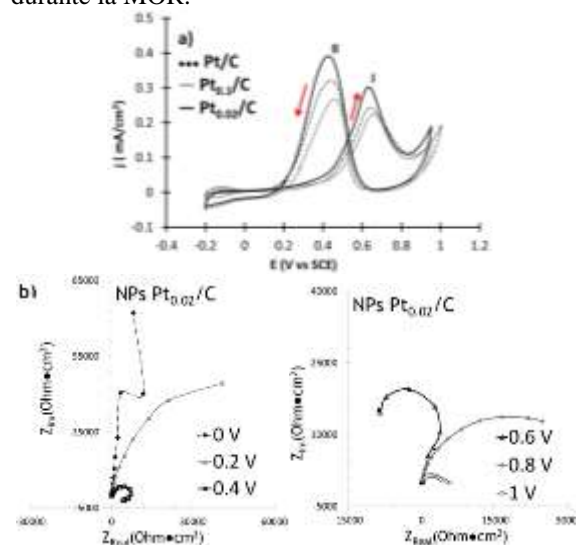


Figura 1. a) Curvas j vs E de las NPs de Pt/C, Pt_{0.02}/C Pt_{0.1}/C, b) Curvas de impedancia de las NPs de Pt_{0.02}/C en una solución 0.5 M CH₃OH+0.5 H₂SO₄ a 50 mV/s.

CONCLUSIONES

El catalizador Pt_{0.02}/C presenta la mejor respuesta para la MOR tanto por VC como por EIS, asociado con la forma de las NPs.

REFERENCIAS

- [1] C. Koenigsman, S.S. Wong, *Energy Environ*, **4**, 1161, (2011).
- [2] X.H. Xia, T. Iwasita, F. Ge, W. Vielstich, *Electrochimica Acta*, **41**, 711, (1996).

Evaluación de cátodos de carbón activado (CA) para su aplicación en supercapacitores de CA-PEDOT

EM-O17

J. A. Lara Gamez¹, S. Gutiérrez Granados^{1*}, S. Jaime Ferrel²

¹Universidad de Guanajuato.

²CIATEC.

*E-mail Responsable de la investigación: gutigs@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la demanda de dispositivos de almacenamiento de energía capaces de cargar/descargar de forma rápida, segura y de bajo costo está en aumento para la producción de energía de vehículos eléctricos e híbridos. Algunos de los principales problemas de las baterías tradicionales son un largo tiempo de carga y una baja densidad de potencia. Por tal motivo, la innovación y el desarrollo actuales se centra en el desarrollo y la mejora de los sistemas de los supercapacitores, también en la combinación híbrida de tecnologías para obtener una alta densidad de energía y potencia. Existen diferentes tipos de supercapacitores dependiendo de su mecanismo de almacenamiento de carga.

En este trabajo se aborda la preparación de electrodos de carbón activado (electrodo negativo) con el objetivo de mejorar las características de conducción del material, permitiendo al supercapacitor un desempeño más eficiente y con una mayor capacidad de almacenamiento de energía. El carbón activado presenta extensas áreas de superficie, tiene una gran conductividad eléctrica, es de bajo costo y tiene una elevada estabilidad química, por lo que es un material ampliamente utilizado en la fabricación de supercapacitores [1].

METODOLOGÍA

Los electrodos de carbono se preparan sobre un colector de corriente de Al mediante la técnica de casting, los electrodos son una mezcla de CA y carbon vulcan, al 20% en peso de PVDF como binder respecto al carbón activado.

RESULTADOS

Se realizaron caracterizaciones electroquímicas por voltametría cíclica en una celda de prueba a tres electrodos para el electrodo de carbón y pruebas a celda completa para el supercapacitor híbrido CA-PEDOT, usando acetonitrilo (ACN) como solvente y tetrabutilamonio tetrafluoroborato (TBABF) como electrolito soporte 0.5 M a velocidades de 10 y 20 mV/s. Obteniendo valores de 61 mF/cm² y 50.5 mF/cm² respectivamente.

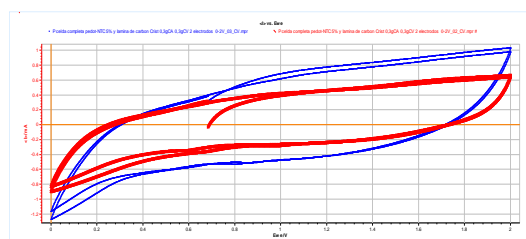


Figura 1. Voltametría cíclica a dos electrodos (celda completa) a 10 (roja) y 20 (azul) mv/s con una ventana de potencial de 2V.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron buenos resultados y se espera que, al mejorar la técnica de casting sobre el aluminio, mejore por mucho la capacitancia del electrodo.

REFERENCIAS

[1] A. González, E. Goikolea, J. A. Barrena, and R. Mysyk, "Review on supercapacitors: Technologies and materials," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, **58**, 1189, (2016).

Mechanisms of enhanced photoelectrocatalytic GO-RGO based semiconductors for degradation of organic pollutants

EM-O18

M. A. Uscanga Olea¹, J. de J. Pérez Bueno^{1*}

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

*E-mail Responsable de la investigación: jperez@cideteq.mx

INTRODUCTION

In photoelectrocatalysis for the advanced oxidation of organic pollutants, the photo-separated holes must have an anodic potential that is at least 2.8V to oxidize water molecules into hydroxide radicals to perform the non-selective oxidation of organic pollutants [1]. Partially reduced graphene oxide, a combination of graphene and graphene oxide, can contribute significantly to this task due to its dual capacity for collecting and transporting electrons [2].

METHODOLOGY

An extensive bibliographic revision was made in order to know the main topics about the photoelectrocatalytic semiconductors and their mechanisms for the advanced oxidation of organic pollutants and the novel attributes of graphene-based nanomaterials to improve photoelectrocatalysis for this kind of application.

RESULTS

This review study summarizes relevant topics about the photoelectrocatalytic semiconductors for the degradation of organic pollutants. Among the topic are A) the basic concepts of photocatalysis and photoelectrocatalysis for the advanced oxidation of organic contaminants. B) The basic characteristics of photoelectrocatalytic cells. C) The main challenges faced by the most known photoelectrocatalytic semiconductors, such as TiO₂. D) The novel attributes of graphene-based materials, which can improve photoelectrocatalytic systems. E) The types of photoelectrocatalytic mechanisms found in semiconductors for water remediation. F) The importance of the typical photocurrent and impedance profiles produced by the usage of voltammetry and electrochemical impedance spectroscopy. G) A

systematic way of classifying and understanding photoelectrocatalytic semiconductors for this kind of application based on their main characteristics and photoelectrochemical patterns

CONCLUSIONS

It was found the junctions of partially reduced graphene oxide-TiO₂/Bi₂WO₆ have a II-type heterostructure which is suitable for the movement and separation of the photogenerated holes and electrons [2,3]. It was found that the main characteristics that determine whether or not a semiconductor or a junction of semiconductors is suitable for the advanced oxidation of organic pollutants are: The valence band energy, band gap, electrical conductivity, charge carriers concentration, flat band potential, absorption band and type of semiconductor heterostructure. Finally, the values of these characteristics are presented for some selected semiconductors and semiconductor junctions.

REFERENCES

- [1] Sergi Garcia-Segura*, Enric Brillas* (2017) *Applied photoelectrocatalysis on the degradation of organic pollutants in wastewaters*. Journal of Photochemistry and Photobiology. C: Photochemistry Reviews, 31, 1–35.
- [2] Belete Asefa Aragaw¹ (2019). *Reduced graphene oxide -intercalated graphene oxide nano -hybrid for enhanced photoelectrochemical water reduction* Journal of Nanostructure in Chemistry <https://doi.org/10.1007/s40097-019-00324->.
- [3] P.K. Giri et al 2018. *Plasmonic Metal and Semiconductor Nanoparticle Decorated TiO₂-Based Photocatalysts for Solar Light Driven Photocatalysis*. Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering, Elsevier, 2017.

Estudio de la cinética de formación del complejo Cd-biopoli-electrolito utilizando la técnica de redisolución anódica

EM-O19

C. A. Quintero González¹, M. T. Oropeza Guzmán^{1*}, L.A. Romero Orellana¹,
E. A. López Maldonado², M. Martínez Quiroz¹

¹TecNM/Instituto Tecnológico de Tijuana, Posgrado en Ciencias en Química y Posgrado en Ciencias de la Ingeniería, Blvd. Alberto Limón Padilla s/n, Mesa de Otay, 22500 Tijuana, B.C.

²Facultad de Ciencias Química e Ingenierías, UABC, 22390 Tijuana, B.C.

*E-mail Responsable de la investigación: oropeza@tectijuana.mx

INTRODUCCIÓN

Los metales, como el cadmio (Cd), deben su toxicidad a la fuerte afinidad los grupos sulfhidrido, -SH, los cuales están comúnmente en las enzimas que controlan la velocidad de las reacciones metabólicas.¹ Recientemente, el tratamiento de aguas residuales se ha llevado a cabo utilizando diversos tipos de biopoli-electrolitos como el quitosano (Ch) y goma de maíz (GM) para innovar en los procesos de coagulación floculación. Sin embargo, debido a la presencia de varios contaminantes en aguas residuales industriales, la efectividad del tratamiento depende de la dosificación y el tipo de biopoli-electrolito.²

METODOLOGÍA

La extracción de GM y Ch se hizo siguiendo metodologías establecidas. Se realizaron dosificaciones de GM o Ch a una disolución de iones Cd y se trazaron voltamperogramas de redisolución anódica de onda cuadrada para cuantificar el Cd libre después de cada adición. Se optimizaron los siguientes parámetros: potencial de depósito, tiempo de deposición, amplitud y frecuencia de onda e intervalo de barrido de potencial.

RESULTADOS

El modelo de pseudo primer orden presenta un mejor ajuste de los datos experimentales, lo cual se evidencia gráficamente y se corrobora con los valores de los coeficientes de correlación reportados en la Tabla 1. Lo anterior afianza la aplicación exitosa de la ecuación de pseudo primer orden en trabajos previos para superficies catalíticas heterogéneas, basadas en un mecanismo de reacción de segundo orden.³

	[GM] (mg/l)	k(s ⁻¹)	R ²	[Ch] (mg/l)	k(s ⁻¹)	R ²
Pseudo 1er orden	40	3.85	0.9895	40	3.3	0.9589
	60	3.3	0.9724	60	1.1	0.9753
	80	4.95	0.9863	80	3.3	0.9743
	100	2.75	0.9958	100	2.75	0.9763
1er orden rev.	40	3.45	0.9739	40	3.18	0.934
	60	3.14	0.9686	60	2.87	0.9686
	80	2.98	0.9656	80	2.68	0.9585
	100	2.84	0.9895	100	2.37	0.9624

Tabla 1. Parámetros cinéticos y coeficientes de correlación.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio indican que los biopoli-electrolitos pueden considerarse como una alternativa potencial para la eliminación de iones Cd(II) de disoluciones acuosas, por lo tanto este material se constituye en una alternativa para el tratamiento de aguas residuales industriales con contenido de este ión metálico.

REFERENCIAS

- [1] Syed, O.; Syed, M. A.; Tze-Fung, Y.; Tin-Wui, Wong; *Reactive & Functional Polymers* **84**, 45, (2014).
[2] Smith MM, Hartley RD. *Carbohydr Res* **118**, (1983).
[3] O. Cartaya, I. Reynaldo, and C. Peniche, *Rev. Iberoam. Polímeros*, **9(5)**, 473 (2008).

Síntesis de CuNPs coloidales empleando el extracto de *Thuja Orientalis*

EM-O21

J. A. Flores Saldivar¹, L. García Hernández^{1*}, P. A. Ramírez Ortega¹,
M. U. Flores Guerrero

¹Centro de Desarrollo en Nanotecnología, Área de Electromecánica Industrial, Universidad Tecnológica de Tulancingo, Camino a Ahuehuetitla No.301 Colonia Las Presas, Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43645, México.

*E-mail Responsable de la investigación: laura.garcía@utectulancingo.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La síntesis verde como técnica alternativa para bioproducción de nanomateriales metálicos ha presentado un gran interés debido a la composición de los agentes reductores en plantas, bacterias y hongos que favorecen la producción de materiales nanoestructurados. [1] Nanopartículas de oro y plata se han sintetizado por métodos verde, pero para el caso del cobre debido a la naturaleza fácilmente oxidable de este metal, su síntesis no ha ido totalmente explorada [2].

METODOLOGÍA

2.1 Síntesis de CuNPs empleando el extracto acuoso de *Thuja Orientalis*.

Se sintetizó CuNPs empleando el extracto Se preparó extracto acuoso de *Thuja Orientalis* a una concentración de 1.5% p/v a una temperatura de 80°C, como agente precursor una solución de CuSO₄ 50 mM adicionando 2 mL cada 10 minutos, la reacción se llevó a cabo a 80°C y 800 rpm.

2.2 Caracterización por Espectroscopia UV-vis.

Se caracterizó por UV-vis soluciones coloidales para identificar el plasmon superficial del Cu en un equipo UV-Vis Spectrometer Lambda 35 con celdas de cuarzo de 1 cm de camino óptico.

RESULTADOS

En la caracterización por espectroscopia UV-vis para nanopartículas de Cu algunos autores reportan 2 bandas de absorbancia una entre los 380-420 nm y de los 580-700nm [3]. Para esta experimentación se encontró un solo plasmón superficial de absorbancia

en el rango de los 408 nm.

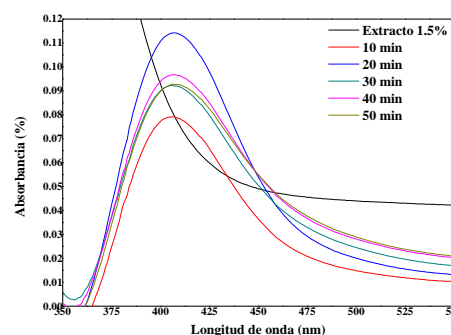


Figura 1 Espectro UV-vis de sistema coloidal de CuNPs sintetizadas por química verde a diferentes tiempos.

CONCLUSIONES

Se sintetizó CuNPs empleando el extracto acuoso de *Thuja orientalis* el cual presenta agentes reductores para el Cu⁺² a Cu⁰, el análisis por UV-vis demostró la absorbancia de una banda característica del Cu a los 407 nm, que coincide con el rango reportado en la literatura [3].

REFERENCIAS

- [1] M. Gómez Garzón, *Repertorio de medicina y cirugía*, **27**, 78, (2018).
- [2] M. Sampath, R. Vijayan, E. Tamilarasu, A. Tamilselvan, S. Balasubramanian. *Journal of Nanotechnology*, **2014**, 2, (2014).
- [3] C.P Poole Jr & F.J Owens. *Introducción a la Nanotecnología*. Pág.92, Reverté, Barcelona, (2003).

Influencia de la temperatura sobre la nucleación y crecimiento electroquímico de hierro a partir de la mezcla eutéctica cloruro de colina/urea

EM-P1

G. Vidal García^{1*}, J. Aldana González¹, M. Romero Romo¹, M. T. Ramírez Silva², M. M. Teutli León³, M. Palomar Pardavé¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Depto. de Materiales, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamaulipas, C.P. 02200 CDMX, México.

²Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Depto. de Química, Av. San Rafael Atlixco 186. Col. Vicentina, C.P. 09340 CDMX, México.

³Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería. C.U. Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio S/N Col. San Manuel. C.P. 72570 Puebla, Puebla, México.

*Email Responsable de la investigación; al2191801566@azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

La electrodeposición de Fe en disolventes eutécticos (DES) de cloruro de colina/urea (ChCl/U) se ha analizado con anterioridad, [1] y [2] han obtenido parámetros cinéticos derivados de ajustes no lineales de datos experimentales a modelos teóricos. Sin embargo, no se ha hecho énfasis en el estudio de su cinética y mecanismo de nucleación al variar la temperatura.

METODOLOGÍA

Se preparó una mezcla eutéctica de cloruro de colina/urea en una relación molar 1:2, posteriormente se le agregó una sal de FeCl₂ hasta alcanzar una concentración 50 mM. La electrodeposición de Fe se realizó con un sistema de tres electros compuesto de un electrodo pseudo referencia de plata, una barra de grafito como electrodo auxiliar y un electrodo de trabajo de disco de carbón vitreo (GCE) con un área geométrica de 0.0706 cm². El mecanismo y la cinética de nucleación del Fe se estudiaron con técnicas de voltamperometría y cronoamperometría variando la temperatura del sistema.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran voltamperogramas lineales donde es notorio que la densidad de corriente aumenta al incrementar la temperatura, siendo más visible este efecto a 90 °C; dicha tendencia se corrobora en el estudio potencioestático, se analizó una familia de transitorios potencioestáticos de corriente a un mismo potencial, pero variando la temperatura.

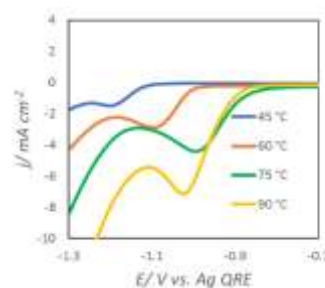


Figura 1. Voltamperogramas lineales obtenidos del sistema GCE / 50 mM Fe(II) en el DES ChCl/U a diferentes temperaturas.

CONCLUSIONES

Se realizó la electrodeposición de Fe a partir del DES ChCl/U por medio de nucleación múltiple 3D controlada por difusión bajo condiciones estacionarias a distintas temperaturas, para las cuales fue posible estimar parámetros cinéticos comparables con los de otros autores.

REFERENCIAS

- [1] T. Le Manh, E. Arce Estrada, I. Mejía Caballero, E. Rodríguez Clemente, J. Aldana González, M. Palomar Pardavé, *J. Electrochem. Soc.*, **165** (16), D808, (2018).
- [2] M. Palomar Pardavé, J. Mostany, R. Muñoz Rizo, L.E. Botello, J. Aldana González, E. Arce Estrada, M. Romero Romo, *J. Electroanal. Chem.*, **851**, 113453, (2019).

Cinética de la Síntesis de Nanopartículas de Plata (AgNPs) mediante el extracto de *Ricinus communis*

EM-P2

S. P. León Martínez¹, D. L. González Cordova¹, A. L. García del Ángel¹, L. García Hernández^{1*}, J. A. Flores Saldivar¹, P. A. Ramírez Ortega¹, M. U. Flores Guerrero¹

¹Centro de Desarrollo en Nanotecnología, Área de Electromecánica Industrial, Universidad Tecnológica de Tulancingo, Camino a Ahuehuetitla No.301 Colonia Las Presas, Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43645, México.

*E-mail Responsable de la investigación: laura.garcía@utectulancingo.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Dentro de los métodos de síntesis verde para nanopartículas, están aquellos en los que se ocupan bacterias, hongos y plantas, estas con el uso de sus diversas partes ya sean tallos, raíces, hojas, flores y frutos. Las diversas biomoléculas presentes en el extracto de la planta, como enzimas, proteínas, flavonoides, terpenoides y cofactores, actúan como agentes reductores y protectores [1].

METODOLOGÍA

Se trabaja con tres concentraciones de extracto a 0.25, 0.5 y 0.75 % (masa/volumen) y a tres concentraciones de la solución precursora de AgNO₃ de 10, 20 y 30 mgL⁻¹. Se calienta el extracto a 80°C ± 1, se van adicionando alícuotas de la solución precursora en intervalos de 10 minutos, se van tomando muestras por cada alícuota adicionada y se realiza la caracterización por espectroscopia UV-vis.

RESULTADOS

En la figura 6c se observa un cambio considerado en la absorbancia del plasmón superficial en la región de los 400 nm a un tiempo de reacción de 50 minutos registrando 0.9 u.a con un ensanchamiento de plasmón pequeño indicando la presencia de un mayor número de partículas en el sistema coloidal y teniendo poca variabilidad de tamaño se logra presenciar la existencia de un segundo plasmón de absorbancia en la región de 550 nm el cual se le atribuye a la anisotropía de las nanopartículas sintetizadas por este método

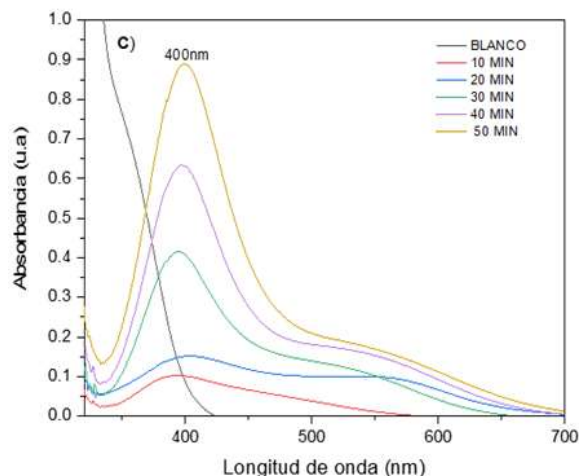


Figura 6. Espectros UV-vis de la síntesis de AgNPs empleando el extracto acuoso de *Ricinus communis* a 0.75%, utilizando como agente precursor AgNO₃ a c) 30 mgL⁻¹

CONCLUSIONES

Se logró sintetizar nanopartículas de plata utilizando el extracto de *Ricinus communis* a diferentes concentraciones de agente precursor y agente reductor, la evaluación de los sistemas coloidales evidencia el aumento de AgNPs

REFERENCIAS

- [1] F. Tavakoli, M. Salavati-Niasari, F. Mohandes, *Materials Letters* **100**, 133, (2013), DOI: 10.1016/j.matlet.2013.02.114

Estudio electroquímico de la electrodeposición de Co sobre un sustrato de oro policristalino

EM-P3

J. A. Corona Castro¹, L. H. Mendoza Huizar^{1*}, G. A. Álvarez-Romero¹, M. Rivera-Hernández².
¹Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5, Mineral de la Reforma, Hidalgo. Instituto de Física.

²Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*E-mail responsable de la investigación: hhuizar@uaeh.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El cobalto es ampliamente utilizado en la fabricación de imanes permanentes, medios de grabación y en general en toda la industria de la computación [1, 2]. Esto ha ocasionado una fuerte actividad investigadora en el campo de las partículas monodominio con el Co como componente fundamental [3].

Los Ultramicroelectrodos (UME) han demostrado ser una herramienta adecuada para los estudios de electrodeposición, ya que su uso permite obtener un proceso controlado exclusivamente por la difusión, sus pequeñas dimensiones permiten la formación y crecimiento de un pequeño número de núcleos, minimizando la interferencia entre los núcleos vecinos [3]. Sin embargo, sólo algunos estudios se han realizado utilizando UME.

METODOLOGÍA

Se construyeron UMEs de Co a partir de la técnica propuesta por Bard y colaboradores [4]. Posteriormente, se sintetizaron cúmulos metálicos a partir de una solución de NH_4Cl 0.1 M, utilizando un UME de Co como electrodo de trabajo, un alambre de Pt como contraelectrodo y un electrodo de Au de mayor área como sustrato, todos los potenciales fueron reportados contra un electrodo de Ag/AgCl. La síntesis de cúmulos metálicos se realizó mediante Microscopía Electroquímica de Barrido (MEQB).

RESULTADOS

Los UMEs de Co fueron construidos a partir de microalambres de dicho metal, obteniendo un diámetro de hasta 65 μm . Una vez construidos, se realizó la síntesis de cúmulos metálicos utilizando el Microscopio Electroquímico de Barrido acoplado a un

bipotenciostato Uniscan M370, mediante el sistema UME Co / NH_4Cl 0.1 M // NH_4Cl 0.1 M / Au.

En la figura 1, se observa la formación de cúmulos de Co sintetizados, de hasta 60 μm sobre el sustrato de Au, controlando la posición de los cúmulos sobre el sustrato.

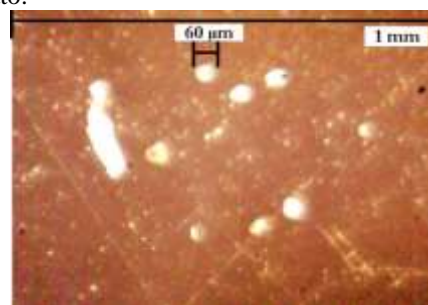


Figura 1. Síntesis de cúmulos de Co sobre el sustrato de Au, controlando su posición.

CONCLUSIONES

Utilizando la técnica propuesta por Bard y colaboradores fue posible construir UMEs de Co con diámetros de hasta 65 μm . Mediante electrodeposición localizada se logró la síntesis de cúmulos de metálicos de Pd con un diámetro de hasta 60 μm .

REFERENCIAS

- [1] G. Herzer, *Magnetic Hysteresis in Novel Magnetic Materials*, p. 711, G. C. Hadjipanayis, Kluwer Academic Publishers (1997).
- [2] J. L. Su, M. Chen, J. Lo, R. E. Lee, *Journal of Applied Physics*, **63**, 4022, (1988).
- [3] R. Duo, R. Peña y R. Celdrán, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **404**, 99, (1996).
- [4] A. Bard y L. Faulkner, *Electrochemical Methods. Fundamentals and Applications*, p. 263, John Wiley & Sons, inc. Phoenix, (2001).

Efecto de la temperatura sobre el electrodeposición de aluminio sobre carbón vítreo utilizando el disolvente eutéctico profundo ChCl:EG

EM-P4

V. J. González Nava¹, E. Rodríguez Clemente^{1*}, M. G. Montes de Oca Yemha¹,
M. Romero-Romo¹, M. T. Ramírez-Silva², M. Palomar-Pardavé^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Depto. de Materiales, CDMX. C.P. 02200.

²Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Depto. de Química, CDMX. C.P. 09340.

*Responsable de la investigación: edelmirarocle@gmail.com mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Los reactivos, preparación, toxicidad entre otros factores hacen que la electrodeposición de aluminio utilizando sales fundidas o líquidos iónicos no sean métodos viables como medios electrolíticos [1]. En cambio, el uso de disolventes eutécticos profundos (DES), se ha convertido en una alternativa para realizar el electrodeposición de aluminio debido a su carácter amigable con el ambiente [2], hasta desarrollar un DES con ChCl:Urea 1:2 M a 50°C [3]. Dado lo anterior, este trabajo determina la influencia de la temperatura sobre el proceso de nucleación y crecimiento del electrodeposición de aluminio utilizando un DES de ClCh:EG a 25°C y 50°C.

METODOLOGÍA

El electrodeposición de aluminio se realizó utilizando una celda convencional de tres electrodos: Carbón vítreo (ECV) como electrodo de trabajo, alambre de plata como electrodo de pseudo-referencia y barra de grafito como contra-electrodo, utilizando AlCl₃ como fuente de aluminio a 0.1 M. Las técnicas electroquímicas utilizadas fueron: voltamperometrías cíclicas y cronoamperometrías a 25 °C y 50°C. Los datos experimentales se ajustaron al modelo matemático de Palomar-Pardavé et al [4].

RESULTADOS

En la figura 1a se representan los voltamperogramas cíclicos realizados a 25°C y 50°C con velocidad de barrido de potencial de 5 mVs⁻¹, en donde se puede observar la formación de un pico de reducción entre -1.0/-1.2 V y -0.9/-1.15 V a 25°C y 50°C respectivamente, asociados ambos con la reducción del aluminio en el DES ChCl:EG. El pico de reducción se desplaza hacia la derecha conforme aumenta la temperatura y de igual modo, la corriente aumenta con la temperatura. En la densidad de corriente de pico catódico b) con respecto a la $v^{1/2}$, se

aprecia como la temperatura influye en el electrodeposición del aluminio. No se observa un pico de oxidación.

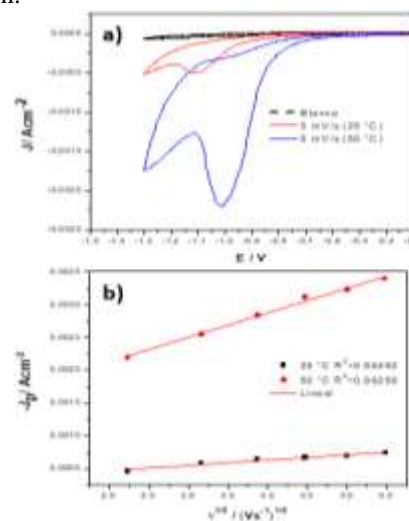


Figura 1. a) Voltamperogramas cíclicos para el sistema ECV/ ChCl:EG, AlCl₃ 0.1 M a 25 °C y 50 °C con velocidad de barrido de potencial 5 mVs⁻¹, **b)** densidad de corriente de pico catódico y linealización.

CONCLUSIONES

La temperatura favorece el electrodeposición de Al en el DES ChCl:EG.

REFERENCIAS

- [1] F.H. Hurley, T.P. Wier *J. of The Electrochem. Soc.*, **98**, 207, (1951).
- [2] A. Abo-Hamad, M. Hayyan, M. A. AlSaadi, y M. A. Hashim, *Chemical Eng. Journal*, **273**, 551, (2015).
- [3] E. Rodríguez-Clemente, T. L. Manh, C. E. Guinto-Pano, M. Romero-Romo, I. Mejía-Caballero, P. Morales-Gil, E. Palacios-González, M. T. Ramírez-Silva, M. Palomar-Pardavé, *Journal of The Electrochemical Society*, **166**, D3035, (2019).

[4] M. Palomar-Pardavé, B. R. Scharifker, E. M. Arce, M. Romero-Romo, *Electrochimica Acta*, **50**, 4736, (2005).

Influencia de la convección forzada en el electrodeposición de Al sobre carbón vítreo a partir del disolvente eutéctico profundo ChCl:EG

EM-P5

V. J. González Nava¹, E. Rodríguez Clemente^{1*}, M. G. Montes de Oca Yemha¹,
M. Romero-Romo¹, M. T. Ramírez-Silva², M. Palomar-Pardavé^{1*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Depto. de Materiales, CDMX. C.P. 02200.

²Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Depto. de Química, CDMX. C.P. 09340.

*Responsables de la investigación: edelmirarocle@gmail.com mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

El recubrimiento de aluminio es importante por su protección a la corrosión, ya que desarrolla una película de óxido (Al_2O_3) homogénea con alta resistencia al ataque químico y a la intemperie [1]. Se utilizan varias técnicas para producir recubrimientos de aluminio sobre otros materiales utilizando mezclas de sales orgánicas-tolueno y líquidos iónicos, pero estos pueden ser difíciles de sintetizar y sus compuestos son caros y tóxicos [2]. Debido a que la electrodeposición del aluminio no es posible en soluciones acuosas, se han utilizado los disolventes eutécticos profundos (DES) para la realización de la misma, tal como el DES ChCl:Urea 50mM de Al(III) en donde es posible realizar la deposición a 50°C [3]. Para este trabajo, se estudiará la influencia que tiene la temperatura y la convección forzada en la morfología, nucleación y crecimiento electroquímico del aluminio sobre carbón vítreo utilizando el DES formado por ChCl:EG (cloruro de colina:etilenglicol).

METODOLOGÍA

El electrodeposición de aluminio se realizó utilizando una celda convencional de tres electrodos: Carbón vítreo (ECV) como electrodo de trabajo, alambre de plata y barra de grafito como electrodo de pseudo-referencia y contra-electrodo respectivamente, utilizando AlCl_3 como fuente de aluminio a 0.1 M. El electrodo de trabajo se rotó en un intervalo de 0-3000 rpm. Las técnicas electroquímicas utilizadas fueron: voltamperometrías cíclicas y cronoamperometrías a 50°C. Los datos experimentales se ajustaron al modelo matemático de Hyde y Compton [4].

RESULTADOS

La figura 1, muestra los voltamperogramas cíclicos a) de 50 °C en donde es posible encontrar el

pico de reducción en un intervalo de -0.95 a -1.2 V, atribuyendo ese pico a la reducción del aluminio, a una velocidad de barrido de potencial de 30mVs^{-1} . La corriente aumenta al aumentar la velocidad de rotación. En b) la densidad corriente límite a potencial de -1.25 V aumenta al aumentar la velocidad de rotación del electrodo de trabajo.

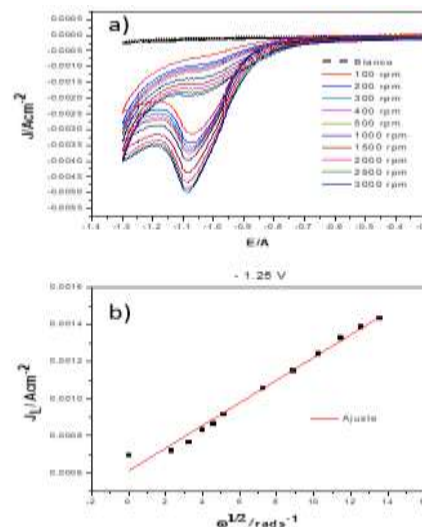


Figura 1. a) Voltamperogramas cíclicos para el sistema ECV/ ChCl-EG, AlCl_3 0.1 M a 50°C, con velocidad de barrido de potencial de 30mVs^{-1} para diferentes velocidades de rotación, b) correlación de la densidad de corriente límite contra la velocidad de rotación del electrodo de trabajo.

CONCLUSIONES

La convección forzada y la temperatura favorecen el electrodeposición de Al, en el DES ChCl:EG.

REFERENCIAS



- [1] M. Gálová, *Surface Technology*, **11**, 357, (1980).
- [2] G. Yue, S. Zhang, Y. Zhu, X. Lu, S. Li, Z. Li, *Electrochemical Journal*, **55**, 783, (2009).
- [3] E. Rodríguez-Clemente, T. L. Manh, C. E. Guinto-Pano, M. Romero-Romo, I. Mejía-Caballero, P. Morales-Gil, E. Palacios-González, M. T. Ramírez-Silva, M. Palomar-Pardavé, *Journal of The Electrochemical Society*, **166**, D3035, (2019).

- [4] M.E. Hyde, R.G. Compton, *Journals of electroanalytical Chemistry*, 581, 224, (2005).

Análisis voltamperométrico de la electrodeposición de Pt sobre un ultra-micro electrodo de fibra de carbono

EM-P6

R. Marquez Garcia¹, L. H. Mendoza Huizar^{2*}, G.A Álvarez Romero, M. Rivera^{1,2*}
^{1,2*} Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, carretera Pachuca-Tulancingo, 42183, Mineral de la Reforma, Hidalgo. México 42184

Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

*E-mail Responsable de la investigación: @uaeh.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La electrodeposición de metales nobles sobre cierto tipo de sustratos ha resultado de gran interés debido a las propiedades electrocatalíticas que presentan [1, 2]. Este tipo de partículas pueden exhibir un área superficial mucho más eficiente aunado a un incremento en su actividad [3]. En este sentido, la electrodeposición de Pt sobre sustratos de carbono resulta de gran interés debido a que presentan un alto rendimiento, eficiencia y un bajo costo [4, 7]. El estudio de electrodeósitos de Pt sobre sustratos de carbono se ha realizado sobre electrodos de grafito altamente orientado HOPG [6], nanotubos de carbono [7], entre otros [8, 10]. Para el caso de la electrodeposición de platino sobre un ultra micro electrodo de fibra de carbono por medio de voltamperometría, la información resulta ser escasa. Por lo que, en este trabajo, se lleva a cabo un estudio electroquímico para comprender dicho proceso.

METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron en una celda electroquímica para tres electrodos, se prepararon cuatro soluciones que contenían 1×10^{-3} M (sistema I), 5×10^{-3} M (sistema II), 0.01 M (sistema III) de K_2PtCl_4 y 5×10^{-3} M de $PtCl_4$ (sistema IV) con 1 M de NH_4Cl como electrolito soporte. El electrodo de trabajo fue un ultramicroelectrodo de fibra de carbono con un diámetro en su superficie de 11 μm . Se empleó una barra de Pt como contra electrodo. Un electrodo de $Ag/AgCl$ (saturado de KCl) fue usado como electrodo de referencia y todos los potenciales medidos se refieren a esta escala.

RESULTADOS

En la figura 1 se presenta un grupo de voltamperogramas representativos de los sistemas I, II, III y IV, el barrido inicia en una región de corriente

nula a un potencial de 0.6 V donde no se registran procesos electroquímicos sobre la superficie del electrodo, continuando en sentido catódico a un potencial de 0.15 V para el sistema IV y 0.0 V para los sistemas I, II y III se observa una caída de corriente debido al proceso de electrocristalización del Pt sobre la superficie del electrodo. En -0.05 V se registró un primer pico de corriente catódico que se presenta solo en el sistema IV el cual está relacionado con el proceso de reducción de Pt^{4+} a Pt^{2+} (ec. 1, en Figura 1). Nótese que en el rango de potencial que va de -0.1 V a -0.4 V se observa un pico catódico el cual se relaciona con una reacción de dismutación de Pt^{2+} a Pt^{4+} y Pt^0 véase ec. 2, en Figura 1, este tipo de proceso ya se ha considerado previamente tanto para sistemas de Pt^{2+} como para Pt^{4+} [11, 13]. En la región de corriente que va de -0.4 V a -0.7 V donde se estaría promoviendo las reacciones de reducción de Pt^{2+} y Pt^{4+} a Pt^0 (ec 3 y 4, en Figura 1). Lo anterior corresponde a un sistema del tipo electroquímico-químico-electroquímico (ECE).

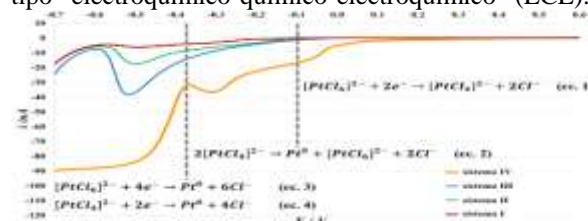


Figura 1 Voltamperogramas representativos de los sistemas I, II, III y IV a una velocidad de barrido de 5 mV/s.

CONCLUSIONES

El Pt en un medio amoniacal presenta un sistema del tipo electroquímico-químico-electroquímico (ECE), donde el proceso de tipo químico se debe a una reacción de dismutación.

REFERENCIAS

[1] Spenadel and M. Boudart, J. Phys. Chem. **64**, 204 (1960).

Electrosíntesis de nanopartículas (NPsAg) a condiciones hidrodinámicas

EM-P7

N. A. Vázquez Jaén¹, P.A. Ramírez Ortega^{1*}, L. García Hernández¹,
E. Sarmiento Bustos²

¹Cuerpo Académico de Nanotecnología y Materiales Avanzados, Área Electromecánica industrial, Universidad Tecnológica de Tulancingo. Camino Ahuehuetitla #301 Colonia las Presas, Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43645, México.

² Universidad Tecnológica Emiliano Zapata, Av. Universidad Tecnológica 1, Palo Escrito, 62765 Emiliano Zapata, Morelos.

*E-mail Responsable de la investigación: pedro.ramirez@utectulancingo.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Existen diversas técnicas y métodos para la síntesis de nanopartículas, tanto físicas como químicas, que se destacan por su versatilidad y fiabilidad. Entre ellas se encuentra la electroquímica, consiste en aplicar una diferencia de potencial para generar la reacción química conocida como Redox [1]. En el presente trabajo se determina las condiciones energéticas de corriente y potencial para la síntesis de plata (NPsAg), a condiciones estacionarias y no estacionaria, utilizando como medio electrolítico un efluente rico en Ag. Las técnicas electroquímicas empleadas fueron: voltamperometría cíclica (VC), conoampertometría (CA) y cronopotenciometría (CP) y pulsos galvanostáticos (PG). Los depósitos obtenidos se caracterizaron MEB y la solución electrolítica se analizó por Absorción Atómica (AA) y UV-Vis, esta última, para identificar el plasmón característico de NPsAg presentes en suspensión.

METODOLOGÍA

Los estudios se realizaron en una celda típica de tres electrodos, como electrodo de trabajo se utilizó acero oxidable A304-SS, como contraelectrodo una malla tipo DSA y un electrodo de referencia de Calomel saturado. Las técnicas empleadas fueron: VC, CP, CA y PG, los cuales permitieron determinar las condiciones energéticas para la síntesis de NPsAg en condiciones estacionarias y no estacionarias. La caracterización de los productos de reducción se realizó en un MEB mientras que la disminución de la concentración de Ag^+ en la solución se realizaron por AA y la presencia de NPsAg en la solución se identificó a través del plasmón, mediante UV-Vis.

RESULTADOS

En la figura 1 se muestra el voltamperograma obtenido sobre el electrodo de A304 SS de la solución electrolítica rica en iones plata en la ventana de estudio de -0.35 a 0.7 V vs ECS.

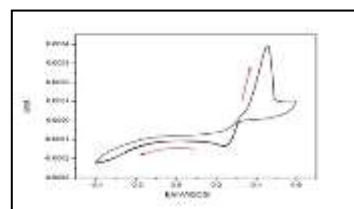


Figura 1. Voltamperograma de la solución sobre el electrodo de acero inoxidable en la ventana de -0.35 a 0.7 V vs. ECS y una velocidad de barrido de 0.01 Vs^{-1}

Los estudios de VC permitieron obtener el intervalo de corriente y potencial a imponer en los estudios CP, los cuales se impusieron en los estudios PG para obtención de NPsAg.

CONCLUSIONES

En el estudio permitió la obtención de las condiciones energéticas para la síntesis de NPsAg en A304 SS lo cual quedó evidenciado mediante MEB y UV-Vis [2].

REFERENCIAS

- [1] A. Garritz, J.A. Chamizo. QUÍMICA. Addison-Wesley Iberoamericana S.A., Wilmington, Delawer, E.U.A. (1994).
- [2] Fernández-Blanco, C., Colina, Á., & Heras, A. UV/Vis spectroelectrochemistry as a tool for monitoring the fabrication of sensors based on silver nanoparticle modified electrodes. Sensors, (2013).

Electrodeposición de Ni, Co y Fe sobre carbón vítreo empleando disolventes eutécticos profundos, aplicados a la electro-oxidación de urea

EM-P8

D. Hernández-Pérez¹, J. Aldana-González¹, M. G. Montes de Oca¹, E. M. Arce-Estrada²,
M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}

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

²Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, UPALM Ed. 7, C.P. 07638 México, D.F.

*E-mail Responsable de la Investigación: mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Recientemente, la electro-oxidación de moléculas orgánicas como son: alcoholes, glucosa, y algunas otras de estructura simple, proporcionan una alternativa a la generación de energía verde a partir de un recurso sostenible. La urea es una molécula orgánica importante con amplia disponibilidad, ya que se produce principalmente a partir de procedimientos agrícolas e industriales e incluso de nuestra vida diaria. En condiciones naturales, la urea se descompone en amoníaco tóxico, lo que resulta en un grave problema ambiental. Una excelente alternativa es llevar a cabo la oxidación de esta, empleando métodos electroquímicos, a partir de los cuales es posible descomponerla en nitrógeno, dióxido de carbono e hidrógeno [1]. Los mejores catalizadores para llevar a cabo dicho proceso generalmente son metales nobles, los cuales por razones económicas y de disponibilidad, no son del todo una excelente alternativa. Trabajos recientes muestran que algunos metales como el níquel, el cobalto y el hierro, han presentado una excelente respuesta para la electro-oxidación de urea en condiciones alcalinas. Por lo que en este trabajo se presenta la influencia de la combinación de los tres metales anteriormente mencionados en la electro-oxidación de la urea, empleando en su síntesis, disolventes eutécticos profundos (DES).

METODOLOGÍA

Empleando DES como medio electrolítico se llevó a cabo el electrodeposición de los metales sobre carbón vítreo. Empleando los electrodos descritos con antelación se llevó a cabo la electro-oxidación de urea en condiciones alcalinas.

RESULTADOS

Se llevó a cabo el electrodeposición de Ni, Co, Fe y la combinación sobre carbón vítreo (GC), empleando como medio electrolítico un DES a 70 °C. Se llevó a cabo la electro-oxidación de urea utilizando los electrodos de GC modificado con los metales antes mencionados. La solución de KOH 1M con o sin solución de urea 0.33 M fue utilizada como electrolito. La voltamperometría lineal (LV) se registró entre 0.25 y 0.60 V vs. Ag / AgCl 3M a 50 mVs⁻¹, como se muestra en la Figura 1.

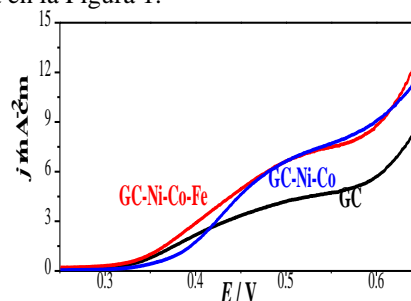


Figura 1. LV empleando GC y GC modificado en 0.33 M urea 1M KOH 1 M a 50 mV s⁻¹.

CONCLUSIONES

Fue posible llevar a cabo la electro-oxidación de urea empleando Ni, Co y Fe sobre GC. El material que llevó a cabo de manera óptima la oxidación de la urea fue el GC modificado con los tres metales.

REFERENCIAS

[1] X. Gao, Y. Wang, W. Li, F. Li, H. Arandiyán, H. Sun, Y. Chen, Free-standing Ni-Co alloy nanowire arrays: Efficient and robust catalysts toward urea electro-oxidation, *Electrochimica Acta*, **283**, 1277, (2018).

Recuperación de plata de una batería de Ag_2O utilizando un disolvente eutéctico profundo como agente lixivante y como medio electrolítico

EM-P9

A. Sampayo-Garrido¹, J. Aldana-González¹, W. Sánchez-Ortiz², E. M. Arce-Estrada²,
M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}

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

²Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, UPALM Ed. 7, C.P. 07638 México, D.F.

*E-mail Responsable de la investigación: mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

La recuperación de plata a partir de baterías gastadas se lleva a cabo comúnmente a través de técnicas hidrometalúrgicas, incluidos los procesos de lixiviación en medios acuosos, como son: medios ácidos, tiosulfato, y peróxido de hidrógeno. Sin embargo, una gran mayoría de estos medios de lixiviación pueden generar residuos peligrosos. En la búsqueda de un medio de lixiviación diferente de los medios tradicionales, que sea menos dañino para el medio ambiente, además, fácil de preparar y altamente disponible, se propone utilizar solventes eutécticos profundos (DES)[1]. Su composición simple los hace versátiles y más baratos, por lo que se les puede dar una aplicación a gran escala. El objetivo de este trabajo es establecer las mejores condiciones de lixiviación de los desechos de baterías Ag_2O y la recuperación electroquímica de Ag, utilizando como medio de lixiviación un DES formado por cloruro de acetilcolina: urea en una relación molar 1: 2.

METODOLOGÍA

Se utilizó la metodología descrita en la recuperación de Mn-Zn a partir de baterías alcalinas [2].

RESULTADOS

Para determinar el tiempo en que se realizó la lixiviación máxima de los polvos catódicos en el DES, se realizó un estudio voltamperométrico durante la lixiviación en diferentes tiempos. A partir de la corriente máxima del cátodo de cada voltamperograma, se realizó la Figura 1, en la cual es evidente que, al alcanzar un tiempo de 10 horas, se

mantiene la corriente prácticamente constante. Para garantizar que se haya alcanzado la máxima lixiviación, se considera que 24 horas es el momento óptimo en el que se llevarán a cabo estudios posteriores.

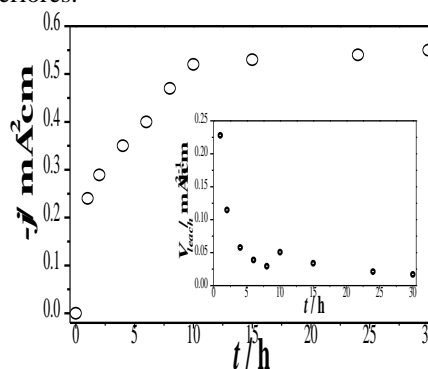


Figura 1. Dependencia de la densidad de corriente máxima del cátodo con respecto al tiempo en horas obtenidas de estudios voltamétricos a 70 °C.

CONCLUSIONES

Fue posible llevar a cabo la recuperación electroquímica de Ag a partir de una batería gastada de Ag_2O , empleando como medio un DES formado por cloruro de acetilcolina: urea, alcanzando la máxima recuperación después de 24 horas de lixiviación.

REFERENCIAS

- [1] J. Aldana-González, A. Sampayo-Garrido, M.G.M. de Oca-Yemha, W. Sánchez, M.T. Ramírez-Silva, E.M. Arce-Estrada, M. Romero-Romo, M. Palomar-Pardavé, *Journal of The Electrochemical Society*, **166**, D199 (2019).

Análisis teórico-experimental de moléculas de catecoles y quinonas en medio aprotico para la funcionalización de nanopartículas de magnetita

EM-P10

M. S. Ojeda Percastegui¹, N. Casillas Santana^{1*}, A. G. González Gutiérrez¹,
B. A. Zúñiga Gutiérrez¹, O. I. Cervantes Arreola¹

¹Departamento de Química, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán
#1451, Guadalajara, Jal., CP. 44430, México.

*E-mail Responsable de la investigación: ncasa@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un gran interés en el desarrollo de materiales de tamaño nanométrico, dadas sus múltiples aplicaciones. En el caso particular de las nanopartículas de magnetita (NPMs), éstas se emplean en diferentes campos como medicina, biotecnología y el desarrollo de dispositivos de generación y almacenamiento de energía [1-2]. En este trabajo se investiga el comportamiento electroquímico, en medio aprotico, de moléculas de 4-nitrocatecol (NC) y Tetrahidroxi-1,4-quinona (THQ), empleadas en la modificación superficial de NPMs. La funcionalización de las NPMs, con este tipo de moléculas por sonicación, incrementa su estabilidad, limita su aglomeración y facilita su aplicación en tratamientos de hipertermia. En este estudio, además, se presentan cálculos teóricos empleado DFT para determinar el papel que juega la geometría molecular en la transferencia de electrones y predecir la respuesta electroquímica, cuando las moléculas están en solución o quimisorbidas en la superficie de la magnetita [3].

METODOLOGÍA

1. Caracterización electroquímica. Las moléculas de THQ y NC a una concentración de 10 mM son estudiadas en DMSO en la superficie de un electrodo de Pt de 3mm de diámetro y 0.2 M n-Bu₄N(ClO₄) como electrolito soporte. Un potenciostato Solartron modelo 1287 A y una celda de 3 electrodos, con atmósfera controlada de N₂, son empleados en la caracterización voltamperométrica del sistema.

2. Cálculos teóricos. Se realizó un estudio teórico mediante DFT, identificando la geometría molecular, distribución de la densidad de espín y la función negativa de Fukui de las moléculas propuestas.

RESULTADOS

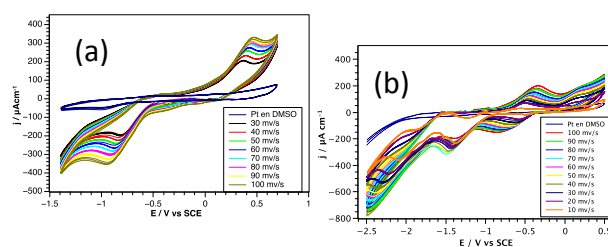


Figura 4 Voltamperometría cíclica a diferentes velocidades de barrido en n-Bu₄N(ClO₄) 0.2M/DMSO de (a) THQ 10mM y (b) NC 10 mM.



Figura 5 Representación gráfica de la función negativa de Fukui de (a) THQ y (b) NC.

CONCLUSIONES

La respuesta voltamperométrica de las moléculas de THQ y NC se debe a las reacciones de los grupos nitro y carbonilo presentes. Los cálculos teóricos corroboran que la transferencia electrónica ocurre en estos grupos funcionales, donde preferencialmente se llevan a cabo las reacciones de óxido reducción.

REFERENCIAS

- [1] J. Y. Seo, R. P., *J. Chem. Eng.* **280**, 206 (2015)
- [2] H. W., H. G., *Adv Compos Hybrid Mater* **1**, 127(2018)
- [3] Gupta, N., & Linschitz, *J. of the ACS*, 119, 27(1997).

Síntesis y evaluación electroquímica de nanoestructuras de Glucosa Oxidasa soportadas en Óxido de grafeno reducido

EM-P11

E. Castañeda-Morales¹, L. F. Chen¹, C. R. Santiago-Ramírez¹, A. Manzo-Robledo^{1*}

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas-IPN UPALM, C. P. 07738, CDMX.

*E-mail Responsable de la investigación: amanzor@ipn.mx

INTRODUCCIÓN

El bio-catalizador enzimático Glucosa Oxidasa (GOx) ha sido soportado en nanoestructuras de Óxido de grafeno reducido, como material potencialmente útil en biocelda de combustible y como sensores de glucosa [1]. El Óxido de grafeno reducido ha cobrado relevancia debido a sus propiedades como biocompatibilidad [2], conductividad, estabilidad térmica y eléctrica; se ha mostrado una adecuada comunicación electrónica entre el biocatalizador y el soporte debido a la unión química que existe entre ellos. El desarrollo de nuevas tecnologías basadas en biocatalizadores provee un amplio campo de investigación en el uso de nuevos materiales de fuentes biológicas.

METODOLOGÍA

El Óxido de grafeno fue sintetizado por el método Hummers modificado [3], un método de síntesis amigable con el ambiente al no despidir gases contaminantes. El GOx fue unido covalentemente al soporte mediante la aplicación de un potencial para inducir la reducción electroquímica del óxido de grafeno. Las pruebas electroquímicas en PBS como electrolito soporte muestran un comportamiento de actividad bio-electrocatalítica, con la capacidad de realizar electrooxidación de glucosa [4], mediante una transferencia directa de electrones.

RESULTADOS

En las pruebas electroquímicas realizadas se ha comprobado la actividad biocatalítica de la GOx, lo que confirma la unión covalente de la enzima con el óxido de grafeno, Figura 1. Además, este biocatalizador ha mostrado actividad en presencia de

glucosa.

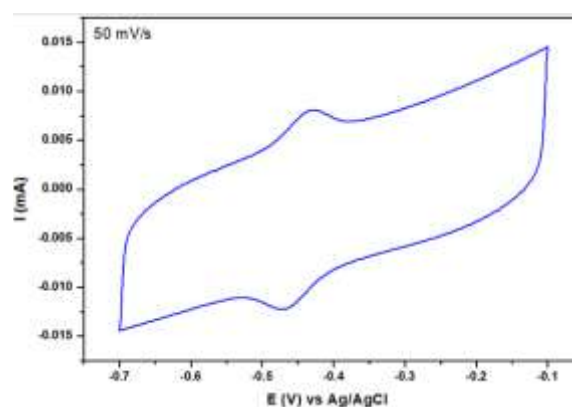


Figura 1. Perfil corriente-potencial de GOx soportada en óxido de grafeno reducido. 50 mV/s

CONCLUSIONES

La actividad bio-electrocatalítica de la enzima, promueve procesos redox mas marcados en función de la variación de la concentración de glucosa debido a la interacción con el óxido de grafeno reducido, como fue demostrado por espectroscopia RAMAN in-situ.

REFERENCIAS

- [1] M.T. Meredith, S.D. minter, *Annu. Rev. Anal. Chem.* **5**, 157, (2012).
- [2] C.I.L. Justino, A.R. Gomes, A.C. Freitas A.C. Duarte, T.P. Rocha. *Trends, Anal. Chem.* **91**, 53, (2017)
- [3] J. Chen, C. Li, G. Shi, *Carbon*, **64**, 225, (2013)
- [4] P. Pinyou, V. Blay, L.M. Muresan, T. Noguer, *Mater. Horiz.*, **6**, 1336, (2019)

Comparativo del rendimiento de depósito de baño químico de Seleniuro de Estaño obtenido por electrodeposición

EM-P12

L. F. Vázquez G.¹, A. Carreón Á.^{1*}, R. C. Valderrama¹, M. Sánchez Tizapa¹, H. Huerta Ávila¹, J. L. Rodríguez López².

¹Universidad de Guadalajara, Carretera Guadalajara-Ameca Km. 45.5, C. P. 46600, Ameca, Jalisco, México.

²División de Materiales Avanzados, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A. C. (IPICyT), San Luis, S. L. P., México.

*E-mail Responsable de la investigación: alejandra.carreon@profesores.valles.udg.mx

INTRODUCCIÓN

El Seleniuro de Estaño (SnSe) es un calcogenuro binario no tóxico y semiconductor tipo p [1]. Su un ancho de banda prohibido va de 1-1.3 eV. Se aplica en celdas solares fotovoltaicas, detectores de radiación, sistemas de enfriamiento termoeléctrico [2]. Se han reportado distintos métodos de obtención de este material, como son Depósito por baño químico, Espray Pirólisis y Electrodeposición [3]. En este trabajo se presenta el análisis de la obtención del SnSe por medio de Electrodeposición, así como un estudio comparativo en la eficacia de 1 sola solución en el depósito de 3 películas distintas bajo las mismas condiciones. El SnSe se depositó a diferentes potenciales, fue horneado y se caracterizaron sus propiedades morfológicas, ópticas y estructurales.

METODOLOGÍA

El SnSe se obtuvo por medio de electrodeposición empleando un vidrio de óxido de estaño dopado con flúor (FTO) como electrodo de trabajo, una malla de Platino (Pt) como contraelectrodo y un electrodo de Ag/AgCl como electrodo de referencia. Se aplicaron potenciales de -0.7, -0.8 y -0.9 V en una atmósfera de nitrógeno (N₂) durante 1 hora. Se obtuvieron 3 películas por cada solución iónica. Las películas obtenidas fueron horneadas bajo una constante selenización. El material obtenido fue caracterizado por medio de Voltamperometría Cíclica, Microscopía Electrónica de Barrido, Espectroscopía de Impedancia Electroquímica y Espectroscopía UV-Visible.

RESULTADOS

La figura 1 muestra los resultados de la voltamperometría cíclica del SnSe, se observa que a partir de un potencial de -0.4 V vs Ag/AgCl, se tiene

una reducción del material de SnSe. A partir de este resultado se realizaron varios electrodepositos en potenciales de -0.6, -0.7 y -0.8 V vs Ag/AgCl durante 1 hora. De acuerdo con esto se encontró que las mejores propiedades estructurales y morfológicas se obtuvieron en un potencial de -0.8 V vs Ag/AgCl.

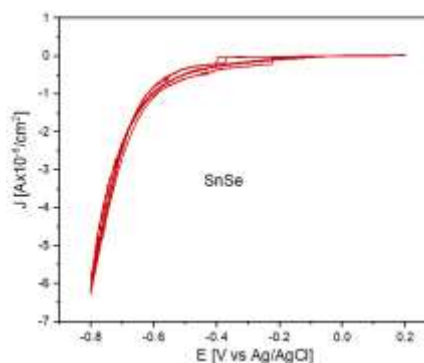


Figura 1. Voltamperometría cíclica del SnSe.

CONCLUSIONES

La electrodeposición es un método eficiente y confiable para obtener películas delgadas de SnSe homogéneas. El potencial de electrodeposición ideal para obtener una película delgada uniforme fue a -0.8 V vs Ag/AgCl. El uso de una atmósfera inerte (N₂) contribuye a obtener una mejor reducción del SnSe.

REFERENCIAS

- [1] M. Biçer and Ilkay Sisman, *Applied Surface Science.*, **257**, 2944, (2011).
- [2] V. Reddy, S. Gedi, B. Pejjai and C. Park, *Journal of Materials Science: Materials in Electronics.*, **27**, 5491, (2016).
- [3] N. R. Mathews, *Solar Energy*, **86**, 1010, (2011).

Comportamiento Electroquímico de la hidrocortisona en electrodos de pasta de carbono modificados con grafeno y β -ciclodextrina

EM-P13

G. M. Ramos-Reyes¹, S. Corona-Avendaño^{1*}, M. T. Ramírez-Silva²,
M. Palomar-Pardavé¹, M. Romero-Romo¹.

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

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

*E-mail Responsable de la investigación: sylvia_cav@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La hidrocortisona, HC, es una hormona que se produce de manera natural en el organismo a lo largo del día, con el fin de coadyuvar en el manejo del estrés causado por actividad física o mental [1]. En la literatura, existen pocos trabajos acerca del comportamiento de esta molécula en electrodos carbonaceos, tales como el grafito pirolítico y los electrodos de pasta de carbono, EPC, sin embargo, a través de estos se obtienen corrientes de respuesta pequeñas, y más aún, emplean potenciales altamente reductores que los vuelven energéticamente poco eficientes [2]. Por otro lado, a través del estudio de materiales avanzados como el grafeno, GR, y la β -ciclodextrina se han logrado efectuar modificaciones superficiales de estos electrodos, que han permitido mejorar las características con las que cuentan por sí solos; es por ello que en este trabajo se lleva a cabo la evaluación del comportamiento de la HC en EPC y EPC modificados con ambos materiales y conocer el efecto de cada superficie en su respuesta electroquímica.

METODOLOGÍA

Se preparan soluciones de HC (clorhidrato de HC, Sigma-Aldrich 98%) en 0.01 M HClO₄ (Sigma-Aldrich, 70%) y 2 mM SDS (Sigma Aldrich 99%), utilizando agua desionizada tipo I (Milli-Q 18.2 M Ω ·cm). Los experimentos se realizan mediante el uso de una celda electroquímica típica de tres electrodos: un EPC como electrodo de trabajo, Ag/AgCl como referencia y Pt como contraelectrodo, conectados a un potencióstato-galvanostato Epsilon BASi.

RESULTADOS

Por medio de voltamperometría cíclica, VC, se evaluó el comportamiento de la HC sobre las diferentes superficies de interés. De manera particular, el GR, así como la β CD mostraron tener mejores cualidades electroquímicas con respecto a las que presenta el EPC por sí solo, ya que además de obtener una mayor corriente de respuesta, los procesos electroquímicos se ven favorecidos al estar situados en potenciales menores.

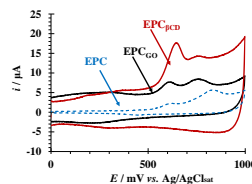


Figura 1. Comparación de los VC de HC obtenidos mediante EPC (---), así como EPC modificados con grafeno (—) y β -ciclodextrina (—).

CONCLUSIONES

Cada una de las superficies analizadas cuenta con propiedades únicas que proveen diferencias significativas entre sí, siendo el electrodo con β CD el que cuenta con las propiedades más atractivas para su empleo en actividades de tipo analítico.

REFERENCIAS

- [1] A. B. Sarkar, R. Dudley, S. Melethil, J. Speidel, and G. M. Bhatt, **2**, 3, (2011).
- [2] R. N. Goyal, S. Chatterjee, and A. R. S. Rana, *Talanta*, **83**, 149, (2010).

Electrodeposición de Fe/Pt en el disolvente eutéctico profundo Cloruro de Colina - Urea

EM-P14

E. Sánchez Vite¹, E. Gómez Valentín^{2*}, G. Montes de Oca Yemha¹, M. Palomar Pardavé¹, J. Aldana-González¹.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco Departamento de Materiales. Avenida San Pablo No. 180, Colonia Reynosa-Tamaulipas. C.P 02200. Azcapotzalco, Ciudad de México.

²Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1, E-08028 Barcelona, España.

*E-mail Responsable de la investigación: e.gomez@ub.edu

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de Fe-Pt son materiales de gran importancia debido a sus múltiples aplicaciones, entre las cuales se encuentran los materiales magnéticos y la síntesis de electrocatalizadores altamente activos. Recientemente la electrodeposición de películas magnéticas ha cobrado gran interés y las hace particularmente atractivas en potenciales aplicaciones como micromagnetos en sistemas microelectromecánicos y en el campo del almacenamiento de datos magnéticos de alta densidad [1]. Existen diferentes métodos para realizar dichas aleaciones, sin embargo, las ventajas de la electrodeposición sobre sobre los demás métodos de deposición son numerosas, entre ellas encontramos un manejo más fácil, no se necesita de equipo especializado y exhibe mayores tasas de deposición, lo que se traduce en una deposición más barata y eficiente [2]. En la electrodeposición uso de disolventes eutécticos profundos (DES) como alternativa sustituyendo los solventes acuosos convencionales ha resultado ser una estrategia viable, pues existen aplicaciones en las que las reacciones secundarias son indeseables.

METODOLOGÍA

El DES se preparó usando cloruro de colina (ChCl) (Across Organics, 99%) y Urea (Merck, 99%) grado analítico, mismos que se secan en un horno a 70°C durante 48 h; los sólidos son mezclados en una proporción molar 1:2 ChCl-Urea, posteriormente el resultado es calentado manteniendo agitación constante hasta alcanzar el estado líquido. Para llevar a cabo la aleación, Hexacloroplatinato de sodio (IV) (Alfa Aesar, ≥98%) y Cloruro de hierro (II) (BeanTown Chemical, ≥98%) grado analítico; fueron utilizados en todos los experimentos; es importante mencionar que el DES actúa como solvente y

electrolito soporte. Se utilizó una celda electroquímica encaquetada de tres electrodos, como electrodo de trabajo, WE, se utilizó carbón vítreo, un alambre de platino como contra-electrodo, CE y como electrodo de referencia Ag|AgCl/KCl 3M. Los experimentos electroquímicos se llevaron a cabo utilizando un Autolab con equipo PGSTAT30 y software GPES. Básico.

RESULTADOS

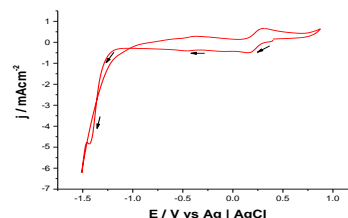


Figura 1. Voltamperograma cíclico del sistema formado por 0.10 mol L⁻¹ FeCl₂ / 0.04 mol L⁻¹ disuelto en el DES, ChCl-Urea. A 60 °C y 50 mVs⁻¹.

En la figura 1 se observa que alrededor de -1.4 V existe un pico de reducción atribuido a la deposición de la aleación; también se encuentran dos picos atribuidos a procesos de oxidación aproximadamente en -0.38V y -0.29V respectivamente.

CONCLUSIONES

A partir del estudio electroquímico ha sido posible interpretar la secuencia del proceso de deposición de la aleación de estudio.

REFERENCIAS

- [1] K. Leistner, et. al., *Electrochem. Communications*, **8**, 916, (2006).
- [2] K. Haerens; E. Matthijs; A. Chinuelarz; *J. Environmental Management*, **11**, 3245, (2009).

Evaluación de la conductividad eléctrica de nanotubos de carbono dopados con diferentes heteroátomos

EM-P15

M. Zi-Chi, G. Pérez-Zúñiga, G. Rosado Ortíz, Y. Verde-Gómez, A. M. Valenzuela-Muñiz*
Tecnológico Nacional de México/IT de Cancún. Av. Kabah, Km. 3, C.P. 77500, Cancún
Quintana Roo, México

* E-mail Responsable de la investigación: anavalenzuelam@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Los nanotubos de carbono (NTC) son utilizados como soporte para electrocatalizadores dentro de celdas de combustible debido a las propiedades morfológicas, mecánicas y electrónicas que presentan. Sin embargo, estas celdas presentan altos costos debido al uso del platino como catalizador [1]. Es conocido que el rendimiento de los nanotubos de carbono (NTC) puede ser mejorado al modificar las propiedades electrónicas. Esta modificación consiste en la inserción de heteroátomos como nitrógeno, azufre, boro, silicio, flúor dentro de la estructura de los nanotubos, por lo cual se habla de un dopaje por sustitución. El uso de NTC dopados como soporte de nanopartículas de platino dentro de celdas de combustible podría ayudar a la estabilidad y el rendimiento del catalizador [2].

Por tal motivo, es de gran interés el aprovechamiento de los defectos creados por heteroátomos en la estructura de los NTC [3]. Estas modificaciones generalmente son la fuente de nuevos sitios catalíticos activos, lo cual mejora su uso en las reacciones electroquímicas obteniendo mejores resultados en su cinética de reacción. Esta posibilidad de aumentar la actividad catalítica de los materiales sin el uso de metales caros y escasos es el punto principal de la investigación de los dopajes en NTC.

Las formas de los enlaces con los heteroátomos y la concentración de estos dentro de la estructura volumétrica del carbono generalmente manipulan las propiedades del material y cambian su geometría estructural de los NTC [4]. La morfología y características de los materiales obtenidos difieren para cada tipo de dopaje. Por ejemplo, en el dopaje con N se crean secciones huecas separadas por una o pocas capas grafiticas, mientras que en los dopajes con S se producen morfologías ramificadas.

Respecto a los nanotubos de carbono dopados con nitrógeno (N-NTC) se han realizados estudios que hablan de los efectos positivos de este dopaje

para las reacciones de reducción de oxígeno [5]. Se

menciona una buena estabilidad ante pruebas de voltametría cíclica incluso a exposiciones de 3500 ciclos potenciales [6].

METODOLOGÍA

Los nanotubos de carbono dopados se sintetizaron en un sistema de deposición química de vapor modificado (M-CVD), en un horno de alta temperatura con flujo de argón. Se empleó tolueno como fuente de carbono, ferroceno como agente catalítico y diferentes precursores de los heteroátomos (N, S, B, Si, F). La caracterización electroquímica se realizó por espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) en presencia de H_2SO_4 a 0.5 M y a una amplitud de 10 mV a diferentes potenciales contra Ag/AgCl (KCl sat), dentro de un rango de frecuencia de 100 mHz a 100 KHz. Se llevaron a cabo pruebas de voltametría cíclica (CV) en una ventana de -0.2 a 0.8 V contra Ag/AgCl (KCl sat) a una velocidad de barrido de 20 mV/s. El electrodo de trabajo fue obtenido realizando el depósito de la tinta catalítica (de los diferentes materiales) sobre carbón vítreo, usando como referencia una metodología ya establecida [7].

RESULTADOS

Los resultados de una extensa caracterización física y química permitieron corroborar el crecimiento y obtención de nanotubos de carbono dopados con los diferentes heteroátomos. Fue posible establecer que los nanotubos de carbono obtenidos presentan características morfológicas variadas, en dependencia del dopante empleado, por ejemplo, diámetros y longitudes diversas, así como grado de grafitización y desorden de la estructura.

Por su parte, la evaluación de las propiedades electroquímicas arrojó diferencias interesantes. Los resultados de EIS mostraron los semicírculos típicos de un diagrama de Nyquist relacionados a la transferencia de carga. A partir de la interpretación de datos obtenidos utilizando un modelo de circuito equivalente tipo Randles se encontraron los diferentes valores de

conductividad de los materiales analizados. Así mismo, para comparar se llevaron a cabo los mismos análisis a materiales de referencia como lo son el carbón vulcan, nanotubos sin dopante (prístinos) y nanotubos comerciales, encontrándose diferencias respecto a los materiales dopados.

[7] Ma Jiwei., Habrioux A., Morais C., Lewera A., Vogel W., Verde-Gómez Y., & Alonso-Vante N., *Acs Catalysis*, (2013).

CONCLUSIONES

Se logró la síntesis de nanotubos de carbono añadiendo diferentes heteroátomos como N, S, B, Si y F, empleando el método M-CVD. La caracterización física y química permitió analizar la cantidad del heteroátomo presente en las estructuras de carbono, encontrándose en general por debajo del 5% en peso. Por lo tanto, se establece que se obtuvieron nanotubos dopados. Por otra parte, se encontró que los valores de conductividad obtenidos a partir de EIS variaron en dependencia del tipo de dopaje en el nanotubo, donde se observaron resultados interesantes de la conductividad otorgando a los materiales características conductoras y semiconductoras. Los parámetros analizados se emplearán como factor de decisión para emplear los nanotubos dopados como soporte de electrocatalizadores con baja carga de platino.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Fondo “CONACyT-SENER-Sustentabilidad Energética” (Clave 254667) por el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] Gadiou R., Saadallah S-E., Piquero T., David P., Parmentier J., Vix-Guterl C., *Microporous Mesoporous Mater.*, (2005).

[2] Kaplan, Begüm Yazar., Haghmoradi, Navid., Biçer, Emre., Merino, César., Gürsel, Selmiye Alkan, *International Journal of Hydrogen Energy*, 23221-23230, (2018).

[3] Duclaux, L., *Carbon*, **40**, 1751 (2002).

[4] Ayala, P, R Arenal, M Rummeli, A Rubio, y T Pichler, *Carbon*, **48**, 575 (2010).

[5] Chen, Z, D Higgins, y Z Chen, *Carbon* **48**, 3057, (2010).

[6] Oh, H-S, K Kim, y H Kim, *International Journal of Hydrogen Energy*, 11564-11571, (2011).

Estudio electroquímico en un medio de nitratos para la obtención de un precursor para la síntesis de alfa-alúmina a partir de chatarra de aluminio

EM-P16

V. Maldonado Delgadillo¹, G. Urbano Reyes^{2*}, M. A. Veloz Rodríguez, V. E. Reyes Cruz, J. A. Cobos Murcia, M. Pérez Labra, J. C. Juárez Tapia, M. Reyes Pérez

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

*E-mail Responsable de la investigación: gurbano2003@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La alfa alúmina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) es una cerámica avanzada debido que cuenta con una amplia gama de aplicaciones desde el punto de vista tecnológico e industrial (electrónica, optoelectrónica, equipo de protección, materiales refractarios, la catálisis) [1]. Existen diferentes métodos que se han descrito en la literatura para la preparación de polvos de alúmina, películas delgadas o nanopartículas atrapadas [2]. Sin embargo, estos métodos tienen algunas limitaciones, como el uso de altas temperaturas, procedimientos complejos con una amplia variedad de reactivos químicos y, en algunos casos, equipos relativamente complejos y costosos. El propósito de este trabajo es el empleo de chatarra de aluminio procedente de latas de desecho, para preparar una solución en un medio de nitratos y el uso de técnicas electroquímicas, con la finalidad de obtener un precursor para la síntesis de $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ de alta pureza.

METODOLOGÍA

Se utilizó una celda de 3 electrodos y la solución preparada con chatarra de aluminio, empleando la técnica de voltamperometría cíclica y cronoamperometría, para identificar el rango de potenciales para la electrosíntesis catódica (depósito) del precursor. Se utilizó como electrodo de trabajo un electrodo de aluminio (99.9% de pureza), una malla de Titanio recubierta con óxido de Rutenio como contra electrodo y un electrodo saturado de calomel (SCE) como electrodo de referencia. Los depósitos obtenidos son recolectados y analizados por difracción de rayos-X. Así como el comportamiento térmico mediante análisis termogravimétrico (TGA) hasta la transición a alfa alúmina [2].

RESULTADOS

Los resultados permiten obtener el rango de

potenciales donde se presenta la electro-síntesis catódica del precursor (Fig. 1), así como el comportamiento térmico mediante análisis termogravimétrico (TGA) donde se observaron las principales transformaciones hasta la transición a alfa alúmina.

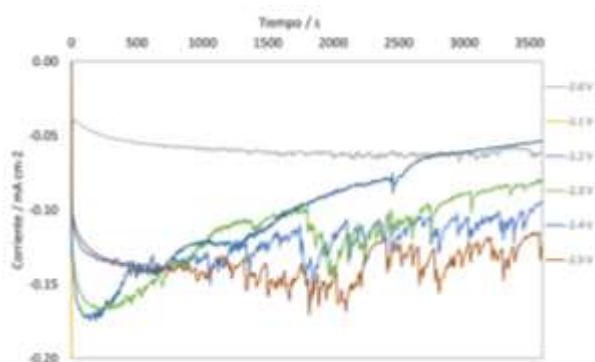


Figura 1. Transitorios potenciostáticos que muestran los potenciales más relevantes donde ocurre la electro-síntesis catódica.

CONCLUSIONES

El estudio voltamperométrico y cronoamperométrico muestra que el rango de potenciales donde se lleva a cabo la electro-síntesis catódica del precursor esta entre -2.2 y -2.5 V. Mientras que el análisis termogravimétrico (TGA) indica que la transformación a $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ se logró por arriba de los 1000 °C. El análisis por difracción de rayos-X muestra que la $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ obtenida es de alta pureza.

REFERENCIAS

- [1] Martín-Ruiz, M. M., *Ceramics International*, **35**, 2111 (2009).
- [2] T. Shirai, H. Watanabe, M. Fuji, M. Takahashi, *Ceramic Research Laboratory*, **9**, 23, (2009).

Influencia de un campo magnético externo en la morfología de nanopartículas de Co obtenidas electroquímicamente en un disolvente eutéctico profundo

EM-P17

J. Dircio-Morales¹, D. Hernández-Pérez¹, J. Aldana-González¹, M. G. Montes de Oca¹, E. M. Arce-Estrada², M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}

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

²Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, UPALM Ed. 7, C.P. 07638 México, D.F.

*E-mail Responsable de la investigación: mepp@correo.azc.unam.com

INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas de cobalto, CoNPs, son útiles para varios procesos importantes, como son: la fabricación de electrocatalizadores para la reacción de evolución de oxígeno, para la síntesis de sensores electroquímicos, catalizadores para la oxidación de hidrazina, degradación de colorantes y materiales para baterías. Existen varias formas de sintetizar CoNPs, siendo los métodos electroquímicos los que presentan las mejores ventajas al poderse llevar a cabo la modificación directa de las superficies de los electrodos, en particular, la técnica de paso potencial ha sido ampliamente utilizada. Uno de los impedimentos de electrodepositar cobalto en los tradicionales medios acuosos es que al llevar a cabo la deposición de este, se dan de manera simultánea reacciones concomitantes como la evolución de hidrógeno [1]. Por lo anterior, en este trabajo se llevó a cabo un estudio del electrodeposito de Co empleando un disolvente eutéctico profundo (DES) y se estudió la influencia de un campo magnético externo en la morfología de las nanopartículas de Co.

METODOLOGÍA

La síntesis electroquímica de CoNPs se realizó potenciostáticamente a partir de un DES formado por cloruro de colina y urea como medio electrolítico en una relación molar 1: 2 a 70 ° C, conteniendo Co²⁺, a partir de la aplicación de un campo magnético externo constante, se estudió la morfología de las partículas formadas.

RESULTADOS

La Figura 1 (a) y (b) muestra las imágenes SEM en las cuales se puede observar un cambio notable en la morfología después de aplicar 5 μ T. Las figuras (c)

y (d) corresponden al análisis elemental de las figuras (a) y (b), respectivamente.

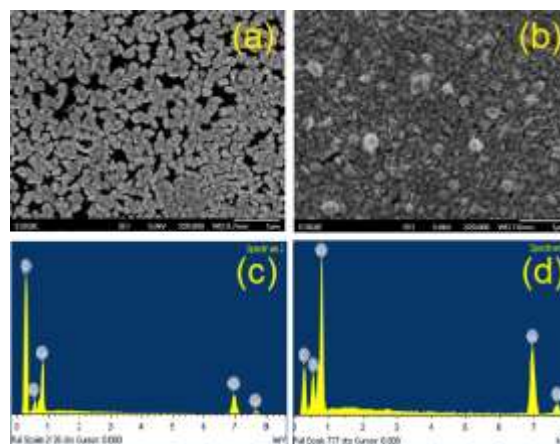


Figura 1. Imágenes por SEM de las muestras producidas aplicando -0.85 V en el DES formado por cloruro de colina y urea como medio en una relación molar 1: 2, que contiene 50 mM de Co²⁺, después de 240 s a 70 ° C.

CONCLUSIONES

Fue posible llevar a cabo la síntesis de CoNPs mediante el electrodeposito de este sobre carbón vítreo empleando un DES. A partir de la imposición de un campo magnético externo constante, fue posible modificar significativamente la morfología de las CoNPs.

REFERENCIAS

[1] M. Palomar-Pardavé, J. Aldana-González, L.E. Botello, E.M. Arce-Estrada, M.T. Ramírez-Silva, J. Mostany, M. Romero-Romo, *Electrochimica Acta*, 241, 162 (2017).

Estudio de las propiedades selectivas de una membrana de intercambio catiónico a base de un polímero conductor sobreoxidado

EM-P18

O. I. Vega López, L. M. Torres Rodríguez*, A. Montes Rojas

Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Electroquímica.

*E-mail responsable de la investigación: luzmaria@uaslp.mx, israel_vegalq@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Las membranas de intercambio iónico (MII) se han vuelto las protagonistas en numerosos procesos donde se emplea la electrodiálisis (ED) [1]. Es por esto por lo que diversos grupos de investigación se han centrado en la modificación de las MII para mejorar su selectividad; o en proponer nuevos materiales de los cuales puedan ser elaboradas estas membranas. En este trabajo se estudian las propiedades selectivas que posee una membrana basada en polipirrol sobreoxidado (OPPy), debido a su permselectividad hacia cationes [2] soportado en papel, y utilizando como soluciones trabajo NaCl y CaCl₂ a diferentes concentraciones, se desarrolló un estudio cronopotenciométrico y empleando curvas de polarización, se obtuvieron parámetros para conocer el comportamiento de ambos cationes sobre la superficie de la membrana.

METODOLOGÍA

La MII fue sintetizada utilizando una técnica potenciostática en una solución de trabajo que contuviera el monómero del polímero, las curvas cronopotenciométricas se obtuvieron aplicando un pulso de corriente constante y midiendo el potencial de membrana (E_m), las curvas de polarización se obtuvieron graficando la corriente aplicada en función del E_m .

RESULTADOS

De los resultados obtenidos se observó ambos el soporte y el soporte modificado con OPpy, presentan propiedades selectivas. Sin embargo, las formas de las curvas de polarización y los cronopotenciogramas son distintas, indicando que los iones atraviesan de manera diferente estos materiales. De los parámetros de las curvas de polarización, se observa que hay mayor electroconvección en las membranas modificadas en

relación con las no modificadas. Adicionalmente, se puede establecer que estas ofrecen mayor resistencia al paso de los iones.

En cuanto al tipo de ion empleado se observó que la curva de polarización del Ca²⁺ en la membrana modificada no presenta las zonas características de una curva de polarización [3], lo que pudiera deberse a una mayor resistencia al paso del ion.

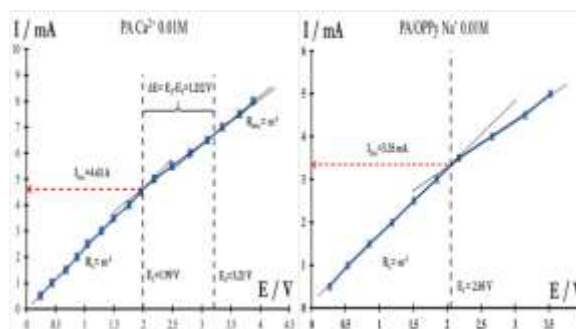


Figura 1. Curvas de polarización obtenidas para la membrana sintetizada para NaCl y CaCl₂ 0.01M.

CONCLUSIONES

La modificación del papel soporte con el depósito de OPpy presenta propiedades selectivas. Estas difieren de las del soporte sólo, lo que indica que el OPpy tiene una incidencia en el paso de los iones a través de las MII.

REFERENCIAS

- [1] H. Strathmann, A. Grabowski, G. Eigenberger, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **52**, 10364, (2013).
- [2] A. Witkowaki, A. Brajter-Toth, *Anal. Chem.*, **64**, 635, (1992).
- [3] T. Scarazzato, D. C. Buzzi, A. M. Bernardes, J. A. S. Tenório, D. C. R. Espinosa, *Braz. J. Chem. Eng.*, **32**, 831, (2015)

Electrocatalizadores basados nano-partículas de Pd soportadas en carbón mesoporoso ordenado tridimensionalmente (3DOm) para oxidación de etanol

EM-P19

E. Loredo García¹, A. D. Delgado², L. Álvarez-Contreras^{2*}.

¹ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias (UASLP)

² Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C, CIMAV, Chihuahua, Chih. C.P. 31136

*E-mail Responsable de la investigación: lorena.alvarez@cimav.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los materiales de carbón (3DOm por sus siglas en inglés, three-dimensionally ordered mesoporous) son ampliamente estudiados debido a sus propiedades; alta área superficial, buena conductividad eléctrica, porosidad adecuada que permita el flujo de las especies químicas, alta estabilidad en ambientes corrosivos, además de su bajo costo [1]. La de paladio lo convierte en un candidato interesante para utilizarse como electrodo en celdas de combustible microfluídicas. En el presente trabajo se presentan resultados obtenidos con un electrodo preparado con carbono (3DOm) y posteriormente catalizado con Pd mediante el método de electrodeposición.

METODOLOGÍA

El carbón 3(DOm) se sintetizó en base al método modificado propuesto por Zhang et al [2]. La deposición del paladio electroquímicamente fue llevada a cabo utilizando una celda convencional de vidrio. Como contra electrodo se utilizó una barra de grafito, el electrodo de referencia utilizado fue un electrodo de Ag/AgCl₂. El depósito se realizó con una ventana de -0.257 V a 1.63 V vs Ag/AgCl₂, por 30 ciclos mediante voltamperometría cíclica. Estos electrodos se utilizaron como ánodos para la oxidación de etanol en medio alcalino. Se disolvió etanol 0.5M en hidróxido de potasio 1M, se analizó en una ventana de -0.8V a 0.43V vs Ag/AgCl₂, por 10 ciclos.

Las muestras obtenidas fueron caracterizadas utilizando MEB, BET, TGA y técnicas electroquímicas convencionales.

RESULTADOS

A través del análisis de los resultados la caracterización estructural y de la prueba electroquímica presentados en las imágenes de la Fig. 1. El electrodo Pd/C con estructura de 3(DOm)

presentó mejor actividad catalítica intrínseca en comparación con un electrodo de Pd soportado sobre PANI reportado por Vu et al [3].

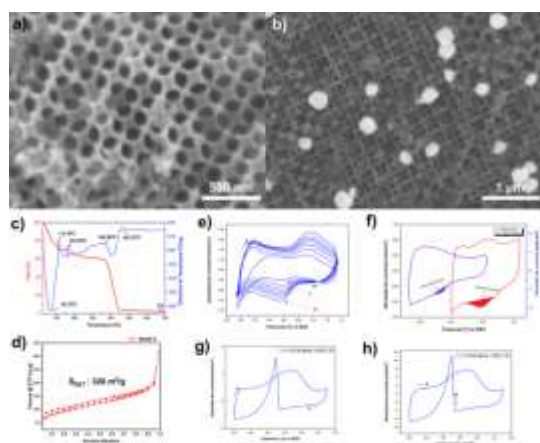


Figura 1. Imágenes (a)MEB, (c)TGA y (d)BET del carbón 3(DOm) e imágenes (e)electrodeposición del Pd, (f)comportamiento del electrodo y (g)-(h)eficiencia del electrodo.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una metodología sencilla para la obtención de un electrocatalizador de Pd con 30% at. por electrodeposición sobre materiales 3(DOm) de carbón para cumplir la función de electrodo en celdas de combustible microfluídicas.

REFERENCIAS

- [1] C. R.K. Rao, & D. C. Trivedi. *Coordination Chemistry Reviews*, **249**, 613. (2005).
- [2] S. Zhang, L. Chen, S. Zhou, D. Zhao, & L. Wu. *Chemistry of Materials*, **22**, 3433, (2010).
- [3] A. Vu, X. Li. *Chemistry of Materials*, **25**, (2013)

Influencia del material de soporte de las NPs de Pt para la reacción de oxidación de metanol. Estudio electroquímico

EM-P21

N. Roque de la O¹, S. I. Rivera Hernández¹, G. Vázquez Huerta^{1*}, S. Corona Avendaño¹, E. M. Arce Estrada²

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azc., Dpto. Materiales, C.P. 02200, CDMX, Mex.

²Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE. Dpto. de Ingeniería Metalúrgica, UPALM Ed. 7, C.P. 07738, CDMX, Mex.

*E-mail Responsable de la investigación: gvh@azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

El platino (Pt) es el catalizador por excelencia en la reacción de oxidación de metanol (MOR) sin embargo presenta ciertos problemas que limitan su uso por una parte su alto costo, además de su poca tolerancia al envenenamiento por monóxido de carbono (CO) intermediario que se genera durante la MOR. Parte importante de esta respuesta puede depender del material que se emplea como soporte, en la literatura se reportan principalmente los soportes carbonosos debido a su gran área superficial, su alta conductividad, y su afinidad con el Pt, entre ellos el Carbón Vulcan XC-72R (C), nanotubos de carbono de pared simple (NTCS) y multipared (NTCM) [1,2]. En este trabajo se estudió la respuesta de las NPs de Pt cuando se soportan en C y NTCM a través de Voltamperometría (VC) y Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS). Adicionalmente, se estudió la influencia del potencial de inversión, con el propósito de evaluar el cociente de la densidad de corriente de los picos asociados a la MOR durante el barrido de ida y el de regreso (j_f/j_b).

METODOLOGÍA

Se sintetizaron las NPs de Pt a través del método coloidal soportando en C y NTCM. Se caracterizó por EIS y VC con diferentes potenciales de inversión.

RESULTADOS

Se encontró que las NPs de Pt/NTCM presentan mayor densidad de corriente tanto de pico I como pico II, a través de EIS se observó que las NPs de Pt/NTCM presentan menores resistencias (semicírculos de menor

diámetro) en distintos procesos que ocurren durante la MOR (Figura 1).

Para el potencial de inversión se observó que el cociente j_f/j_b depende del límite de potencial anódico.

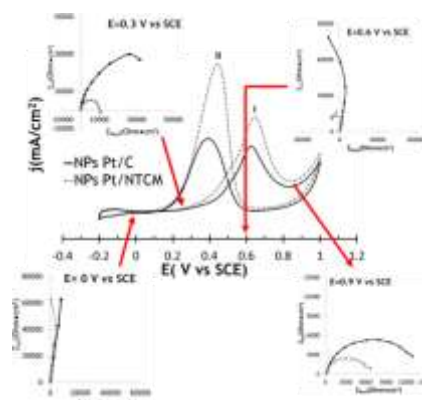


Figura 1. Curvas j vs E de las NPs de Pt/C y Pt/NTCM en una solución 0.5 M $\text{CH}_3\text{OH}+0.5 \text{H}_2\text{SO}_4$ a 50 mV/s.

CONCLUSIONES

El catalizador Pt/NTCM presenta la mejor respuesta para la MOR tanto por VC como por EIS, asociado a una mejor dispersión de las NPs Pt en los NTCM.

REFERENCIAS

[1] G. Wu, B. Xu, *Journal of Power Sources*, **174**,148, (2007).

[2] Y. Mu, H. Liang, J. Hu, L. Jiang, L. Wan, *The Journal of Physical Chemistry B*, **109**, 22212, (2005).

Síntesis Foto-bioquímica de nanopartículas de plata (AgNPs)

EM-P22

L. K. Del Real Herrera¹, J. A. Otero Hernández¹, J. Ramos¹, L. García Hernández^{1*},
P. A. Ramírez Ortega¹, M. U. Flores Guerrero¹

¹Centro de Desarrollo en Nanotecnología, Área de Electromecánica Industrial, Universidad Tecnológica de Tulancingo, Camino a Ahuehuetitla No.301 Colonia Las Presas, Tulancingo, Hidalgo, C.P. 43645, México.

*E-mail Responsable de la investigación: laura.garcía@utectulancingo.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Actualmente, se ha demostrado que la nanotecnología puede utilizar materiales compatibles con el entorno, desarrollando procesos innovadores que reduzcan la generación de sustancias peligrosas, residuos y tóxicos provenientes de diversas actividades industriales. Entre estas demostraciones se han reportado métodos como la fotoquímica [1].

METODOLOGÍA

Se Para la obtención de las AgNPs se llevó a cabo la siguiente tabla de experimentos, en las que el tiempo de exposición así como la longitud de onda. Se tomaron 50 mL del extracto de *Sedum praealtum*, a los cuales fueron incorporados 10 mL del agente precursor AgNO_3 a 20 mgL^{-1} a diferentes tiempos de reacción.

RESULTADOS

En la figura 1 se muestra el espectro de las soluciones irradiadas con la luz azul. De la banda ancha se observa que su punto más alto fue en el rango de 421-450 nm en tiempos de 2 y 3 horas respectivamente. Siendo esta radiación las de mejores resultados, permitiendo confirmar lo observado en el análisis visual.

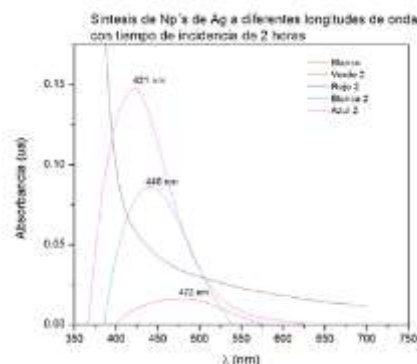


Figura 1. Espectroscopia Uv-vis para de los resultados más favorables obtenidos, A tiempo de irradiación es de 2 horas

CONCLUSIONES

En el análisis, fue posible observar que longitudes de onda de la radiación azul y la blanca permiten obtener plasmones de estructura media en la región típica para las nanopartículas de plata, con una absorbancia de 0.15 y 0.10 u.a con plasmones finos respectivamente lo que indica la presencia de nanopartículas,

REFERENCIAS

- [1] F. M. Sakamoto, M. Fujistuka, T.Majima, Light as a construction tool of metal nanoparticles: synthesis and mechanism. J. Photochem. Photobiol. C 10, 33-56 (2008), <https://doi.org/10.1016/j.jphotochemrev.2008.11.002>

DIVISIÓN 5.

Electroquímica Ambiental (EAM)

Caracterización de un reactor de electrocoagulación para la remoción de arsénico, fluoruro y sílice hidratada de aguas subterráneas del altiplano del estado de Guanajuato

EAM-O1

A. Gutiérrez, L. F. Castañeda, J. L. Nava*

Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica, Av. Juárez 77, Zona Centro, C.P. 36000, Guanajuato, Guanajuato, México.

*E-mail Responsable de la investigación: alvarogtz@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La situación del agua subterránea en el estado de Guanajuato presenta un panorama negativo donde los contaminantes más comunes son arsénico, flúor, nitratos, sulfatos, hierro, manganeso, y algunos otros metales. Los efectos del consumo de arsénico en cantidades mayores a lo recomendado por la OMS ($10 \mu\text{g L}^{-1}$) incluyen, enfermedades del hígado y riñones, problemas cardiovasculares, efectos neurológicos y cáncer. En cuanto al consumo de flúor, cantidades mayores a 1.5 mg L^{-1} , valor recomendado por la OMS, tiene una alta probabilidad de causar fluorosis dental y esquelética y ha sido relacionado con cáncer óseo. Por otro lado, la presencia de sílice hidratada puede causar problemas de operación en la industria como taponamiento de ductos debido a las incrustaciones de sílice en las paredes. Los métodos electroquímicos son una opción viable para el tratamiento de múltiples contaminantes, y uno de estos métodos, que ha demostrado recientemente ser eficiente para la remoción de arsénico, flúor y sílica hidratada es la electrocoagulación, mediante el empleo de aluminio como electrodos de sacrificio [1]. El proceso de electrocoagulación consiste en la formación in situ de cationes de aluminio como coagulante en el ánodo y la formación de gas hidrógeno en el cátodo. El objetivo de la investigación consiste en analizar la influencia de la dosis de coagulante, en relación con la densidad de corriente y la velocidad de flujo, para la remoción de arsénico, flúor y sílica hidratada de dos pozos seleccionados del altiplano del estado de Guanajuato.

METODOLOGÍA

La toma de muestras se realizó directamente de dos pozos antes de la cloración que es aplicada al agua *in situ*. El proceso de electrocoagulación fue llevado a

cabo dentro de un reactor de flujo ascendente, empleando electrodos de sacrificio de aluminio a velocidades de flujo entre 0.231 cm s^{-1} a 0.578 cm s^{-1} correspondientes a caudales de 0.4 a 1 L min^{-1} con densidades de corriente 4 , 6 y 8 mA cm^{-2} .

RESULTADOS

Los mejores resultados se lograron utilizando una densidad de corriente de 8 mA cm^{-2} y 0.4 L min^{-1} . Se logró una remoción de arsénico por debajo $10 \mu\text{g L}^{-1}$ para todas las condiciones probadas. Para el caso del flúor, no se logró una remoción por debajo del límite máximo permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994. La sílica hidratada se removió en más del 98%. La alta remoción de sílica podría explicar la pobre remoción de flúor.

Tabla 1. Concentración inicial y residual de contaminantes de interés obtenidos con la mejor condición (8 mA cm^{-2} y 0.4 L min^{-1}).

Contaminante	Concentración inicial	Concentración residual
Sílica Hidratada	71.33 mg L^{-1}	1.17 mg L^{-1}
Arsénico	$26.7 \mu\text{g L}^{-1}$	$6.4 \mu\text{g L}^{-1}$
Flúor	6.136 mg L^{-1}	2.7 mg L^{-1}

CONCLUSIONES

El reactor de electrocoagulación probado demostró ser eficiente para la remoción de arsénico (70%), flúor (56%) y sílica hidratada (98%) y solventar el problema actual de la contaminación de aguas subterráneas.

REFERENCIAS

1. M. Rosales, O. Coreño, & J.L. Nava, *Chemosphere*, **211**,149 (2018).

Remoción de arsénico, flúor y sílica hidratada de agua subterránea de la zona del Bajío Guanajuatense, empleando una celda de flujo en forma de serpentín equipada con electrodos de aluminio

EAM-O2

E. F. Rodríguez Ruiz¹, L.F. Castañeda^{1*}, J.L. Nava^{1*}

¹Universidad de Guanajuato, Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica.

*E-mail Responsable de la investigación: jf.rodriguezruiz@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

El estado de Guanajuato obtiene la mayor parte del agua potable del subsuelo, donde se ha comprobado la presencia de contaminantes como arsénico (As), flúor (F) y sílica hidratada (SiO₂). A concentraciones >1.5 mg L⁻¹ el F⁻ produce fluorosis dental, daños en el pulmón, riñones, hígado, tiroides cerebro, entre otras [1]. El As a concentraciones > 10 µg L⁻¹ puede generar diabetes, lesiones en el cerebro, náuseas, queratosis y diferentes variedades de cáncer [2]. Enfermedades como cáncer de pulmón, bronquitis crónica, silicosis pueden ser generada por la SiO₂ [1]. En este trabajo se estudia la eliminación simultánea de, As, F y SiO₂ usando un reactor de placas de aluminio horizontales acomodados en forma de serpentín como electrodos de sacrificio y abierto a la atmósfera para favorecer la liberación de gas producido en los cátodos a diferentes densidades de corriente (j) y velocidades lineales (u).

METODOLOGÍA

Las pruebas de EC se realizaron con muestras reales de diferentes pozos de agua a u entre $1.2 \leq u \leq 4.8$ cm s⁻¹ y j entre $4 \leq j \leq 8$ mA cm⁻². Producido el coagulante *in situ* en el reactor, la mezcla de agua-flocs pasa a una pruebas de jarras y es mezclada a 30 rpm (mezcla lenta) por 15 min para permitir el crecimiento de los agregados. Una vez sedimentados los agregados de aluminio y obtenido el clarificado, a este se le realiza el análisis de As, F y SiO₂ residual, además de la caracterización de los flóculos mediante SEM-EDS, XRD y FTIR

RESULTADOS

La Fig.1 muestra la remoción de As, F⁻ y SiO₂ de una muestra de aguas a j de 8 mA cm⁻² donde la concentración inicial de As es de 116 µg L⁻¹, F⁻ de 1.18 mg L⁻¹ y SiO₂ de 129 mg L⁻¹. Las pruebas SEM-EDS, XRD y FTIR revelan la presencia de aluminosilicatos en los flóculos, indicando que la sílica reacciona con las sales de aluminio. Los arsenatos son adsorbidos por

los agregados, además los fluoruros reemplazan un grupo hidroxilo de un hidróxido de aluminio

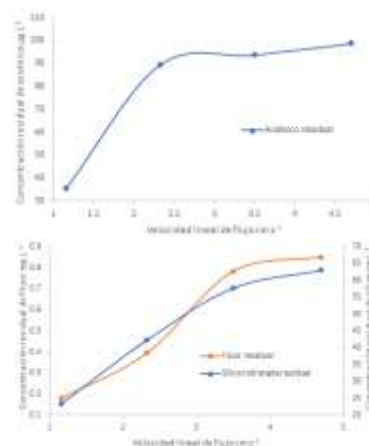


Figura 3. Remoción de arsénico, fluoruros y sílica hidratada de las muestras de agua del pozo 1 del estado de Guanajuato por electrocoagulación.

CONCLUSIONES

La mayor eliminación simultánea de As, F y SiO₂ se da a la condición de 8 mA cm⁻² con una remoción de As de 68%, F del 51% y SiO₂ del 82%, esto es debido a la mayor producción de coagulante, el cual se rige por la ley de Faraday. Los mecanismos de eliminación de los contaminantes son la precipitación de aluminosilicatos el cual adsorbe el As y mediante la sustitución del F⁻ por el grupo hidroxilo al F⁻.

REFERENCIAS

- [1] López, R. L., Coreño, O., & Nava, J. L. *Journal of Water Process Engineering* **32**, 100923, (2019).
- [2] Castañeda, L. F., et. al., *Chemosphere* **244**, 125417, (2020).

Estudio de la generación de radicales hidroxilo en el proceso de foto-electrocoagulación

EAM-O3

J. J. Treviño-Reséndez¹, A. Medel¹, Y. Meas^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S.C., Parque Tecnológico, Querétaro S/N, Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, C.P. 76730.

*E-mail Responsable de la investigación: yunnymeas@cideteq.mx

INTRODUCCIÓN

El proceso de electrocoagulación ha sido considerado una tecnología de electrogeneración in-situ de coagulantes para la estabilización y separación de sólidos suspendidos, coloides y contaminantes disueltos, aplicado al tratamiento de las aguas residuales. No obstante, debido a su origen electroquímico, en algunos estudios se ha propuesto la ocurrencia de mecanismos de oxidación indirecta vía especies activas de cloro (oxidación anódica de los cloruros) [1] o radicales hidroxilo (producidos fotoquímicamente en el seno del líquido con HOCl/OCl⁻) [2], como parte de sus mecanismos de remoción. Un entendimiento claro de los mecanismos de remoción (precipitación y/u oxidación) es un factor importante para el escalamiento y diseño del proceso de electrocoagulación para el tratamiento de aguas residuales.

METODOLOGÍA

En esta investigación se evaluó la producción de radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$) via HOCl/OCl⁻ generado mediante electrocoagulación con electrodos de Al y radiación UV, en una celda electroquímica sin división, aplicando una densidad de corriente de 5.5 mA cm⁻², en una solución sintética con NaCl como electrolito soporte. Posteriormente a la electrocoagulación, la solución era irradiada durante 80 minutos con una lámpara UV (254/365 nm, 6W). Para la detección de los radicales $\bullet\text{OH}$, fue utilizado cumarina (C₉H₆O₂) como compuesto prueba, el cual reacciona con los radicales $\bullet\text{OH}$ produciendo el compuesto fluorescente 7-hidroxicumarina (C₉H₆O₃), el cual fue cuantificado en un espectrofotómetro de fluorescencia Cary Eclipse ($\lambda_{\text{ex}} = 340$ nm, $\lambda_{\text{em}} = 456$ nm y slit 5 nm).

RESULTADOS

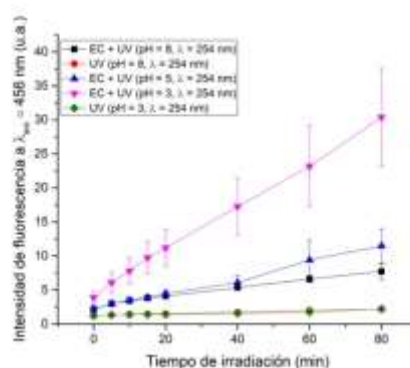


Figura 1. Intensidad de fluorescencia a $\lambda_{\text{em}} = 456$ nm en las pruebas de foto-electrocoagulación y fotólisis a diferente pH.

CONCLUSIONES

El estudio ha evidenciado el efecto sinérgico del HOCl/OCl⁻ generado electroquímicamente y la radiación UV para la producción de radicales hidroxilo en el proceso de foto-electrocoagulación. Además, se evaluó la influencia de la longitud de onda de la lámpara UV, pH de la solución y concentración de cloruros.

REFERENCIAS

- [1] S. Gao, M. Du, J. Tian, J. Yang, J. Yang, F. Ma, J. Nan. *J. Hazard. Mater.*, **182**, 827 (2010).
- [2] A. Medel, J.A. Ramírez, J. Cárdenas, I. Sirés, Y. Meas. *Sep. Purif. Technol.*, **208**, 59 (2018).

Síntesis electroquímica de depósitos de platino a partir de soluciones amoniacales y análisis de su capacidad oxidativa hacia paracetamol

EAM-O4

R. Marquez Garcia¹, L. H. Mendoza Huizar^{2*}, G.A. Alvarez-Romero, M. Rivera

¹Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Área Académica de Química.

²Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México.

*E-mail Responsable de la investigación: hhuizar@uaeh.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El paracetamol debido a su elevado consumo y fácil acceso representa un grave peligro de contaminación al encontrarse en concentraciones cada vez mayores en aguas superficiales [1-2]. Debido a esto, se han llevado a cabo estudios para encontrar un método eficaz que permita la oxidación del paracetamol en soluciones acuosas [3-5]. Sin embargo, sus complicadas condiciones de aplicación han hecho de estos métodos una solución poco factible. En este sentido los materiales a base de platino, por sus propiedades catalíticas y oxidativas, resultan ser una opción viable para la oxidación de este fármaco. Por lo tanto, en el presente trabajo se pretende sintetizar materiales a base de Pt en soluciones amoniacales por la vía electroquímica y evaluar su potencial para la oxidación de paracetamol.

METODOLOGÍA

Los experimentos se realizaron en una celda electroquímica para tres electrodos fabricada de vidrio con capacidad de 25 ml. Los electrodos de trabajo utilizados fueron un ultramicroelectrodo de fibra de carbono con un diámetro en su superficie de 11 μm y un electrodo de carbón vitreo con un diámetro en su superficie de 0.7 cm. La superficie expuesta fue pulida ha acabado espejo, utilizando alúmina nanométrica al término de cada experimento. Se empleó una barra de Pt como contra electrodo. Un electrodo de Ag/AgCl (saturado de KCl) fue usado como electrodo de referencia y todos los potenciales medidos se refieren a esta escala.

RESULTADOS

Los depósitos de Pt se obtuvieron por medio de voltamperometría lineal, nótese en la figura 1 que la reducción a Pt^0 resulta ser irreversible en este sentido se puede observar que al terminar el barrido de potencial se aprecia una capa de Pt recubriendo la superficie del electrodo. Con lo cual es posible

comprobar la obtención de un nuevo material con propiedades catalíticas que promueva la oxidación de paracetamol en medio acuoso.

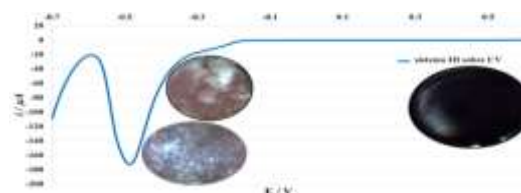


Figura 1 obtención del electrodeposición de Pt por medio de voltamperometría lineal

Con la intención de comprobar la oxidación de la molécula de paracetamol en la figura 2 se presenta un gráfico que da como resultado un aumento en la corriente registrada con respecto al incremento en la concentración de paracetamol, con lo cual fue posible comprobar que la señal observada en 0.65 Volts pertenece a la oxidación de paracetamol catalizada por el electrodo de carbón vitreo modificado con partículas de Pt.

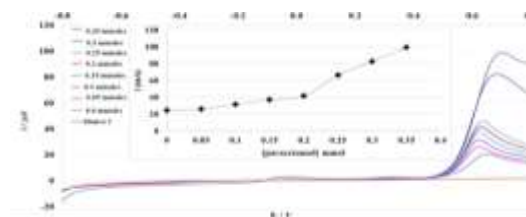


Figura 2 Voltamperometrías lineales obtenidas a partir del sistema

CONCLUSIONES

Los depósitos de platino sintetizados son capaces de oxidar el paracetamol, en un potencial de 0.6 a 0.8 V y resultaron ser estables.

REFERENCIAS

[1] Spenadel and M. Boudart, J. Phys. Chem., **64**, 204 (1960).

Caracterización electroquímica de una CCM empleada para la degradación de Aceite Lubricante Usado

EAM-O5

E. Ibarra Altamirano¹, M. M. Aguilera Flores¹, S. M. Durón Torres,
V. Ávila Vázquez^{1*}.

¹Instituto Politécnico Nacional – Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas. Blvd. del Bote 202 Cerro del Gato Ejido La Escondida, Col. Ciudad Administrativa C.P. 98160 Zacatecas, Zac.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Campus Universitario Siglo XXI, Edificio 6, Carr. Zacatecas-Guadalajara Km 6, Ejido la Escondida C.P. 98160, Zacatecas, Zac.

*E-mail Responsable de la investigación: vav_tab@hotmai.com

INTRODUCCIÓN

Una CCM es un dispositivo que obtiene energía eléctrica a través de microorganismos (mo's), y en adecuadas condiciones, los mo's convierten la energía química de su actividad metabólica con un sustrato, en energía eléctrica [1,2]. La CCM puede ser de cámara simple o de cámara doble. Las celdas de cámara simple tienen un solo compartimento donde se aloja el ánodo dejando el cátodo expuesto al aire [3].

Cada año se generan en México más de 325 millones de litros de aceites automotrices usados, que son considerados como Residuos Peligrosos (RP's). Por características físicas y químicas los aceites usados y manejados indebidamente afectan al medio ambiente y pueden dañar la salud de seres vivos [4]. En este contexto las CCM son una opción viable al tratamiento de aceite lubricante usado (ALU), lo que permitirá generar energía a partir de su proceso de degradación.

METODOLOGÍA

Se utilizó una CCM de cámara simple, con cátodo de aireación natural, el cátodo empleó Pt, las celdas contienen agua con 1% de ALU y 3 µL de Tween 20 como tensoactivo. Se inoculó con suelo nativo.

Se realizaron ciclos batch de aproximadamente 55 días en los cuales se presentó el mayor % de degradación del (ALU). Se realizó la caracterización de las CCM mediante voltamperometría de barrido lineal, espectroscopia de impedancia electroquímica y cronoamperometría, así como remoción de DQO al final del ciclo batch.

RESULTADOS

El ciclo de degradación comienza a estabilizarse entre el 9-11 día, la degradación de ALU fue superior al 95% en un ciclo de 55 días, obteniendo voltajes a circuito abierto de 607 mV y una i_{max} de 1-2 mA m^{-2} , así como potencias máximas de hasta 0.35 mW/cm 2 .

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares muestran que las CCM permiten degradar casi en su totalidad el ALU, lo que se presenta como una alternativa al tratamiento de agua contaminada con hidrocarburos y al mismo tiempo es capaz de generar energía.

REFERENCIAS

- [1] L. Alzate Gaviria; C. Fuentes Albarrán; A. Álvarez Gallegos; P. J. Sebastián. *Interciencia*, vol. 33, 22 (2008).
- [2] A. C. Góngora Molina; J. Ochoa Mancilla; M. E.Sosa Assi; E. Vázquez Borges. *Ingeniería:Revista Académica*, 21, 54 (2017).
- [3] P. Nava Diguero; M. Castillo Juárez; *Revista de Ingeniería Innovativa*, 2, 18 (2018).
- [4] Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), "Manual de buenas prácticas de manejo para los aceites usados automotrices", (2012).

Fotodegradación de filtros solares orgánicos mediante nanopartículas de TiO₂ en fase anatasa depositada sobre nanotubos de carbono multicapa

EAM-O6

G. Rosado Ortíz, Y. Verde Gómez, A. M. Valenzuela-Muñiz*

¹ Tecnológico Nacional de México/IT de Cancún.

* E-mail responsable de la investigación: anavalenzuelam@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Los bloqueadores solares con filtros orgánicos para dispersar y absorber la radiación UV no son biodegradables y uno de los mayores problemas que muestran es su baja resistencia al agua, removiéndose del cuerpo del usuario una vez que hacen contacto con el vital líquido. Estudios mencionan que los filtros orgánicos se bioacumulan en peces, y son en parte responsables del blanqueamiento del coral en arrecifes coralinos [1]. Por otro lado, el TiO₂ es uno de los fotocatalizadores más usados para la degradación de contaminantes orgánicos en medio acuoso debido a su bajo costo, alta fotoactividad y amabilidad con el medio ambiente. Una de las principales desventajas de emplear solo TiO₂ es la rápida recombinación electrón-hueco, pero esta problemática se puede evitar de diferentes maneras: i) teniendo más de una fase del titanio, ii) usando compuestos semiconductor-metal, o iii) empleando compuestos semiconductor-material carbonoso. Dentro de la última opción, se encuentra el empleo de nanotubos de carbono multicapa (MWCNT) que, debido a su buena conductividad, sirve como un captor de electrones, ayudando a reducir la recombinación de los pares fotogenerados y aumentando la efectividad de las reacciones fotocatalíticas [2]. En este trabajo, se sintetizó un compuesto constituido por nanopartículas de TiO₂ en fase anatasa y nanotubos de carbono, para la degradación de filtros solares orgánicos en medio acuoso por medios fotoelectroquímicos.

METODOLOGÍA

Los compuestos de TiO₂ (fase anatasa)/MWCNT se obtuvieron mediante Sol-Gel usando tetraisopropóxido de titanio (TTIP) en solución mezclado con nanotubos de carbono. Para las pruebas de fotodegradación, se empleó una media celda constituida por un contraelectrodo de Pt, un electrodo de referencia de Ag/AgCl (KCl sat) y como electrodo de trabajo, el material de estudio depositado en un

vidrio conductor (FTO). El filtro solar orgánico a degradar fue ácido aminobenzoico, suspendido a cierta concentración en un electrolito de NaSO₄ 0.5M.

RESULTADOS

Se observaron importantes cambios en las propiedades fisicoquímicas del material con la incorporación de los MWCNT en la matriz de TiO₂ en fase anatasa, tal como un incremento en el área superficial y un decremento en la energía de *band gap*. En las mediciones de fotocorriente, se pudo observar un comportamiento similar de las muestras con y sin nanotubo, pero en las pruebas de espectroscopia de impedancia electroquímica utilizadas para obtener la gráfica de Mott-Schottky, se observó un desplazamiento positivo del potencial de banda plana (*flat band potential*) en la muestra con nanotubos, indicando una mejora en la transferencia electrónica. En las pruebas de fotodegradación, ambos materiales tuvieron comportamientos similares.

CONCLUSIONES

La incorporación de nanotubos de carbono a la matriz de TiO₂ mejoró tanto las propiedades fisicoquímicas como las fotoelectroquímicas del propio titanio, al haber un incremento en el área superficial, ancho de banda del semiconductor y un desplazamiento positivo del potencial de banda plana, indicando una mayor presencia de sitios activos y mayor facilidad en la movilidad de los electrones fotogenerados en el material.

REFERENCIAS

- [1] S. Ramos, et. al., *Sci. of the Total Environment*, **526**, 278, (2015).
- [2] T. Jiang, et. al., *Particuology*, **11**, 737 (2013).

Se agradece al Fondo "CONACyT-SENER-Sustentabilidad Energética" (Clave 254667) por el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto.

Análisis del número de transporte de cadmio y plomo de un extracto de suelos contaminados con jales mineros a través de una membrana comercial

EAM-O8

G. Vazquez Rodriguez^{1*}, D. Tirado Torres¹, J. C. Baltazar Vera², L. Alvarado², N. Ramírez Ramírez³, E. Delgadillo Ruiz¹, L. M. Torres Rodriguez⁴, A. Montes Rojas⁴.

¹Universidad de Guanajuato-Campus Guanajuato, División de Ingenierías-Depto. de Ing. Civil.

²Universidad de Guanajuato-Campus Guanajuato, División de Ingenierías-Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología.

³Universidad de Guanajuato-Campus Guanajuato, División de Ingenierías-Departamento de Ingeniería Geomática e Hidráulica.

⁴Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias Químicas.

*E-mail Responsable de la investigación: vazquez.g@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

La concentración de especies iónicas por electrodiálisis es un método de remediación ambiental importante. La electrodiálisis generalmente se usa para el tratamiento de soluciones que contienen dos o más iones, como en el caso de la desalinización de agua de mar, y tratamiento de aguas residuales de procesos metalúrgicos, así como de tratamiento de superficies. En algunos casos un ion particular debe ser removido de un efluente, por lo que la selectividad de la membrana de intercambio iónico es importante [1].

METODOLOGÍA

Los suelos fueron obtenidos de jales mineros de Villa de la Paz, S.L.P. Los extractos de la mezcla de iones fueron obtenidos mediante el contacto de las muestras de suelos con $MgCl_2$ 0.5 y 1 M. Las curvas de polarización y análisis cronopotenciometrico fueron obtenidas en un dispositivo de dos celdas elaborado con tubos de acrílico que contenía 25 mL de solución cada una. La membrana CMX fue colocada entre las dos celdas aplicando potencial progresivo con una fuente de poder. La diferencia de potencial fue registrada. El valor del número de transporte se obtiene de la pendiente de la curva y la ecuación de Sand [7-8].

RESULTADOS

Los resultados sugieren que la capa de difusión es más delgada en el suelo de referencia. Los valores altos en Ilim en los jales mineros, evidencia la presencia de una mezcla importante de iones. El número de

transporte fue mayor en suelos tratados con $MgCl_2$ 1M. La Figura 1 presenta el análisis cronopotenciometrico para la permeación de cadmio en jales acidificados a pH 4. Se observa que este elemento inicia el paso a través de la membrana a los 50 segundos observado mediante el cambio de inflexión en las curvas.

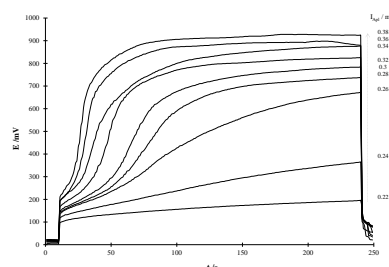


Figura 1. Análisis cronopotenciometrico de cadmio en un extracto a pH de 4.

CONCLUSIONES

El análisis permitió determinar la zona de transición en la que se pasa del agotamiento del contraíón en la capa de difusión. La carga fija de la membrana confiere propiedades selectivas en función al tamaño de la mezcla de iones extraídos de la muestra de suelo. Los resultados del análisis de corriente límite en la membrana reflejan la presencia de una mezcla de iones donde la capa de difusión es alterada.

REFERENCIAS

[1] Rubinstein, B. Zaltaman, Phys. Rev. E. Stat. Phys. Plasmas Fluids Relat. Interdisciplin. Top, **62**, 2238 (2000).

Estudio de la degradación de glifosato en medio acuoso mediante fotoelectrocatalisis empleando un electrodo de Diamante Dopado con Boro modificado con Dióxido de Titanio como fotoánodo

EAM-O9

P. J. Espinoza-Montero^{1*}, P. Alulema-Pullupaxi^{1,2}, L. Fernández¹

¹ Escuela de Ciencias Químicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Avenida 12 de Octubre 1076, Apartado, 17-01-2184 Quito, Ecuador

² Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Ladrón de Guevara E11-253, Apartado, 17-01-2759 Quito, Ecuador

*E-mail Responsable de la investigación: pepinoza646@puce.edu.ec

INTRODUCCIÓN

El glifosato es un herbicida que ha sido detectado en ecosistemas acuáticos cercanos a áreas agrícolas donde se usa ampliamente. La presencia de este contaminante en efluentes naturales es un problema de contaminación hídrica que afecta a la salud humana y el ambiente [1]. Por lo tanto, es fundamental el estudio de nuevas tecnologías que permitan resolver esta problemática. En este trabajo se estudió la degradación de glifosato en medio acuoso mediante fotoelectrocatalisis empleando un fotoánodo compuesto por un electrodo de diamante dopado con boro y depósitos de dióxido de titanio sobre éste, a escala de laboratorio.

METODOLOGÍA

El fotoánodo (TiO₂/DDB) se preparó usando oxisulfato de titanio como material precursor para formar una película de TiO₂ sobre el DDB, y se caracterizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía de dispersión de rayos X (EDS) y voltametría cíclica en una solución 2 mM de ferricianuro de potasio [2].

La degradación de glifosato (50 mg/L) se llevó a cabo en tres etapas, durante 5 horas: 1) Oxidación electroquímica (OE) en DDB, 2) FEC con TiO₂/DDB en oscuridad y 3) FEC con TiO₂/DDB irradiado con luz UV. El comportamiento de cada etapa se estudió a través de cromatografía líquida de alta resolución, carbono orgánico total, demanda química de oxígeno y la formación de iones nitrato, fosfato y amonio [3].

RESULTADOS

La caracterización por SEM y EDS evidenciaron la presencia de TiO₂ en el electrodo de DDB, el cual se formó en los intersticios de la estructura cristalina característica de estos electrodos. La voltametría cíclica evidenció que el fotoánodo posee una mejor

capacidad de oxidación debido al incremento del área electroactiva y a la fotocorriente generada por la activación del TiO₂ en el DDB.

En la Figura 1 se muestra que la FEC a 3 mA/cm² con el fotoánodo de TiO₂/DDB bajo luz UV es el proceso más eficiente; alcanzando un 99.5% de degradación y 83.6% de mineralización de glifosato, luego de 5 horas de tratamiento. Mientras que, la OE a 5 mA/cm² en DDB alcanzó un 91.1% de degradación y 62.0% de mineralización en el mismo tiempo de tratamiento. Además, la cinética de reacción de la FEC es de pseudo primer orden con una velocidad de reacción que permite incluso alcanzar una eficiencia de degradación mayor al 90% luego de 3 horas de tratamiento. Este comportamiento se atribuye al incremento de la cantidad de radicales hidroxilo ([•]OH) generados por la fotoexcitación de la película de TiO₂ formada sobre el DDB. Adicionalmente, la mineralización del contaminante se evidenció con la formación de iones nitrato, fosfato y amonio.

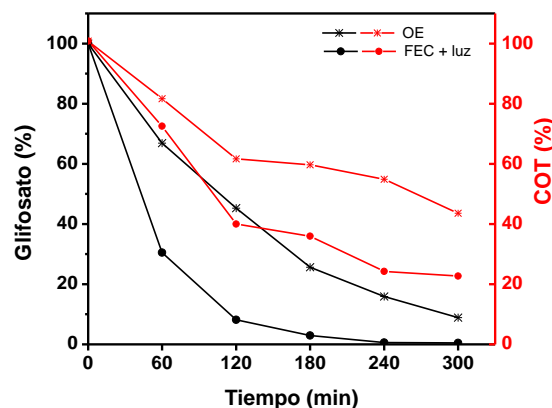


Figura 1. Degradación y mineralización de glifosato después de 5 horas de tratamiento.

CONCLUSION

El fotoánodo de TiO₂/DDB resultó ser eficiente

para la fotoelectro-degradación de glifosato en medio acuoso, debido a que la formación de una película de TiO_2 sobre el electrodo de DDB mejoró las propiedades morfológicas y electroquímicas del electrodo de DDB, superando así la eficiencia de degradación y mineralización obtenida por oxidación electroquímica en electrodos de DDB.

REFERENCIAS

[1] C. A. Villamar-Ayala, J. V. Carrera-Cevallos, R. Vasquez-Medrano, and P. J. Espinoza-Montero, 'Fate, eco-toxicological characteristics, and treatment processes applied to water polluted with glyphosate: A critical review', *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.*, **3389**, (2019).

[2] F. Espinola, R. Navarro, S. Gutiérrez, U. Morales, E. Brillas, and J. M. Peralta, 'A simple process for the deposition of TiO_2 onto BDD by electrophoresis and its application to the photoelectrocatalysis of Acid Blue 80 dye', *J. Electroanal. Chem.*, **802(July)**, 57, (2017).

[3] H. Rubí-Juárez, S. Cotillas, C. Sáenz, P. Cañizares, C. Barrera-Díaz, and M. A. Rodrigo, 'Use of conductive diamond photo-electrochemical oxidation for the removal of pesticide glyphosate', *Separation and Purification Technol.*, **167**, 167 (2016).

Caracterización electroquímica de una celda de combustible microbiana para la degradación de excipientes de medicamentos

EAM-O10

E. A. Enciso Hernández¹, M. Galván Valencia¹, V. Ávila Vázquez², S. M. Durón Torres¹

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencias Químicas, Campus Universitario Siglo XXI, Edificio 6, Carr. Zacatecas-Guadalajara Km 6, Ejido la Escondida C.P. 98160, Zacatecas, Zac.

²Instituto Politécnico Nacional -Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería campus Zacatecas, Blvd. El Bote 202 Cerro del Gato, Ejido La Escondida, Col. Cd Administrativa C.P. 98160, Zacatecas.

**E-mail Responsable de la investigación: serduro@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los contaminantes emergentes de mayor atención son los medicamentos en matrices acuosa, siendo los excipientes presentes en éstos los que están en mayor proporción, los excipientes usados en la industria farmacéutica son inertes, algunos llegan a representar un riesgo ambiental a organismos que viven en los lechos de ríos [1] y cuerpos embrionarios [2]. En el presente trabajo se detalla el proceso de elaboración y caracterización de una celda de combustible microbiana para la degradación de excipientes de medicamentos.

Las celdas de combustibles microbianas son consideradas una alternativa con mucho potencial en el tratamiento de aguas a las plantas de tratamiento tradicionales, puesto que estas no solo degradan los contaminantes presentes en aguas si no que a la vez permiten tener una ganancia energética en forma de energía eléctrica. En el presente trabajo se muestran los resultados de la caracterización de una CCM utilizando Pantoprazol, Naproxeno y Loratadina ya que sus presentaciones comerciales poseen un alto porcentaje en peso de excipientes, siendo este el sustrato objetivo a degradar en el proyecto [3].

METODOLOGÍA

El sistema de tratamiento consta de tres celdas con un volumen de 200 ml, las cuales se inocularon con suelo común, preinoculado durante 2 meses con concentraciones moderadas de los medicamentos con los excipientes a tratar.

Las celdas operaron en ciclos batch, iniciando la caracterización electroquímica mediante espectroscopia de impedancia electroquímica, cronoamperometrias, voltamperometrias cíclicas y lineares.

RESULTADOS

Las pruebas preliminares muestran que los electrodos desarrollados son capaces de degradar los excipientes de los medicamentos y el medicamento. En la Tabla 1 se observan los incrementos porcentuales de corriente que presentaron los bioelectrodos desarrollados al estar en presencia de los medicamentos a tratar.

Tabla 1. Incrementos porcentuales de corriente en los bioelectrodos desarrollados al entrar en contacto con los medicamentos a tratar.

Medicamento	700 mV	1000mV
Loratadina	725%	645%
Naproxeno	775%	565%
Pantoprazol	785%	750%

CONCLUSIONES

Las pruebas preliminares muestran un gran potencial para el tratamiento de excipientes de medicamento, con incrementos de potencia considerables, en voltajes relacionados a la oxidación de los excipientes y algunos medicamentos.

REFERENCIAS

- [1] C. Carlsson, A. K., Johansson, G., Alvan, K. Bergman, & T. Kühler, *Sci. Total Environ.* **364**, 88, (2006).
- [2] C. J. Yuan, & Y. Marikawa, *Food Chem. Toxicol.* **109**, 376, (2017).
- [3] B. E. Logan, *Microbial Fuel Cells.* (Wiley, 2008).

Degradación de anilinas industriales en un reactor tipo tanque agitado mediante procesos electroquímicos de oxidación avanzada

EAM-O11

J. M. Peralta-Hernández^{1*}, M. B. Corona-Bautista¹, A. R. Picos-Benitez¹

¹DCNE, Universidad de Guanajuato, Pueblito de Rocha, Guanajuato, C.P. 36040, México.

*E-mail Responsable de la investigación: juan.peralta@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la aparición de contaminantes que son resistentes a los tratamientos biológicos, físicos y químicos convencionales, junto con los requerimientos cada vez más estrictos por la nueva legislación, han provocado que muchas investigaciones se centren en el tratamiento de aguas residuales mediante procesos electroquímicos de oxidación avanzada (PEOA). Se sabe que procesos tales con la electro-oxidación (EO), electro-Fenton (EF) y fotoelectro-Fenton (FEF), usando electrodos de diamante dopado con boro (BDD) son tecnologías ambientalmente benignas y capaces de mineralizar materia orgánica completamente no biodegradable, esto gracias a su gran capacidad para generar radicales libres hidroxilo $\bullet\text{OH}$ [1].

METODOLOGÍA

Se utilizó un reactor tipo tanque agitado de 0.5 L para llevar a cabo la degradación de 50 y 80 mg/L de la anilina industrial Pardo SDI, en un medio de Na_2SO_4 0.05M. Se aplicaron tres diferentes PEOA, a saber, EO, EF y FEF. Se aplicaron varias intensidades de corriente entre 7 y 70 mA/cm². En los procesos tipo Fenton se burbujeo aire y se adiciono 0.5 mM de Fe_2SO_4 . Para valorar la disminución de color de la anilina industrial se realizaron determinaciones de UV-Vis y la degradación se evaluó mediante análisis de DQO [2].

RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos es posible

observar que el aumento en la densidad de corriente favorece la desaparición de color de la anilina. Cuando se estudió la degradación de 50 mg/L, con respecto a cada uno de los PEOA estudiados se alcanzó más del 95% de decoloración, siendo el FEF el proceso más eficiente $\text{EO} < \text{EF} < \text{FEF}$. Para el caso de la concentración de 80 mg/L se obtuvieron resultados similares [3].

CONCLUSIONES

Se comparó la decoloración y degradación de la anilina pardo SDI entre los diferentes procesos electroquímicos de oxidación avanzada de EO, EF y FEF, con base en los resultados se puede establecer que la degradación de los diferentes procesos ocurre de tal manera que $\text{EO} < \text{EF} < \text{FEF}$ para las densidades de corriente y concentración inicial de la anilina pardo SDI de 50 mg/L. Para densidades de corriente altas y concentración de Pardo SDI de 80 mg/L todos los procesos decoloran en un rango aproximado del 95-100%.

REFERENCIAS

- [1] S. Alcocer, A. Picos, A.R. Uribe, T. Pérez J.M. Peralta-Hernández, *Chemosphere*, **205**, 682, (2018).
- [2] M.O.A. Pacheco-Álvarez, A. Picos, T. Pérez-Segura, J.M. Peralta-Hernández, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **838**, 195, (2019).
- [3] A. Picos, J.M. Peralta-Hernández, *Water Science and Technology*, **78**, 925, (2018).

Degradación de la mezcla de colorantes de la industria de la tenería mediante procesos de oxidación avanzada

EAM-O12

J. M. Peralta-Hernández^{1*}, N. Bravo-Yumi¹, A. R. Picos-Benitez¹

¹DCNE, Universidad de Guanajuato, Pueblito de Rocha, Guanajuato, C.P. 36040, México.

*E-mail Responsable de la investigación: juan.peralta@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la creciente contaminación de efluentes de agua natural con colorantes industriales es un problema emergente que debe recibir la suficiente atención [1][2]. Se sabe que mineralizar este tipo de compuestos orgánicos persistentes es posible a través de procesos electroquímicos de oxidación avanzada (PEOAs), los cuales se basan en la producción in situ de radicales hidroxilo ($\bullet\text{OH}$) [3]. La electro-oxidación (EO), el electro-Fenton (EF) y el foto electro-Fenton (FEF) son PEOAs capaces de generar $\bullet\text{OH}$ para la mineralización de colorantes industriales[3]. En este trabajo se evalúa la remoción electroquímica de los colorantes industriales de los colorantes Violeta RL y Verde A mediante EO, EF y FEF.

METODOLOGÍA

Cada electrólisis se llevó a cabo en un reactor tipo tanque agitado (0.15 L) bajo condiciones galvanostáticas y con densidades de corriente de 25, 30 y 50 mA cm⁻². En el proceso de EO se utilizó como ánodo BDD (2 cm²) y acero inoxidable (3 cm²) como cátodo. Mientras tanto, para EF y FEF se empleó como ánodo y cátodo electrodos de BDD (2 cm²). Se evaluó la pérdida de color, la variación de la demanda química de oxígeno y la generación de ácidos carboxílicos resultado de la mineralización de los colorantes.

RESULTADOS

La remoción de color alcanzada fue cercana al 100 %, estableciendo una relación en la que el poder oxidante es mayor en el FEF, EO < EF < FEF. Mediante el análisis en HPLC se determinó la generación de ácidos carboxílicos de cadena corta, los cuales son compuestos intermediarios previos a la completa conversión de los compuestos orgánicos en CO₂. La Figura 1 muestra la evolución de los ácidos

carboxílicos encontrados en los ensayos efectuados.

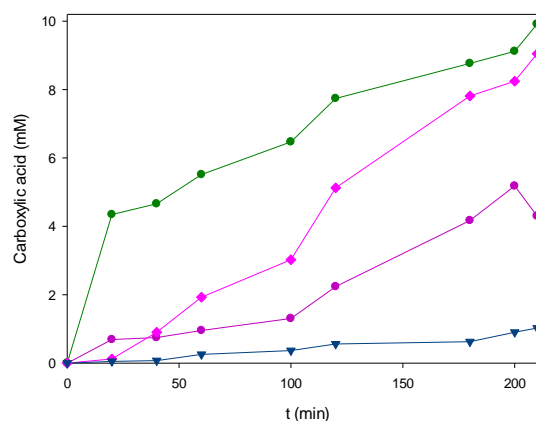


Figura 1. Evolución de la concentración de ácido oxálico, acético, succínico, fórmico, producidos durante la degradación de 35 mg L⁻¹ de la mezcla de Violeta RL y Verde A. Electrolito soporte 0.05 M de Na₂SO₄.

CONCLUSIONES

Mediante procesos electroquímicos de oxidación avanzada, llevados a cabo en un reactor tipo tanque agitado de 0.15 L, es posible para el tratamiento de soluciones de colorantes industriales. La remoción de color se produce con mayor rapidez en FEF, debido a la mayor producción de $\bullet\text{OH}$, resultado de la fotólisis de las especies de formadas con el Fe (III).

REFERENCIAS

- [1] C. Flox, C. Arias, E. Brillas, A. Savall, K. Groenenserrano, *Chemosphere*. **74**, 1340, (2009).
- [2] R.L. Singh, P.K. Singh, R.P. Singh, *Int. Biodeterior. Biodegrad.* **104**, 21, (2015).
- [3] M.O.A. Pacheco-álvarez, A. Picos, T. Pérezsegura, J.M. Peralta-Hernández, *J. Electroanal. Chem.* **838**, 195, (2019).

Uso de nanoestructuras de Si_{NWs} – Cu_{NPs} para la degradación fotocatalítica de Naranja de Metilo utilizando radiación visible

EAM-O13

Y. Casados Mexicano¹, M. R. García Robles, J. de Jesús Pérez Bueno^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C.

*E-mail Responsable de la investigación: jperez@cideteq.mx

INTRODUCCIÓN

La fotocatalisis se considera un proceso de oxidación avanzado capaz de convertir directamente la energía solar en energía química. Se basa en la degradación de contaminantes en la superficie de un fotocatalizador (semiconductor) excitado con energía radiante (visible o UV), lo que representa una estrategia atractiva para la generación de energía renovable y remediación ambiental. Sin embargo, la viabilidad de la fotocatalisis está limitada por su baja eficiencia en el rango de radiación visible y su baja estabilidad fotoelectroquímica que permite una fotocatalisis robusta. En la búsqueda de soluciones, se han desarrollado fotocatalizadores nanoestructurados, generalmente compuestos por un semiconductor para la absorción de luz, silicio (bandgap 1.14 eV), y catalizadores metálicos (Cu_{NPs}) para formar heterouniones (tipo Schottky u Ohmica) que facilitan las reacciones de reducción-oxidación deseadas. Investigaciones recientes han demostrado que la deposición de nanopartículas metálicas (Cu, Ag o Pt) en Si_{NWs} mejora el rendimiento fotocatalítico de estos [1].

METODOLOGÍA

Los Si_{NWs} se prepararon mediante el método de grabado químico asistido por metal, se realizó un proceso de limpieza con acetona, etanol y agua ultrapura. La oblea se sumergió en una solución de HF, a continuación, en una solución de HF/AgNO₃ y, posteriormente, en una solución de HF/H₂O₂ a una temperatura de 50°C. Finalmente, se realizó la deposición de Cu_{NPs}, vía electroless y vía PVD. La degradación de NM se llevó a cabo por medio de fotocatalisis heterogénea utilizando luz directa con radiación visible ($\lambda > 450$ nm) durante 150 min, mismas que se controló mediante la desintegración de

la banda de absorción correspondiente al grupo azo.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran la actividad fotocatalítica de las nanoestructuras realizadas, se evaluó el estudio cinético de la degradación del NM comparando los Si_{NWs} sin Cu_{NPs} y los Si_{NWs} con Cu_{NPs} depositadas vía PVD y vía electroless. La caracterización morfológica muestra la distribución de elementos a lo largo de los Si_{NWs} donde podemos observar que existe la presencia de dos heterouniones, entre Si-Ag y Si-Cu. El análisis mediante DRX muestra que las Cu_{NPs} desarrollan en superficie una capa de Cu₂O cristalino, de igual forma los espectros obtenidos en XPS muestran los elementos principales en las nanoestructuras como lo son: Si, Ag y Cu.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron las nanoestructuras deseadas de Ag_{NPs} - Si_{NWs} - Cu_{NPs}, las Cu_{NPs} se lograron depositar vía PVD y vía Electroless sobre la superficie de los Si_{NWs}. Se caracterizaron las superficies obtenidas dando como resultado que el largo de los Si_{NWs} es en promedio 45 μ m. Se demostró que la mayor eficiencia fotocatalítica la tuvieron las superficies con Cu_{NPs} depositadas vía Electroless. Se logró un 92% de decoloración de NM en un tiempo de 150 min bajo iluminación visible.

REFERENCIAS

[1] Robles, María & Perez Bueno, Jose & Syllas, Crista & Mendoza-López, María & Federico, Manriquez. (2019). Silver/Silicon nanowires/copper nanoparticles heterojunction for methyl orange degradation by heterogeneous photocatalysis under visible irradiation. MRS Advances. 1-6. 10.1557/adv.2018.641.

Evaluación del desempeño de procesos biológicos acoplados a un reactor electro-Fenton en el tratamiento descentralizado de agua residual sanitaria

EAM-O14

J. D. García-Espinoza, I. Robles, A. Rodríguez-García, F. J. Rodríguez-Valadez, A. Ramírez, L. A. Godínez*

Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. Querétaro, México.

*E-mail responsable de la investigación: lgodinez@cideteq.mx

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, 2600 millones de personas en el mundo viven en comunidades carentes de sistemas de abastecimiento de agua y estructuras para el saneamiento de sus desechos [1]. Por lo anterior, es imprescindible el desarrollo de sistemas sustentables de tratamiento de agua. En la presente contribución, se diseñó, construyó y evaluó un sistema de tratamiento de agua residual sanitaria integrado por procesos biológicos y electroquímicos. Dicho sistema estuvo conformado por un biodigestor anaerobio seguido de una etapa anaerobia-anóxica-aerobia para lograr la eliminación de materia orgánica y nitrógeno con producción simultánea de energía eléctrica en una celda de combustible microbiana (CCM). La subsecuente reducción de patógenos se logró en un novedoso reactor electroquímico empacado con carbón activado, en el cual se llevó a cabo la reacción de Fenton a través de la reacción de reducción de oxígeno en electrodos de tela de grafito generando H_2O_2 que, a su vez, reaccionó con iones Fe^{2+} soportados en las resinas de intercambio catiónico [2]. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de agua durante 220 d y validar la desinfección mediante inserción de un dispositivo electroquímico.

METODOLOGÍA

Se evaluó el desempeño del sistema utilizando agua residual sanitaria real. Se determinó la demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), así como el carbono orgánico total (COT), pH, conductividad eléctrica, temperatura, N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄, sólidos suspendidos totales (SST), coliformes fecales y huevos de helmintos.

RESULTADOS

El proceso no modificó el pH del agua tratada, además, se alternó la dirección del flujo y la polaridad

de los electrodos con la intención de que el Fe^{2+} permanezca en el sistema y así, la reacción de Fenton se genere ininterrumpidamente y el agua tratada sea libre de hierro [3]. Asimismo, la demanda de energía eléctrica requerida por todo el sistema fue suministrada por paneles fotovoltaicos. Se obtuvieron bajas concentraciones de materia orgánica en el efluente (106 ± 57 , 28 ± 12 y 24 ± 18 mg/L en términos de DQO, COT y DBO₅, respectivamente) y de nitrógeno total (129 mg/L), con eficiencias de remoción de N-NH₄ de 88 ± 9 %. El pH del agua tratada fue de 7.2 ± 0.2 , 1.8 ± 0.2 mS/cm de conductividad eléctrica y < 7.96 mg/L de SST. Además, se alcanzaron hasta 320 mV en la CCM. El reactor electroquímico aseguró la obtención de agua con < 1 huevos de helmintos/L y una reducción en la concentración de coliformes fecales.

CONCLUSIONES

Se diseñó, construyó y evaluó durante 220 d un sistema de tratamiento *in situ* de agua residual sanitaria integrado por procesos biológicos y electroquímicos. El tratamiento biológico remueve la materia orgánica, el nitrógeno y los sólidos, y el proceso electro-Fenton reduce la concentración de coliformes fecales y garantiza un efluente sin la presencia de huevos de helmintos. La tecnología propuesta es eficiente para implementarse en regiones carentes de instalaciones de saneamiento de agua.

REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, UNICEF Joint Water Supply & Sanitation Monitoring Programme (2015).
- [2] D. Fernández, I. Robles, F.J. Rodríguez-Valadez, L.A Godínez *Chemosphere*, **199**, 251 (2018).
- [3] Robles, I., Becerra, E., Barrios, J.A., Maya, C., Jiménez, B., Rodríguez-Valadez, F.J., García Espinoza, J.D., Godínez, L.A. *Chemosphere*, **250**, 126260, (2020).

Degradación de contaminantes emergentes por electro-Fenton empleando materiales de quitosano como soporte de nanopartículas de hierro

EAM-O15

J. P. Peña Jaramillo¹, E. D. Moreno Medrano^{1*}, M. G. Pérez García¹, J. B. Pelayo Vázquez¹, A. Gutiérrez Becerra¹, A. Medel Reyes²

¹Departamento de Ciencias Básicas y Aplicadas, CUTONALA, Universidad de Guadalajara.

²Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

*E-mail responsable de la investigación: edgar.mmedrano@academicos.udg.mx

INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua por contaminantes emergentes se ha convertido en un grave problema ambiental debido a causas, tales como: falta de una normatividad específica, consumo masivo, y la difícil degradación de estos contaminantes. En este sentido, los procesos de oxidación avanzada ofrecen una excelente alternativa de tratamiento [1]. Bajo estas tecnologías es posible generar radicales superoxidantes $^{\circ}\text{OH}$ capaces de degradar y llevar hasta la mineralización especies contaminantes. Los procesos de catálisis heterogénea electro-Fenton eliminan los problemas del Fenton tradicional como la adición de iones Fe^{2+} y el manejo y almacenamiento del peróxido de hidrogeno [2]. Esta investigación tiene como objetivo sintetizar materiales porosos de quitosano como soporte de nanopartículas de magnetita y emplearlos en un proceso de catálisis heterogénea electro-Fenton para la remoción de ciprofloxacina (CP).

METODOLOGÍA

En primer lugar, fueron sintetizados materiales porosos de quitosano a partir de emulsiones altamente concentradas tipo Pickering (PHIPes); para lo cual fueron añadidas nanopartículas de magnetita en diversas proporciones. Los materiales obtenidos se caracterizaron por microscopia óptica, SEM-EDS, IR, ICP y XRD. Para la electrogeneración del peróxido de hidrogeno se empleó una lámina de titanio platinizada como ánodo y un cátodo difusor de aire a diferentes densidades de corriente; el peróxido de hidrogeno fue cuantificado por UV-vis empleando oxisulfato de titanio. La generación de $^{\circ}\text{OH}$ fue cuantificada por espectroscopia de fluorescencia empleando coumarin. La degradación de CP fue seguida por UV-vis y por COT.

RESULTADOS

Para la síntesis de los materiales se emplearon PHIPes con formulaciones diversas hasta encontrar la más estable y de estructura porosa sobre la cual fuesen visibles las nanopartículas de magnetita. La electrogeneración de peróxido de hidrogeno se estudió empleando densidades de corriente de 50, 70 y 100 mA/cm^2 , analizando su influencia en la generación de peróxido de hidrogeno, generación de $^{\circ}\text{OH}$ y degradación de CP. En la figura 1 pueden observarse los efectos en la degradación de CP por efecto de a) radicales $^{\circ}\text{OH}$ generados en el ánodo y b) radicales $^{\circ}\text{OH}$ generados en el ánodo y peróxido de hidrogeno.

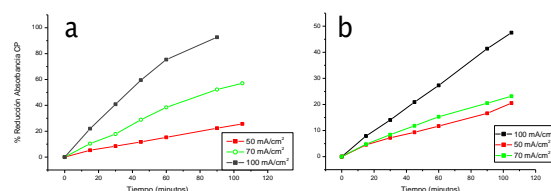


Figura 1. Degradación de CP.

CONCLUSIONES

Los materiales porosos de quitosano como soporte de nanopartículas de magnetita fueron sintetizados con éxito y empleadas satisfactoriamente para la degradación de CP.

REFERENCIAS

- [1] F. C. Moreira, R. A. Boaventura, E. Brillas & V. J. Vilar. *Applied Catalysis B: Environmental*, **202**, 217-261, (2017).
- [2] S. O. Ganiyu, M. Zhou & C. A. Martínez-Huitle. *Applied Catalysis B: Environmental*, **235**, 103, (2018).

Uso de nanoestructuras de Si_{NWs} con Cu_{NPs} y Co_{NPs} para la degradación fotocatalítica de Naranja de Metilo, Azul de Metileno y Rodamina 6G mediante radiación visible

EAM-O16

Y. Casados Mexicano¹, O. A. Cárdenas Cortez¹, J. de J. Pérez Bueno^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, S. C.

*E-mail Responsable de la investigación: jlperez@cideteq.mx

INTRODUCCIÓN

La fotocatalisis heterogénea con semiconductores nanoestructurados se convierte en una técnica innovadora y prometedora para tratar las aguas residuales debido a sus estructuras y propiedades únicas. Este es el caso de los nanocables de silicio [1], una nanoestructura que ha demostrado ser un fotocatalizador eficaz para la oxidación de colorantes orgánicos y moléculas aromáticas, que exhiben una mayor eficiencia si están decoradas con nanopartículas metálicas.

Los óxidos de cobalto (CoO y Co₃O₄), entre otros óxidos como TiO₂, ZnO o CuO, se han investigado profusamente sobre sus actividades catalíticas en la degradación oxidativa de contaminantes orgánicos [2]. Este trabajo consiste en depositar Co para obtener Co_{NPs} en los Si_{NWs} para causar una reducción de los tintes orgánicos mediante fotocatalisis con irradiación visible. Los colorantes orgánicos estudiados fueron naranja de metilo, azul de metileno y rodamina 6G en una concentración de 20 ppm.

METODOLOGÍA

Los Si_{NWs} se prepararon mediante el método de grabado químico asistido por metal, se realizó un proceso de limpieza con acetona, etanol y agua ultrapura. La oblea se sumergió en una solución de HF, a continuación, en una solución de HF/AgNO₃ y, posteriormente, en una solución de HF/H₂O₂ a una temperatura de 50°C. Finalmente, se realizó la deposición de Cu_{NPs} y la deposición de CoO, vía electroless. La degradación de NM, AM y R6G se llevó a cabo por medio de fotocatalisis heterogénea utilizando luz directa con radiación visible ($\lambda > 450$ nm) durante 150 min, mismas que se controló mediante la desintegración de la banda de absorción correspondiente a cada grupo.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos muestran la actividad fotocatalítica de las nanoestructuras realizadas, se evaluó el estudio cinético de la degradación del NM, AM y R6G comparando los Si_{NWs} con Cu_{NPs} y Co_{NPs} depositados vía electroless. La caracterización morfológica muestra la distribución de elementos a lo largo de los Si_{NWs} donde podemos observar que existe la presencia de dos heterouniones, entre Si-Ag, Si-Cu y Si-CoO.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron las nanoestructuras deseadas de Ag_{NPs} - Si_{NWs} - Cu_{NPs} y Co_{NPs}. El análisis EDS confirmó la presencia de Co en las muestras (oxidadas) y la presencia de Cu. Los análisis XPS de Si_{NWs}-Co_{NPs} muestran que el depósito de Co no fue metálico, sino como Co_{NPs}. En el caso de NM, se descubrió que los Si_{NWs}-Co_{NPs} tienen una cinética de degradación muy lenta. En AM y R6G se mostró que no hubo degradación de las moléculas de tinte durante las pruebas, en cambio, hubo adsorción y desorción de ellas. El fotocatalizador más eficiente fue Si_{NWs}-Cu_{NPs}.

REFERENCIAS

- [1] Amdouni, S., Cherifi, Y., Coffinier, Y., Addad, A., Zaïbi, M.A., Oueslati, M., Boukherroub, R. (2018), "Gold nanoparticles coated silicon nanowires for efficient catalytic and photocatalytic applications", *Mat. Sci. Semicond. Process.*, **75**, 206. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2017.11.036>
- [2] Akram, N., Guo, J., Ma, W., Guo, Y., Hassan, A., Wang, J. (2020), "Synergistic Catalysis of Co(OH)₂/CuO for the Degradation of Organic Pollutant Under Visible Light Irradiation", *Sci. Rep.*, **10**(1), 1939. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59053-9>

Implementación de un prototipo de celda de electrorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos

EAM-O17

J. J. Flores Hernández¹, V. Ávila Vázquez¹, M. M. Aguilera Flores¹

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. Tels. 01-492-92-42-419, 01-492-92-55-998 1

*E-mail Responsable de la investigación: jfloresh1602@alumno.ipn.mx

INTRODUCCIÓN

La electrorremediación, es una tecnología en desarrollo que aprovecha las propiedades conductivas del suelo, cuyo objetivo es separar y extraer contaminantes de suelos, con el uso de un campo eléctrico que permite remover las especies cargadas, entre un electrodo positivo y uno negativo saturando la matriz generalmente con agua o algún otro líquido con una sal que actúe como medio iónico [1]. El tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos de fracción pesada con esta tecnología es posible mediante la adición al suelo de compuestos tensoactivos, para la formación de micelas que faciliten el transporte del contaminante [2].

METODOLOGÍA

Se realizó la caracterización fisicoquímica de la muestra de suelo siguiendo las metodologías establecidas por la NOM-021-SEMARNAT-2000. Posteriormente, se establecieron 3 etapas de tratamiento de la muestra de suelo contaminada, en una celda, a un voltaje constante de 30 V, mismas que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de los experimentos

	1	2	3
Prueba	NaOH 0.5 M - Tritón X-100 5%	NaOH 0.05 M - Tritón X-100 5%	Na ₂ SO ₄ 0.2 M - Tween 20 5%

Cada prueba se montó por un período de 5 días, para una muestra de suelo contaminada con 20,000 mg/kg de hidrocarburos de fracción pesada, en donde se monitorearon diariamente parámetros como pH e intensidad de corriente, para finalmente evaluar la concentración final de hidrocarburos siguiendo lo

establecido por la NMX-AA-134-SCFI-2006.

RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los resultados del monitoreo de la intensidad de corriente de las 3 pruebas realizadas.



Figura 1. Intensidad de corriente

En cuanto a la concentración de hidrocarburos, al término de cada tratamiento se evaluó con base en la NMX-AA-134-SCFI-2006, obteniendo un porcentaje de remoción final de 46.7%.

CONCLUSIONES

Se encontró que la combinación de soluciones electrolíticas en bajas concentraciones con tensoactivos iónicos, propician la migración de

contaminantes apolares como los hidrocarburos de fracción pesada.

REFERENCIAS

- [1] G. Alba López. *Estudio comparativo de tres diferentes métodos de remediación de suelo tipo Gleysol contaminado por hidrocarburos*. Centro de Investigación de Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C (CIDETEQ). Pedro Escobedo, Querétaro. (2011).
- [2] R. Estabragh, M. Lahoori, A.A. Javadi, J. Abdollahi, *Effect of a surfactant on enhancing efficiency of the electrokinetic method in removing anthracene from a clay soil*. Journal of Environmental Chemical Engineering. (2019).

Análisis de la generación de cloro activo y del potencial de generación de radicales hidroxilo de un electrodo de Ti/SnO₂-Sb₂O₅-RuO₂

EAM-P1

G. C. López Ojeda^{1*}, A. M. Hernández González¹, W. Huerta Arellano¹,
A. Durán Moreno¹

¹Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

*E-mail responsable de la investigación: gonzalo.lopez@informatica.fquim.unam.mx

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se estudió el desempeño de un electrodo dimensionalmente estable recubierto con óxidos de estaño, antimonio y rutenio, empleado para el tratamiento de aguas residuales, en relación a su capacidad para electro-generar especies oxidantes tales como “cloro activo” al usar NaCl como electrolito soporte [1] y el radical hidroxilo (OH[•]) [2]. Se caracterizó por medio de microscopía electrónica de barrido y voltamperometría cíclica. Para la cuantificación de los radicales OH[•], fue utilizado un método espectro-fotométrico UV [3], empleando ácido salicílico como agente de captura y analizando la generación de dos subproductos (2,3-DHBA y 2,5-DHBA).

METODOLOGÍA

El electrodo de Ti/SnO₂-Sb₂O₅-RuO₂ se sintetizó con una malla de titanio, con precursores de SnCl₂, SbCl₃ y RuCl₃xH₂O. La cantidad de cloro activo se determinó por la disminución de la concentración de Cl⁻ por medio de la valoración con AgNO₃. Para la cuantificación del potencial de generación de radicales hidroxilo se prepararon estándares de ácido salicílico, 2,3-DHBA, 2,5-DHBA y se analizaron las absorbancias por medio de espectroscopia UV para cada compuesto individual, así como la mezcla durante la reacción de oxidación a los potenciales de 4, 6 y 8 V.

RESULTADOS

Los resultados de conversión de cloro activo fueron, a pH de 2, un máximo de 58%; con el valor de pH de 7, la conversión lograda fue del 35%; para el experimento a pH de 12, la conversión solo fue del 4%. En cuanto al potencial de generación de radicales hidroxilo, se planteó un sistema de ecuaciones con la ley de Lambert-Beer para calcular las concentraciones de cada componente y se graficó.

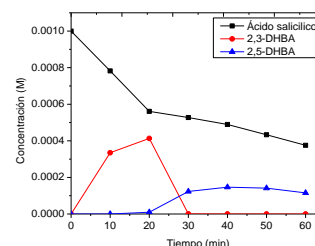


Figura 1. Concentraciones relativas de ácido salicílico, 2,3-DHBA y 2,5-DHBA

En la prueba a $\Delta V = 8V$, se generaron tanto el 2,3-DHBA como el 2,5-DHBA. El primero aparece desde el inicio del experimento para desaparecer a partir del minuto 30. El 2,5-DHBA se formó después, disminuyendo su concentración paulatinamente pasado el minuto 40. El potencial de formación de radicales del ánodo fue de 4.1×10^{-5} mol/Lmin.

CONCLUSIONES

Utilizando NaCl como electrolito soporte, se observó que la concentración de cloro activo fue función del pH del medio, logrando una mayor cantidad transformada mientras menor fue el valor de pH. En los experimentos de cuantificación del potencial de generación de radicales hidroxilo, se encontró que la generación de los subproductos de 2,3-DHBA y 2,5-DHBA fue función de la diferencia de potencial aplicada y su aparición fue consecutiva, no simultánea.

REFERENCIAS

- [1] P. Cañizares, C. Sáez, A. Sanchez Carretero, M. A. Rodrigo, *Journal of Applied Electrochemistry* **39**, 2143 (2009).
- [2] Ch. Comninellis, V. Schaller, O. Simond, *Electrochimica Acta* **42**, 2009 (1997)
- [3] E. Peralta, G. Roa, J. A. Hernandez Servin, R. Romero, P. Balderas, R. Natividad, *Electrochimica Acta* **129**, 137 (2014)

Desarrollo de un electrodo modificado con pimienta xantada y hierro para la determinación de arsénico en medio acuoso

EAM-P2

G. Barrita Cruz¹, G. Roa Morales^{1*}, P. Balderas Hernández¹, R. M. Gómez Espinosa¹
y M. T. Ramírez Silva².

¹ Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEM-UNAM. Carretera Toluca-Atlacomulco, Km 14.5. C.P. 50200, Toluca, Estado de México, México.

² Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Avenida San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, 09340 Iztapalapa, CDMX.

*E-mail Responsable de la investigación: gabyroam@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El arsénico es un elemento tóxico que afecta seriamente la salud humana, cuando este excede el límite máximo permisible de 10 µg/L en agua potable recomendado por la Organización Mundial de la Salud [1]. Uno de los principales problemas de la detección electroquímica de arsénico es su reducción electroquímica irreversible en la superficie del electrodo. Así mismo, se ha recurrido a la modificación de electrodos de pasta de carbón (EPC) con FeO, debido a que el uso de compuestos de hierro ha mitigado la irreversibilidad del proceso de reducción de arsénico en medio acuoso [2]. De igual manera el uso de residuos orgánicos se ha utilizado con anterioridad como biosorbentes de metales pesados mostrando buenos resultados de detección y remoción [3].

Por lo que en este trabajo tiene la finalidad de obtener un EPC modificado con residuos de pimienta con partículas de hierro para detectar arsénico en medio acuoso.

METODOLOGÍA

Las soluciones utilizadas fueron preparadas con agua desionizada y reactivos grado analítico.

Modificación de sustrato para modificar los electrodos. La pimienta se lava y se modifica con NaOH y CS₂ para xantación. Posteriormente, a la pimienta xantada se le incorporación de hierro. Elaboración de EPC con pimienta (EPCP), pimienta xantada (EPCX) y pimienta xantada con hierro (EPCXFe), mismos que se caracterizan por voltamperometría cíclica, en un sistema de tres electrodos, tomando como referencia Ag/AgCl y medio electrolítico de HCl 0.1 M.

RESULTADOS

En los voltamperogramas cíclicos que se muestran en la figura 1 se observan los procesos electroactivos del electrolito soporte para el caso del electrodo modificado con pimienta y hierro (línea naranja) y el mismo con concentraciones de arsénico de 1 a 5 ppm. Se observa el incremento de la intensidad de corriente, tanto en el proceso de oxidación como en el de reducción, en potenciales 0.8 V y 0.18 V respectivamente, de acuerdo con el incremento de la concentración de arsénico.

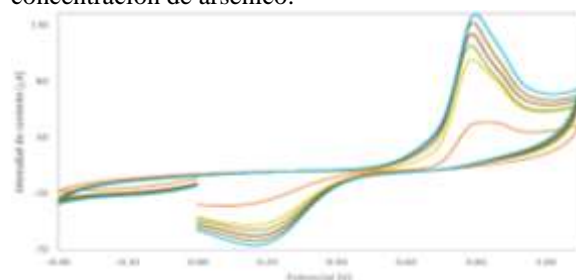


Figura 1. VC de As (III) con EPCXFe, barridos iniciados en sentido anódico $E_i=0$, $v=100$ mV/s.

CONCLUSIONES

Mediante la modificación de electrodos de pasta de carbono con pimienta xantada con hierro es posible obtener respuesta electroanalítica a la presencia de arsénico en solución acuosa.

REFERENCIAS

- [1] WHO, *Guidelines for Drinking-Water Quality*, p. 338, WHO, Malta, (2011).
- [2] E. Toral, *Boletín del Grupo Español del Carbón*, **6**, 2, (2017).
- [3] A. Acuña, *Tecnología en Marcha*, **29**, 23, (2016).

Cuantificación de iones cobre (II) sobre carbono vítreo y nanotubos de carbono de capa múltiple

EAM-P3

L. S. López Díaz¹, M. Galicia^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

*E-mail Responsable de la investigación: monica.galicia@uacj.mx

INTRODUCCIÓN

El Cobre (Cu) aunque se considera oligoelemento de los seres vivos, es uno de los metales pesados más utilizados a nivel mundial por la industria metalúrgica. Se ha estimado que por año existe una contaminación de 3.4 millones de toneladas de cobre, lo que a la larga puede llegar a provocar daños irreparables tanto en ecosistemas como en la salud humana. El cobre está fuertemente ligado como factor causal de cáncer de riñón e hígado [1]. Asimismo, existen diferentes normas de monitoreo ambiental las cuales indican los límites máximos permisibles de Cu en agua, así como su monitoreo y diagnóstico en cuerpos de agua. Los sensores electroquímicos posibilitan la detección y cuantificación precisa y exacta, de forma más accesible y portátil y de bajo costo [2].

METODOLOGÍA

Se realizó la modificación de electrodo de carbón vítreo con nanotubos de carbono. Se prepararon soluciones patrón conteniendo al ion Cobre (II) y se midieron las concentraciones asociadas a la corriente medida con la técnica de voltamperometría de onda cuadrada, SWV. Finalmente, se realizó el análisis estadístico para conocer el límite de cuantificación y de detección del electrodo y conocer el rendimiento de dichos electrodos

RESULTADOS

Se obtuvieron los siguientes datos con el electrodo de grafito vidriado sin modificar: límite de detección (LDD): 0.386768 ppm y de cuantificación (LDC): 1.28922 ppm. Con el electrodo modificado se los siguientes datos: límite de detección (LDD): 0.54700 ppm y límite de cuantificación de (LDC): 1.23396 ppm.

CONCLUSIONES

La modificación del electrodo no causa un mejoramiento respecto a la selectividad de cobre, pero

se observó la formación de precipitado de cobre por una estabilidad electrónica respecto a las cargas presentes en los iones de cobre.

REFERENCIAS

- [1] Boiteau, G., Lynch, D. H., and Mackinley, P. *Environmental Pollution*, **159(4)**, 903, (2011).
- [2] Romero-cano, L. A., Zárate-guzmán, A. I., Carrasco-marín, F., and González-gutiérrez, L. V. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **837(1)**, 22, (2019).

Análisis de Estabilidad de Suspensiones de Nanopartículas de Plata por Voltametría/Espectroscopia-Óptica

EAM-P4

R. Mayen-Mondragon¹, M. Navarrete^{2*}, J. Genesca-Llongueras¹

¹ Facultad de Química, ² Instituto de Ingeniería,

Polo Universitario de Tecnología Avanzada, Universidad Nacional México, Vía de la Innovación 420, Autopista Monterrey Aeropuerto Km 10, PIIT, Apodaca, N. L. 66629, México

*E-mail Responsable de la investigación: mmm@pumas.iingen.unam.mx

INTRODUCCIÓN

Actualmente se están buscando métodos eficientes y económicos para la detección y eliminación de nanopartículas metálicas (NPs) de los sitios naturales. Un factor importante para el desarrollo de dichos métodos es la caracterización de las NPs y el estudio de su estabilidad en diferentes medios. Para esto se requiere la combinación tanto de métodos ópticos (determinación del plasmón de superficie, PS), como de métodos electroquímicos (voltametría) y así correlacionar la relación tamaño/forma-longitud de onda de las NPs. Los métodos electroquímicos como electrólisis, incluso, pueden aplicarse para la remediación ambiental de dichas NPs.

METODOLOGÍA

Se sintetizan nanopartículas de plata a partir de soluciones acuosas de nitrato de plata, citrato de sodio y borohidruro de sodio, irradiando durante 24 h con una fuente de luz blanca (1000 lx). Se seleccionan 7 coloides y se caracterizan por sus espectros de emisión (UV-vis). El tamaño y forma de las NPs se determina con un modelo matemático a partir de la posición del pico principal del espectro. Se someten los coloides a voltametría cíclica usando un electrodo de trabajo de acero inoxidable. Los coloides se almacenan 6 meses en la obscuridad y se vuelven a caracterizar tras ese tiempo. Se someten los coloides a una serie de pruebas de electrólisis, exposición a luz del sol y calentamiento, para desestabilizarlos.

RESULTADOS

La Fig. 1 es una fotografía de los siete coloides seleccionados. La Fig 2 muestra el desplazamiento del pico de reducción (primer segmento de reducción del voltamograma), en función de la forma/tamaño y

condiciones de superficie de las NPs. El desplazamiento del pico se correlaciona al tamaño principalmente.



Figura 1. Fotografía de los 7 coloides con su nomenclatura.

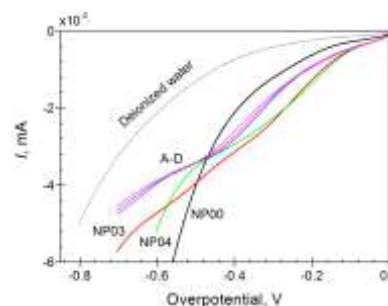


Figura 2. Primer segmento de reducción del voltamperograma de las muestras; A-D) NP15; NP26; NP32; NP12.

CONCLUSIONES

La combinación de voltametría y espectroscopia óptica permite caracterizar coloides acuosos de nanopartículas de plata, además de estudiar su estabilidad con miras a remediación ambiental

REFERENCIAS

[1] M. Navarrete, et. al., *Applied Optics.*, (2020). Aceptado: 04/02/2020.

Caracterización electroquímica de biomasa modificada para la reducción de Cromo en solución con electrodos de pasta de carbono

EAM-P5

B. Jiménez Pineda¹, P. Balderas Hernández^{1*}, G. Roa Morales, C. E. Barrera Díaz¹, J. Cruz Olivares¹

¹ Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable (CCIQS) UAEM-UNAM.

*E-mail Responsable de la investigación: groam@uaemex.mx; gabyroam@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El cromo es uno de los elementos que pueden encontrarse en las aguas residuales procedentes de una gran variedad de procesos industriales. Su toxicidad depende del estado de oxidación y concentración en que se encuentra, siendo de especial importancia la eliminación de cromo hexavalente presente en los sistemas acuosos, por su reconocido carácter cancerígeno. La población está expuesta al cromo (en general al cromo III) por el consumo de alimentos, agua potable y el aire que contiene la inhalación de productos químicos. La ingesta diaria promedio del aire, del agua y los alimentos se estima entre 0.2 a 0.4 microgramos.[1]

Para poder realizar la reducción Cr (VI) a Cr (III) en agua de se utilizó pimienta dioica L. Merrill, la cual se modificó con Fe para poder realizar el proceso de reducción de dicho anión.[2]

METODOLOGÍA

Modificación de residuos de pimienta por la reacción de Xantación y con partículas de hierro soportadas en el dicho material Biosorbente. Pruebas de contacto tipo Batch (condiciones: cantidad de biomasa (10 y 20 mg) y concentración de Cr (VI) (1y 5 mg/L)).

Elaboración de electrodo modificado con pimienta modificada antes y después de las pruebas de contacto para caracterizarlos por voltamperometría cíclica.

RESULTADOS

El sistema de trabajo en sistema Batch alcanzo remociones considerables, mayores al 90%, teniendo en cuenta los diferentes tipos de pimienta utilizada.

El uso de electrodos modificados por pimienta y Fe se realizó para la determinación de Cr (VI) obteniendo buenos resultados y señales analíticas para

las determinaciones posteriores.

Tabla 1. Resultados obtenidos del sistema tipo Batch con diferentes concentraciones de material Biosorbente.

Experimento	qe (%)
Pimienta de partícula grande sin modificar (10 mg)	49
Pimienta de partícula pequeña sin modificar 20mg)	50
Pimienta de partícula grande sin modificar (20 mg)	43
Pimienta de partícula pequeña modificada por Xantación (10 mg)	62
Pimienta de partícula grande modificada por Xantación (10 mg)	39
Pimienta de partícula pequeña modificada por Xantación (20 mg)	60

Los electrodos preparados con la biomasa antes del tratamiento presentaron una señal de oxidación en un Epa=0.8V asociado a las partículas de hierro y que ya no muestra después del tratamiento.

CONCLUSIONES

La elaboración de electrodos modificados por pimienta Xantada y Fe, resulta ser un novedoso y excelente método para evaluar la reducción de Cr (VI) en soluciones acuosas antes y después del tratamiento.

REFERENCIAS

- [1] Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996. Consultado en línea: (10-febrero-2020), <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3295/1/nom-002-semarnat-1996.pdf>
- [2] Teresa Torres-Blancas, et. al., International Journal of Photoenergy, N/E, 55.
- [3] Tapia N. "Adsorción y Biosorción, mecanismo y principales modelos para describir el fenómeno de biosorción", Proyecto Palma PUCP, 3,5 y 6 de agosto 2002,35-50.

Tratamiento de agua proveniente de un cuerpo de agua contaminado aplicando un proceso de Oxidación Avanzada

EAM-P6

J. Bastida Vázquez¹, G. Roa Morales^{1*}, P. Balderas Hernández¹, R. M. Gómez Espinosa¹, R. Natividad Rangel.

¹Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable. Carretera Toluca- Atlacomulco Km 14.5, Unidad San Cayetano, 50200 Toluca de Lerdo, Méx. 1.

*E-mail Responsable de la investigación: gabyroam@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural que se está agotando por lo que debemos ser conscientes de su uso, recuperación y reutilización. En las últimas décadas se ha incrementado la contaminación del agua derivado del crecimiento poblacional y del aumento en las actividades industriales. [1]

Se han realizado investigaciones utilizando diferentes técnicas de tratamiento de agua con la finalidad de mejorar la calidad de la misma, entre ellas están: filtración, coagulación, floculación, oxidación activa, electrooxidación, dichas técnicas tienen diferentes ventajas y desventajas, aunque en la actualidad ninguna de ellas tiene la robustez suficiente para eliminar el total de componentes encontrados en aguas residuales. [2] [3]

Las muestras de agua de este estudio provienen de un cuerpo de agua de la población de San Cayetano de Morelos, Toluca, Estado de México, como tratamiento se usa un sistema electroquímico con electrodos de diamante dopados con Boro (DDB).

METODOLOGÍA

Toma de muestra: 19.385054,-99.701750

Caracterización antes y después del tratamiento del agua con de Carbono Orgánico Total (TOC) y Cromatografía de Iones.

Las condiciones del ensayo fueron: Fase móvil de NaOH 30 mM, flujo de 1.5 mL/min con un detector de conductividad, la columna que se uso fue una IonPac AS11-CH.

Tratamiento electroquímico con electrodos de Diamantes Dopados con Boro (DDB). Se ajusta la

conductividad con Na₂SO₄ 0.05 M para aplicar 3 A durante 60 min.

RESULTADOS

El análisis de iones del agua inicial se identificaron Cloruros, Sulfatos, Nitratos y Fosfatos, en concentraciones menores a 50 ppm, un valor de COT de 41.50 mg/L y de Nitrógeno total de 8.67mg/L. Por medio de la electrooxidación en las condiciones mencionadas se logró eliminar el color en el agua y así mismo se redujo considerablemente la presencia de cloruros.

CONCLUSIONES

A través de la acción electroquímica se pueden remover componentes orgánicos e inorgánicos de la muestra de agua, así mismo dependiendo de la naturaleza de los contaminantes es posible remover la coloración presente en dicha muestra. Es necesario continuar con la identificación de las sustancias o moléculas presentes en el agua para realizar su completa remoción y obtener agua de una mejor calidad.

REFERENCIAS

- [1] M. Mendizabal, 2010, *Contaminación del agua*, Revista Virtual REDESMA, **4(2)**, (2010).
- [2] M. Massoudinejad, M. Mehdipour-Rabori, M. H. Dehghani. *J Adv Environ Health Res*; **3(4)**, 242 (2015)
- [3] V. K. Gupta, I. Ali, T. A. Saleh, and S. Agarwal, "Chemical treatment technologies for waste-water recycling—an overview," pp. 6380–6388, (2012).

Diseño de una planta de tratamiento de residuos cianurados para la industria de la recuperación de plata

EAM-P7

M. L. Álvarez Benito¹, N. Casillas Santana^{1*}, E. E. Meillón Rivera²,
A. G. González Gutierrez¹

¹Departamento de Química, ²Departamento de Ingeniería Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Boulevard Marcelino García Barragán #1421, Col. Olímpica, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430, México

*E-mail Responsable de la investigación: ncasa@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El cianuro es el agente lixiviante más empleado en la industria de recuperación de metales preciosos, dada su elevada capacidad complejante. La cianuración involucra la lixiviación del metal procedente del mineral molido, o depositado sobre carbón activado, empleando una solución alcalina de cianuro de sodio de baja concentración (0.2 N). Estos procesos de lixiviación requieren de plantas de tratamiento de sus desechos cianurados, para evitar daños al medio ambiente. Dentro de los métodos más utilizados en la industria de electrorecuperación de metales, el método de cloración y la oxidación electrolítica son los más utilizados [1-3].

En este trabajo se presenta el diseño y optimización de una planta de tratamiento de residuos cianurados, a base de ClO^- , provenientes de la recuperación de Ag depositada sobre carbón activado de una industria minera local. Así como la valoración de la electrorecuperación de otros metales presentes en los residuos cianurados, que incluyen: Zn, Cu y Fe.

METODOLOGÍA

1. Recolección de muestras.
2. Caracterización de las muestras de lixiviado:
 - Método de Liebig
 - Titulación amperométrica de ClO^-
3. Balance de materia y energía para determinar la cantidad necesaria de ClO^- para eliminar el CN^- .
4. Diseño y optimización de la planta de tratamiento de los residuos cianurados del lixiviado de Ag.
5. Identificación y cuantificación de metales por Espectroscopia de absorción atómica (EAA) y voltamperometría cíclica.

RESULTADOS

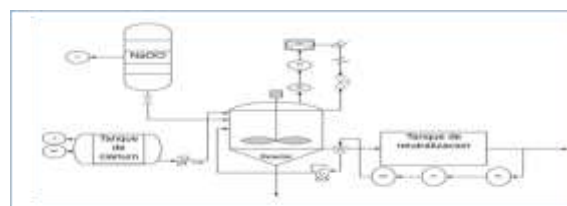


Figura 1. Diagrama esquemático de la planta de tratamiento de desechos cianurados.

Tabla 1. Identificación de metales por EAA.

	Muestra líquida				Muestra Sólida
Metal	Zn	Cu	Fe	Ag	Cu
Contenido (ppm)	42.5	84.7	171.7	ND	5044

CONCLUSIONES

La planta de tratamiento propuesta permite eliminar el CN^- de residuos cianurados provenientes de la lixiviación de Ag de carbón activado. El análisis de los metales remanentes en los lixiviados sólidos y líquidos insta al diseño e implementación de un proceso adicional de electrorecuperación.

REFERENCIAS

- [1] F. Nava, Alonso., E. Elorza, Rodríguez., R. Pérez, Garibay., A. Uribe, Salas., *Revista de metalurgia*, **43**, 20 (2007).
- [2] B. Fernández Pérez, *Tesis doctoral*, p. 37, (2007).
- [3] J. Guerrero., *El ingeniero de minas*, **10**, 22, (2005)

Tratamiento electroquímico para la remoción de Cr, Hg y Ag en residuales líquidos contaminados

EAM-P8

I. M. Gerón García¹, G. Macedo Miranda¹, G. Roa Morales², P. Balderas Hernández²,
S. Martínez Gallegos¹, M. Manjarréz Olvera¹.

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Toluca.

² Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable UAEMex - UNAM

*E-mail Responsable de la investigación: mmacedom@toluca.tecnm.mx

INTRODUCCIÓN

El crecimiento industrial y los cambios en los procesos de fabricación han dado lugar a una mayor cantidad de volumen de aguas residuales. Muchos de los procesos tradicionales y novedosos se han modificado para eliminar la diversidad de compuestos químicos y metales contaminantes [1]. Actualmente los residuales líquidos de DQO no reciben ningún tipo de tratamiento a excepción del almacenamiento final y se generan aproximadamente un 120 L en un año, en un laboratorio ambiental [2]. Electrodeposición en una de las técnicas más utilizadas en el proceso de reducción de iones metálicos sobre un cátodo electroquímica [3]. En este trabajo se estudio la eliminación de Hg, Ag por electrodeposición y la reducción de Cr (VI) en residuos de DQO utilizando electrodos de Cu.

METODOLOGÍA

Tratamiento electroquímico

Se lleva a cabo en una celda electroquímica, con electrodos de Cu-Cu aplicando $I = 0.7$ durante 30 min. Se utilizaron reactivos analíticos y agua desionizada para preparar soluciones estándar de los iones metálicos estudiados.

Caracterización de los residuales líquidos de DQO

Se identificó la presencia de los metales Ag, Cr y Hg y Cu en los residuales de DQO tratados mediante voltamperometría cíclica y la cuantificación por voltamperometría diferencial de pulso VDP.

RESULTADOS

Las caracterizaciones de los metales Cr, Ag, Hg, Cu se realizaron con voltamperometría cíclica, mostrando los Epa en 0.455, 0.445, 0.125 V vs Ag/AgCl, respectivamente. En la voltamperometría diferencial de pulso se puede observar de manera cualitativa la disminución de los metales Ag y Hg al inicio y final del tratamiento, así como el aumento del Cu, figura 1.

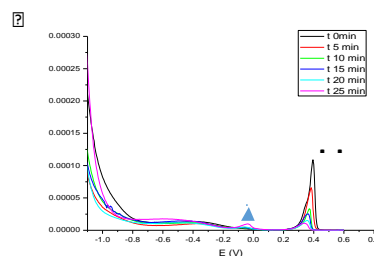


Figura 1. VDP de residuos de DQO antes y después del tratamiento en un medio H_2SO_4 de 0.5 M aplicando un barrido de 1.35 a -0.8 V a una $v=100$ mVs^{-1} en un $t=30$ min y 10 de deposición.

CONCLUSIONES

Con el empleo de las técnicas electroquímicas de caracterización se logró identificar los picos de Hg, Ag y Cu a través de voltamperometría cíclica en un medio ácido, y con la VDP mostró la disminución de electrodeposición de dichos metales en los electrodos de la celda electroquímica, a su vez se presenta el incremento de la onda del Cu por la oxidación del ánodo.

REFERENCIAS

- [1] Yavuz y Ogütveren. *Rev. de Gestión Ambiental*, **207**, 151, (2017).
- [2] Carbajal Palacios Patricia, *Sustitución y cambio del agente oxidante en la demanda química de oxígeno (DQO) y tratamiento de los residuos generados: Hacia un análisis sustentable*. Universidad Autónoma del Estado de México. 2015.
- [3] Barrera Díaz Carlos Eduardo, *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de agua residuales*. 181, Reverte, Universidad Autónoma del Estado de México. 2014.

Sistema electrocoagulación con electrodos de cobre para el tratamiento de aguas residuales municipales e industriales

EAM-P9

I. S. Solano Huerta, G. Roa Morales*, P. Balderas Hernández, C. E. Barrera Díaz.

Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable (CCIQS) UAEM-UNAM

*E-mail Responsable de la investigación: gabyroam@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Si bien sabemos que el crecimiento poblacional ha traído consecuencias adversas en el uso y gestión del agua, la generación de residuos es uno de los principales [1], los métodos convencionales de remediación no han sido del todo satisfactorias para reutilizarla o incorporarla de nuevo a los bienes nacionales [2]. En este trabajo se presenta un diseño y construcción de un sistema de tipo continuo de electrocoagulación empleando electrodos de Cu para generar una base de datos como propuesta, para que dicho proceso sea considerado como una alternativa viable para que pueda ser incorporada a cualquier planta tratadora [3], principalmente para la remoción de parámetros como Demanda Química de Oxígeno (DQO) [4]

METODOLOGÍA

Para el tratamiento preliminar se realizó una toma de muestra in situ de agua residual municipal (ARM) en las siguientes coordenadas: 19°22'47.4"n 99°34'49.1"o; y de agua residual industrial (ARI): 19°17'10.1"n 99°31'25.7"o, para las pruebas se utilizó un reactor tipo batch de 7 L, con electrodos de cobre cuya superficie fue de 193.8 cm², se trató 4 L de agua residual de cada tipo y una combinada (ARC) que constituía de 2 L de ARM y 2 L de ARI las variables manejadas fueron las siguientes: agitación a 300 rpm, T° de 20 ± 1 °C, corriente eléctrica a 3% .20 amp y 50 min de operación. Para los análisis preliminares se utilizó un espectrofotómetro de uv visible y un equipo analizador de carbón orgánico, antes de las pruebas cada muestra se filtró con filtros de disco de .45µm.

RESULTADOS

Se realizó una toma de muestra cada 10 min para determinar la relación entre la absorbancia y la longitud de onda obtenida a lo largo del proceso de electrocoagulación:

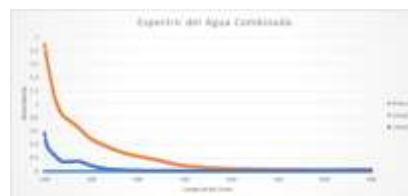


Figura 1. Comparación entre el inicio y final del tratamiento ARC.

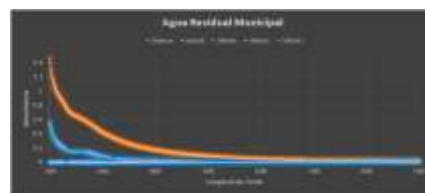


Figura 2. Comparación entre el inicio y final del tratamiento ARM.

CONCLUSIONES

El tratamiento preliminar de las muestras se obtuvo una remoción del 66% y 68 % respectivamente de Color. Es importante mencionar que al aplicar las mismas condiciones de corriente a los diferentes influentes la eficiencia de remoción cambia, ya que mientras el agua residual es más compleja se debe aplicar mayor corriente para mejorar la remoción de contaminantes.

REFERENCIAS

- [1] Onu (2017) aguas residuales el recurso no explotado. 1°. Editado por unesco. Paris, Francia: 2017.
- [2] Conagua (2007) manual de agua potable alcantarillado y saneamiento. 2007. a ed. Editado por semarnat. Coyoacán, México: 2007.
- [3] Barrera-díaz, c. Et al. (2014) «use of recycled aluminum - polyethylene composite films as anodic electrodes for electrocoagulation of wastewater», electrochemical science, 9, pp. 1034-1043.
- [4] García-garcía, a. Et al. (2015) «industrial wastewater treatment by electrocoagulation – electrooxidation processes powered by solar cells», fuel, 149, pp. 46-54. Doi: 10.1016/j.fuel.2014.09.080.

Degradación de Salbutamol en solución por métodos electroquímicos

EAM-P10

L. P. Esquivel Sánchez, L. E. Palacios Arreola, P. Balderas Hernández y G. Roa Morales.

*E-mail Responsable de la investigación: patbh2003@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

El salbutamol (SBT) es un agonista β_2 con efecto broncodilatador [1], se encuentra entre las diez drogas más recetadas en EE. UU. [2] Se han encontrado residuos de SBT en cuerpos de agua [3], lo que lo convierte en un contaminante emergente, suponiendo un riesgo a la salud y al ambiente. Ante esta problemática se desarrolló un tratamiento de electrooxidación mediante el empleo de electrodos de diamante dopado en boro (DDB), evaluando el porcentaje de remoción de SBT, por espectrofotometría U. V.

METODOLOGÍA

Materiales y reactivos.

Se utilizó una solución para nebulizador en ampollas de 2.5 mL (Ventolin 2.5 mg/2.5 mL) como fuente de SBT y como electrolito se hizo uso de Na_2SO_4 . La determinación de la concentración del SBT se obtuvo por método espectrofotométrico en un espectrofotómetro UV-VIS modelo DR 5000, marca Hach, Considerando las bandas de absorción características del SBT en 224 y utilizando como método de análisis una curva de calibración.

Curva de calibración

Se elaboró a partir de una solución para nebulizador en ampollas. Graficando cinco puntos en 5, 10, 15, 20 y 25 ppm SBT, dicha grafica presentó una $R^2 \geq 0.99$.

Tratamiento electroquímico.

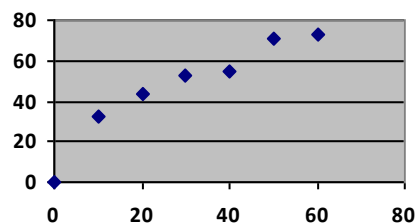
A una solución de 200 mL SBT 10 ppm en medio de electrolito soporte (Na_2SO_4) 0.05 M, le fue aplicado el tratamiento utilizando electrodos de DDB aplicando una $i = 25$ mA durante 60 min, tomando muestras cada 10 min. De la misma manera se procedió a otras tres corrientes, para verificar la degradación a

diferentes valores y poder mejorar el porcentaje de remoción.

RESULTADOS

Se determinó el porcentaje de remoción en función del tiempo (Figura 1.). Los resultados muestran un porcentaje de eliminación del 72.5%.

Tabla 1. Porcentaje de eliminación (224 nm)



CONCLUSIONES

El tratamiento con DDB es una alternativa poderosa para la eliminación de SBT en solución. Los resultados obtenidos en el porcentaje de remoción fueron satisfactorios, aún a una intensidad de corriente baja.

REFERENCIAS

- [1] Kalyani, L. et al. (2018) Journal of Modern Science, Marzo, 4 (1), pp. 171-179. doi: 10.1016/j.kijoms.2018.01.004
- [2] Fuentes, A., et al. Pharmacy, **6** (2), 43 (2018). doi: 10.3390/pharmacy6020043
- [3] Liu, Z. et al (2018). Science of the T. E., 861 doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.324

Tratamiento del agua pluvial por el proceso de electrocoagulación con electrodo de aluminio

EAM-P11

A. Morales Figueroa¹, G. Roa Morales^{1*}, E. A. Teutli Sequeira, M. A. García Morales
Afiliaó 1. Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable –Universidad Autónoma del Estado de México – Universidad Nacional de México (UAEMex, UNAM), carretera Toluca-Atlaconulco, km14.5, Unidad El Rosedal, C.P. 50200, México

²Afiliaó 2. Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias de Agua (IITCA), Universidad Autónoma del Estado de México, Km.14.5, carretera Toluca-Atlaconulco, C.P 50200 Toluca, Estado de México, México

*E-mail Responsable de la investigación: gabyroam@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

El tema de desabasto del agua en México es cada año más preocupante [1]. Existen otros medios para aprovechar el agua y hacer la aplicación en los diferentes usos para las actividades del ser humano, una de ellas es el agua de lluvia o agua pluvial, y para poder ser utilizada esta debe de cumplir con características que la hagan apta para uso en actividades humanas [4].

En esta investigación se utilizará un tratamiento electrocoagulación en un sistema Batch con una celda electroquímica configurada con un par de electrodos de aluminio con la finalidad de remover contaminantes presentes en el agua pluvial.

METODOLOGÍA



Figura1.- Diagrama del método de investigación.

RESULTADOS

Al realizar el diseño de experimentos utilizando un modelo de superficie de respuesta obteniendo una interacción de 69 partidas, con variables de operación: distancia de electrodos e intensidad de corriente y variables de respuesta: pH, turbiedad, alcalinidad, acidez y DQO

Obteniendo como respuesta un mayor porcentaje de remoción de turbiedad cuando la distancia de los electrodos es mayor y cuando se le aplica una mayor intensidad de corriente logrando hasta un 99 % de remoción.

Para lo que corresponde a la remoción de DQO puede tener hasta un 72% cuando la distancia de electrodos es de 2cm y 1.5cm, con intensidad de corriente de .15 A y .1 A respectivamente

CONCLUSIONES

- ❖ El agua natural procedente de la lluvia sin tratar muestra presencia de turbiedad por la presencia de materia disuelta, también se detectan metales pesados, los cuales son perjudiciales para el medio.
- ❖ El proceso de electrocoagulación logra una remoción de los contaminantes tal como se muestra en la tabla, observando de esta manera se lleva a cabo la reacción en el ánodo por la liberación del catión el cual se hidrata favoreciendo la coagulación de los contaminantes y la reacción del cátodo con la reducción del H₂O al ion OH⁻ + O

REFERENCIAS

1. A. Arango Ruiz, *La electrocoagulación: una alternativa para el tratamiento de aguas residuales*. Lasallista de Investigación, 2015
2. CONAGUA *Estadísticas del agua en México*, en línea. 2016.
3. C. E. Barrera Díaz. *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de agua residual*, 2014.

4. L. A. Cantera Cantera. Automatización del proceso de tratamiento de agua pluviales por el método de electrocoagulación. 2013.

ANEXO

Parámetro	unidades	Urbana	Rural
Conductividad	μS/cm	96	111
pH	-	6.05	6.35
Turbidez	NTU	15	8
Sulfatos	SO ₄ ²⁻ mg/L	12.35	20.46
Acidez	CaCO ₃ mg/L	14.72	22.08
Alcalinidad	CaCO ₃ mg/L	57.9	28.95
Dureza total	CaCO ₃ mg/L	8	12
DQO	mg/L	72	229
DBO5	mg/L	s/r	s/r
DQO/DBO5	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	37.4	50

Proceso Fenton para remoción de colorantes contaminantes a partir de material poroso de desecho, obtenido del blanqueamiento de caolín

EAM-P12

J. A. Cobos Murcia², A. Trujillo Estrada^{1,2*}, V. Reyes², V. García Hernández²,
G. Urbano², J. C. Juárez-Tapia²

¹ 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.

² Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas, Academia de Ciencia de la Tierra y Materiales.

*E-mail Responsable de la investigación: ariadnat@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La contaminación por colorantes de las industrias maquiladoras son un problema que se incrementa día a día, esto genera la incapacidad de nuestro medio ambiente de recuperarse por sí solo, y, degradar estos contaminantes. Por otro lado, la luz solar en el estado de Hidalgo presenta una alta irradiancia.

En este trabajo se presenta el proceso Fenton o Foto-Fenton aplicado a la remoción de 2 colorantes textiles: Azul Índigo y Negro, este proceso se lleva a cabo con material poroso de desecho, obtenido del proceso de blanqueamiento de caolín, este contiene Fe^{+3} como resultado del proceso anterior y en una celda con 2 electrodos de grafito y luz UV-solar permite que los colorantes sean removidos [1]. Además de aprovechar la luz solar que contiene luz UV para llevar a cabo el proceso.

METODOLOGÍA

Se utilizó una celda electroquímica con dos electrodos empleando una fuente de corriente continua marca BK PRECISION, imponiendo una diferencia de potencial de 7.5 Volts, y 2 electrodos de grafito, además como fuente de luz UV se utilizó radiación solar [2]. La degradación se realizó durante 45 minutos.

RESULTADOS

En la figura 1 los vasos de precipitado contienen agua: **a)** + Azul índigo, **b)** a + proceso fenton, **c)** + Negro, **d)** c + proceso Fenton [1].

El material poroso dopado con Fe^{+3} retira mediante el proceso foto-fenton hasta un 95% del colorante textil contenido en el agua.

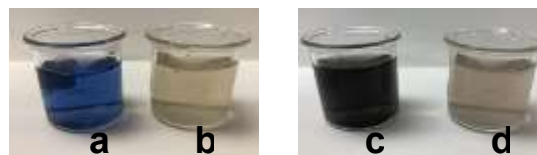


Figura 1. a) H₂O+Azul Índigo, b) a+ proceso Fenton, c) H₂O+negro, d) c + proceso Fenton.

CONCLUSIONES

Con el empleo del material poroso de desecho, que fue activado con Fe^{+3} durante el blanqueamiento de caolín, se evita la generación de desechos sólidos que pueden ser otra fuente de contaminación, y al aprovecharlos se remueven del agua los colorantes que también es un grave problema en nuestro entorno. Además de aprovechar la luz solar para el proceso, convirtiendo este en un proceso totalmente eco-amigable.

REFERENCIAS

[1] Garcia, J. C., Castellanos, M. P., Uscategui, A., Fernandez, J., Pedroza, A. M., & Daza, C. E. *Revista Universitas Scientiarum*, 303 (2012).

[2] J.C. García Herrera, *Tesis Pontificia Universidad Javeriana Bogotá*, Bogotá Colombia, Mayo (2014).

Electrodos de carbón mesoporoso para la generación de H₂O₂ y su aplicación en el proceso foto electro-Fenton

EAM-P14

I. A. Larralde, L. E. Serna, J. L. Guzmán-Mar, M. Villanueva-Rodríguez, L. Hinojosa-Reyes, M. L. Maya-Treviño, M. A. Hernández-Ramírez, E. J. Ruiz Ruiz*

Universidad Autonomía de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Av. Universidad, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

*E-mail Responsable de la investigación: edgar.ruizr@uanl.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En años recientes, el proceso foto electro-Fenton ha demostrado ser eficaz para la degradación y mineralización de diversos contaminantes orgánicos recalcitrantes [1].

La electrogeneración de H₂O₂ se lleva a cabo mediante la reducción parcial de O₂ sobre cátodos carbonaceos, entre ellos, tela de carbón y grafito. Sin embargo, es necesario investigar la factibilidad del uso de nuevos materiales con características físicas y electroquímicas idóneas para este fin. El carbón mesoporoso posee buena conductividad eléctrica y poros que le permiten incrementar los sitios activos de reacción y por ende incrementar la cantidad de H₂O₂ electrogenerado [2].

Por otro lado, la metformina es un medicamento que se indica a pacientes con diabetes mellitus; que recientemente se clasificó como contaminante emergente. Por lo que, en el presente trabajo tiene como objetivo emplear electrodos de carbón mesoporoso para la degradación y mineralización de la metformina mediante foto electro-Fenton [3].

METODOLOGÍA

Se prepararon electrodos de difusión de aire a partir de una pasta de carbón mesoporoso comercial (6nm) y Nafion. Se evaluó la generación de H₂O₂ usando los electrodos como cátodos con diferentes densidades de corriente (60 y 120 mA cm⁻²). Se usó Na₂SO₄ pH3 como electrolito soporte. Se caracterizó morfológica y estructuralmente al CM. Para la evaluación del desempeño en el proceso FEF se usó a la metformina (20 mg L⁻¹) como molécula modelo. El seguimiento de la degradación se llevó a cabo mediante cromatografía HPLC en fase reversa y la mineralización mediante el análisis del carbono

orgánico total.

RESULTADOS

Se obtuvieron electrodos de difusión de aire capaces de producir H₂O₂ de manera continua. Las concentraciones obtenidas después de 3 horas de reacción se presentan en la tabla 1. Se logró la completa degradación y mineralización de la metformina con el proceso foto electro-Fenton después de 3 horas de electrolisis

Tabla 1. Generación de H₂O₂ y eficiente de corriente con diferentes intensidades de corriente.

J (mA cm ⁻²)	[H ₂ O ₂] mM	D (%) promedio
60	18.1	85%
120	23.4	65%

CONCLUSIONES

Los electrodos son capaces de electro generar H₂O₂ en concentración suficiente para llevar a cabo la degradación y mineralización eficiente de metformina en medio acuoso. Los electrodos construidos son estables mecánica y químicamente.

REFERENCIAS

- [1] I. Sirés, E. Brillas, M. A. Oturan, M. A. Rodrigo & M. Panizza). *Environmental Science and Pollution Research*, 21(14), p8336 (2014).
- [2] N.J. Niemuth, R.D. Klaper, *Chemosphere* 135, p38 (2015)
- [3] B. Garza-Campos, D. Morales-Acosta, A Hernández-Ramírez, JL Guzmán-Mar, L Hinojosa-Reyes, J Manríquez, EJ Ruiz-Ruiz. *Electrochimica Acta*. 269, p 232 (2018)

Electro oxidación de glicerol en electrodos de diamante dopado con boro

EAM-P15

D. C. Ruíz Flores¹, B. A. Frontana Uribe^{2*}

¹Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México.

²Centro de Investigación en Química Sustentable (CCIQS) UAEM – UNAM.

*E-mail Responsable de la investigación: bafrontu@unam.mx

INTRODUCCIÓN

El uso de glicerol ha demostrado tener potencial como precursor de compuestos de mayor valor para el mercado a través de su electro oxidación [1]. Actualmente se tiene un exceso mundial por la producción de biodiesel. Metales nobles como oro, platino y paladio [2] han sido empleados; no obstante, estos materiales son muy caros y su selectividad es baja. Uno de los materiales novedosos en la electroquímica es el diamante dopado con boro (BDD) y cuenta con una ventaja sobre los metales nobles: la formación de radicales hidroxilo ($\cdot\text{OH}$), cuya capacidad oxidativa es de 2.80V vs SHE [3], lo que puede promover una oxidación mucho más rápida, ahorrando energía y tiempo.

METODOLOGÍA

Se preparó una solución de glicerol 0.1M con 0.01M de hidróxido de sodio (NaOH) y se colocaron 7ml de esta solución en pequeñas celdas de teflón. Se emplearon electrodos de BDD como ánodo y cátodo, primeramente, y después un ánodo de BDD y un cátodo de acero inoxidable en las electrolisis realizadas usando tres distintas densidades de corriente: 10 mA/cm², 5 mA/cm² y 1 mA/cm². Los compuestos de cada electrolisis se analizaron mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y se compararon posteriormente.

RESULTADOS

La electro oxidación de glicerol en medio alcalino empleando electrodos de BDD (en todos los casos) muestra una alta selectividad hacia la formación de ácido oxálico, ácido glicérico, gliceraldehído, ácido glicólico, ácido láctico y ácido acético (**Figura 4**). La degradación de glicerol muestra un comportamiento casi lineal y, en aproximadamente 6 horas, la señal es poco perceptible. Entre mayor tiempo se dé a la electrolisis, más se tenderá a la obtención de ácido

fórmico.

Por otra parte, mientras menor sea la densidad de corriente empleada, mayor cantidad de compuestos intermediarios serán visibles, lo que hará más complejo el proceso de separación e identificación de cada uno de los mismos, presentes en la solución.

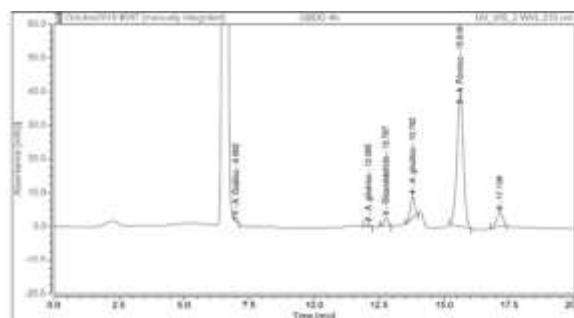


Figura 4. Productos obtenidos de la oxidación de glicerol con ánodo y cátodo de BDD después de 4h a 10 mA/cm².

CONCLUSIONES

El BDD trabaja adecuadamente en un medio alcalino para electro-oxidar glicerol y cuenta con una muy buena selectividad hacia compuestos de valor agregado. Modificando las densidades de corriente también es posible dirigir la oxidación hacia compuestos específicos.

REFERENCIAS

- [1] B. Katryniok *et al.*, *Green Chem.* **13**, 1960 (2011).
- [2] J. F. Gomes *t al.*, *Electrocatal* **2**, 96 (2011).
- [3] P. Cañizares *et al.*, *J. Hazard. Mater.* **146(3)**, 552 (2007).

Extracción de Cu de desechos electrónicos computacionales mediante potencial aplicado y su recuperación como elemento metálico

EAM-P16

G. M. Quiroz Hinojosa¹, V. J. Martínez Gómez^{1,2}, M. A. Escobedo Bretado³, J. C. Rojas Montes^{1,2}, F. A. Alcázar Medina^{1,2}

1TecnM/I.T. Durango Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya Durango, Dgo, México C.P. 34080

2Cátedras CONACyT-TecnM/I.T. Durango Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya Durango, Dgo, México C.P. 34080, Tel. 844 156 00 91

3FCQ/ UJED Av. Veterinaria S/N Circuito Universitario, 34120 Durango, Dgo.

*E-mail Responsable de la investigación: vmartinez@conacyt.mx

INTRODUCCIÓN

Los aparatos electrónicos acarrear un sin fin de beneficios los cuales se ven reflejados en el desarrollo de la humanidad; paralelo a esto, se ha incrementado en grandes cantidades la producción de residuos de aparatos eléctrico-electrónicos.

Todos los países del mundo en conjunto generaron 44.7 millones de toneladas métricas, o un equivalente de 6.1 kilogramos por habitante, de desechos electrónicos anuales en 2016. Se espera que la cantidad de desechos electrónicos aumente a 52.2 millones de toneladas métricas lo que equivaldría a 6.8 kilogramos por habitante para 2021 [1].

En el presente trabajo se busca dar una alternativa de disposición final al cobre contenidos en los RAEE encontrados en contenedores especiales para su almacenamiento. Esto con la finalidad de evitar que los RAEE sean dispuestos en los rellenos sanitarios y puedan causar un efecto adverso al medio ambiente.

METODOLOGÍA

Obtención de muestras de componentes electrónicos, reducción de tamaño y pretratamiento de las placas electrónicas, caracterización de la muestra, construcción de diagramas de predicción termodinámica para cobre [2], lixiviación del cobre contenido en los componentes electrónicos mediante ácido tricloro acético y HCl, electrodeposición del cobre en solución en régimen galvanostático: 100,200 y 250 A/m².

RESULTADOS

La tabla 1 presenta los resultados obtenidos en la etapa de caracterización de las placas de circuito impreso (PCB) en lo concerniente a la concentración de cobre, con un promedio de $16.63 \pm 7.03 \%$,

Tabla 1. Porcentaje de cobre encontrado en las PCB de computadora.

N. muestra	1	2	3
% de Cu	8.6	19.55	21.72

CONCLUSIONES

Las mejores condiciones para la lixiviación con respecto a la temperatura se dieron a 50 °C y una concentración 0.5 M de ácido tricloro acético, así como a 500 A/m² y una concentración de 0.1 M en lo concerniente a la densidad de corriente.

REFERENCIAS

[1] Baldé, C., Forti, V., & Gray, V. *The Global E-waste Monitor*. United Nations University (UNU). Vienna, Geneva, Bonn: International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association, pp. 8-12, (2017).

[2] Puigdomenech, I. *Software Medusa*. SE -100 44 Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology. (1983).

Uso de carbón activado de origen agroindustrial como compuesto en electrodos de pasta de grafito - influencia de la relación másica

EAM-P17

A. K. Ortiz-Martínez¹, I. Robles^{1*}, L. A. Godínez¹

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C. (CIDETEQ), Parque Tecnológico Querétaro, 76703 Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México.

*E-mail Responsable de la investigación: irobles@cideteq.mx

INTRODUCCIÓN

Los electrodos de pasta de grafito (EPC) son utilizados para distintas aplicaciones electroquímicas, con el fin de mejorar sus propiedades conductoras éstos se modifican (EPCM). Se ha visto que los parámetros importantes en estos electrodos son la estabilidad mecánica y el área superficial [1], debido a ésto, el principal reto es identificar la relación grafito-compósito-agente aglomerante, que mantenga las propiedades fisicoquímicas que permitan estudiar reacciones electroquímicas [2]. Para este fin, y con el propósito de aprovechar residuos agroindustriales, se elaboraron EPCM con carbón activado de residuos agroindustriales. Se comparó el uso de carbón activado de cáscara de naranja (CAN) y borra de café (CAC), y se investigó el efecto de la relación másica CA-grafito-aglomerante con la finalidad de identificar aquella relación que permita una respuesta electroquímica sobresaliente para futuras aplicaciones.

METODOLOGÍA

Se elaboraron EPCM utilizando como material compuesto CAN y CAC [3] a diferentes relaciones másicas, desde 25 hasta 55%. Asimismo, se varió la relación de agente aglomerante y grafito.

La caracterización electroquímica se realizó en potenciostato SP-50 utilizando molécula sonda ferro/ferri, los EPCM fueron empleados como electrodos de trabajo, como contraelectrodo se usó Pt, y Ag|AgCl como referencia.

RESULTADOS

Después de caracterizar la gama de electrodos, se observó que los EPCM que mostraron mejor respuesta electroquímica fueron 35% CAN, 30% AA; y EPCM con 35% CAC y 30% AA. En la tabla 1 se reportan los resultados obtenidos. El electrodo modificado con CAC mostró un significativo aumento de corriente de

0.18 mA en comparación con el electrodo sin modificar, lo cual indica que la presencia de carbón activado de café es benéfica para el estudio de reacciones electroquímicas, ya que mejora significativamente la conductividad, esto se asocia a las propiedades del material.

Tabla 1. Señales anódicas y catódicas del $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-/4-}$ de los EPC y EPCM.

Electrodo	E_a (V)	E_c (V)	ΔE	I_a (mA)	Área electroactiva (cm^2)
EPC	0.039	-0.044	0.083	0.047	2.24×10^{-4}
EPCM CAN	0.149	-0.160	0.287	0.02	1.18×10^{-2}
EPCM CAC	0.090	-0.065	0.156	0.18	7.10×10^{-3}

CONCLUSIONES

Se he demostrado que los electrodos de pasta modificados con residuos agroindustriales representan una alternativa para estudiar reacciones electroquímicas. La voltamperometría cíclica y el uso de una molécula sonda permitió estudiar las propiedades conductoras del EPCM. Se observó que los EPCM de borra de café tienen oportunidad para el estudio de procesos electroquímicos.

REFERENCIAS

- [1] E. A. Cummunigs., B. R. Eggins, *Analyst*, **123**, 1975, (1998).
- [2] I. Svancara., P. Kotzian., M. Bartos., K. Vytras, *Electrochem. Commun*, **7**, 657, (2005).
- [3] A. K. Trovar., L. A. Godínez., F. Espejel., R. M. Ramírez-Zamora., I. Robles, *Waste Manag*, **85**, 202, (2019).

Tratamiento terciario de aguas residuales de la industria tequilera mediante un proceso combinado de adsorción-oxidación electroquímica

EAM-P18

J. Castillo-Monroy¹, L. A. Godínez², I. Robles², A. Estrada-Vargas^{1*}

¹Departamento de Estudios del Agua y de la Energía, Universidad de Guadalajara, Av. Nuevo Periférico 555, Tonalá, Jalisco, México 45425.

²Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S. C., Parque Tecnológico Querétaro, Sanfandilla, Pedro Escobedo, Querétaro, México 76703

*E-mail responsable de la investigación: arturo.evargas@academicos.udg.mx

INTRODUCCIÓN

Debido a su naturaleza corrosiva (pH 3 - 4.5), alto contenido de sólidos suspendidos totales (SST, 2,000-8,000 mg L⁻¹) y gran cantidad de sólidos disueltos totales (SDT, 23,000-42,000 mg L⁻¹), las aguas residuales de la vinaza tequilera representan un problema ambiental importante para la industria del tequila [1]. Los procesos de oxidación avanzada asistidos electroquímicamente (E-POA) son una alternativa conveniente para la eliminación de compuestos orgánicos persistentes. el objetivo de este estudio fue encontrar un proceso de tratamiento adecuado para incrementar la calidad de las aguas residuales de la industria tequilera. En el presente escrito se presentan resultados parciales que se pretenden publicar posteriormente.

METODOLOGÍA

Agua residual tratada por tecnologías convencionales fue muestreada y almacenada. se usó un reactor de tres módulos previamente reportado, acoplado a una fuente de poder [2].

RESULTADOS

La Figura 3 muestra el porcentaje de DQO eliminado por efecto de adsorción y por efecto combinado de adsorción y polarización aplicando densidades de corriente de 0.50, 1.00 y 2.00 mA cm⁻².

La DQO remanente luego de la adsorción de CA en estos experimentos corresponde a 93 mg L⁻¹, valor que es 35 % menor al límite establecido por la regulación mexicana (150 mg L⁻¹).

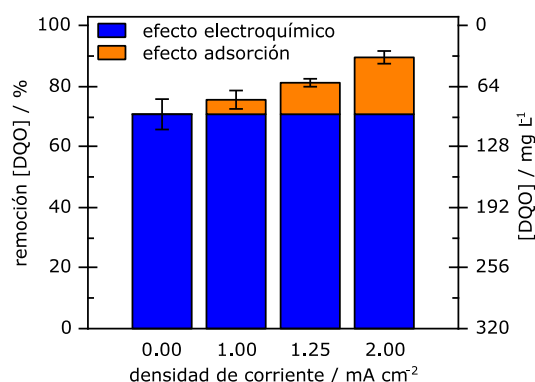


Figura 1. Efecto de la densidad de corriente sobre la remoción de [DQO].

CONCLUSIONES

Vinazas de la industria tequilera previamente tratadas mediante procesos convencionales se utilizaron para probar la eficiencia procesos acoplados de adsorción de CA y oxidación avanzada. Los resultados mostraron que se pudieron obtener valores de remoción de DQO desde 70.8 hasta 89.64 %.

REFERENCIAS

- [1] A. López-López, G. Davila-Vazquez, E. León-Becerril, E. Villegas-García, y J. Gallardo-Valdez, *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, **9**, 109–116 (2010).
- [2] I. Robles et al., *Chemosphere*, **250** (2020), <https://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126260>.

DIVISIÓN 6.

Corrosión y tratamientos de superficie (CTS)

Comportamiento de ruido electroquímico de aleaciones de Titanio (Ti CP2, Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-Si y Ti-6Al-4V)

CTS-O1

J. M. Jáquez-Muñoz, F. Almeraya Calderón*, C. Gaona T, M. Lara Banda, J. A. Cabral M, F. Estupiñán, L., P. Zambrano R.

Univesidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME). Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIIA) Aeropuerto Internacional del Norte Carr. Salinas Victoria km 2.3, Apodaca, N.L, México.

*E-mail Responsable de la investigación: falmeraya.uanl.ciia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Actualmente en las estructuras aeronáuticas se empieza a utilizar más titanio debido a que la resistencia a los esfuerzos es mayor que en metales como aluminio ya que empleando titanio se necesitan secciones transversales más pequeñas ahorrando de esta manera peso e incrementando las temperaturas operativas siendo utilizado en zonas de las Unidades Auxiliares de Energía (APU) y en los sistemas antienfriamiento de las alas además de las estructuras [1]. Con la técnica de Ruido Electroquímico (RE) se obtienen resultados estudiando las señales, estos resultados pueden ser por métodos estadísticos, polinomios, análisis de dominio de frecuencias y wavelets entre otros para determinar el mecanismo y velocidad de corrosión [2, 3]. Los electrolitos utilizados fueron H₂SO₄ y NaCl al 3.5%.

METODOLOGÍA

El proceso que se utilizó para realizar la experimentación consistió en la preparación metalográfica de las muestras hasta lija 800. Las pruebas electroquímicas fueron realizadas en un Gill AC de ACM Instruments en una celda conformada por dos electrodos de trabajo (material a estudiar) y electrodo de referencia de calomel saturado tomando 4096 datos a un dato por segundo.

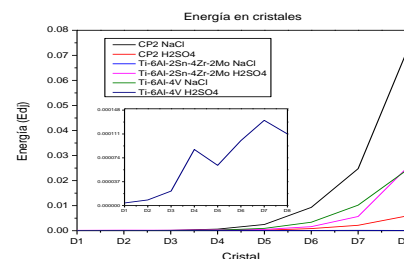
RESULTADOS

En los resultados se obtenidos mediante análisis estadístico después de aplicar un polinomio grado 9 se obtiene que la aleación de Ti-6Al-4V presenta mejores propiedades contra la corrosión en H₂SO₄ y en NaCl el Ti CP2 es el que tiene mayor resistencia. También es importante hacer notar que el análisis estadístico determina que se tiene corrosión mixta por el índice de localización, y Curtosis señala que se tienen picaduras. Haciendo un estudio más a profundidad después de [3] M. T. Smith, D. D. Macdonald, *Corrosion Journal*, **65**, 438, 2009.

aplicar wavelets a los sistemas se obtuvo la energía en cada cristal, donde se puede observar como todos los sistemas tienen demanda de energía mayor hasta los últimos cristales indicando así una pasivación, el único que presentó demanda en el cristal D3 fue el Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo que significa que se presentó una picadura posiblemente una picadura metaestable.

Tabla 1. Resultados de de RE.

Aleaciones de Titanio	Medio	R _n (Ω*cm ²)	IL	Curtosis
Ti CP2	NaCl	5.15E5	0.049	33.35
Ti-6-2-4-2		4.51E5	0.023	29.5
Ti-6-4		2.56E5	0.039	35.27
Ti CP2	H ₂ SO ₄	1.18E5	0.065	5.38
Ti-6-2-4-2		2.39E5	0.061	8.21
Ti-6-4		5.86E5	0.026	5.82



CONCLUSIONES

Las aleaciones de titanio presentan altas resistencias a la corrosión, siendo la mayor del Ti-6Al-4V en H₂SO₄ debido a la pasivación.

Para determinar el mecanismo de corrosión se utilizó como herramientas wavelets.

REFERENCIAS

- [1] F.H. Froes, *Titanium Physical Metallurg Processing and Applications*, ASM International, Estados Unidos, 2015
- [2] R. A Cottis, *Corrosion Journal*, **53**, 265, 2001.

Tratamiento químico de conversión de la aleación AS21 como protección para ambiente fisiológico

CTS-O2

E. F. Hernández Molina¹, A. Espinoza Vázquez^{2*}, F. J. Rodríguez Gómez¹, G. Negrón Silva³, I. A. Figueroa²
¹Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, 04510, México, ²Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04360, México. ³Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo No. 180, Ciudad de México, 02200, México

*E-mail Responsable de la investigación: iqm.ericmolina@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El magnesio es un metal muy ligero, que exhibe una alta resistencia en relación volumen/peso, buena conductividad térmica y eléctrica, excelente amortiguación de vibraciones y absorción de impactos. La principal desventaja de las aleaciones de Mg es que son propensas a la corrosión [1].

Esta investigación se enfoca en caracterizar las propiedades electroquímicas de la aleación AS21 para osteosíntesis, modificando la superficie con hidrotalcitas (HTs) (Figura 1a), funcionalizadas con 2-Mercaptobenzoimidazol (2-MBI) en una solución Hank's (Figura 1b).

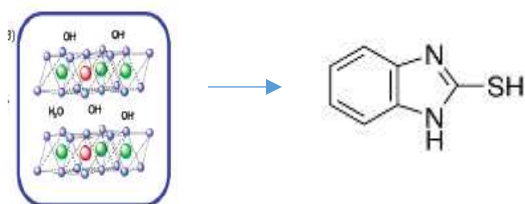


Figura 1. A) HTs Mg/Al B) 2-MBI

METODOLOGÍA

Las hidrotalcitas figura 1 ($[Mg_{0.687}Al_{0.313}(OH)_2](CO_3)_{0.16} \cdot 0.85H_2O$) fueron preparadas con el método de co-precipitación siguiendo el procedimiento de Reiche [2]. Se evaluó el efecto protector con respecto al tiempo de inmersión buscando la mejor concentración de inhibidor (persistencia).

RESULTADOS

El diagrama de Nyquist de la figura 2 muestra el efecto de la concentración del inhibidor dentro de la

matriz de las hidrotalcitas. Se observó que el valor de $Z_{real} \sim 13000 \Omega \cdot cm^2$ alcanzó un máximo en 100 ppm.

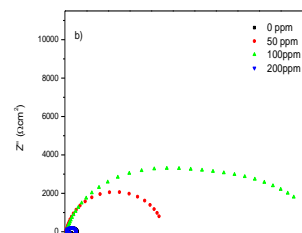


Figura 2. Efecto de la concentración del 2-MBI al inicio de la prueba.

CONCLUSIONES

A 100 ppm de 2-MBI con hidrotalcita Mg/Al se mejora la protección de la aleación de AS21. Para tiempos de 102 horas de inmersión la hidrotalcita muestra efectividad contra la corrosión a partir de resultados de impedancia (EIS).

REFERENCIAS

- [1] H. Hornberger, S. Virtanen, A. Boccaccini, Acta biomaterialia, 8 (2012) 2442-2455.
- [2] W.T. Reiche, Journal of Catalysis, 94 (1985) 547-557.
- [3] Barsukov, Y. and J. R. Macdonald (2002). "Electrochemical impedance spectroscopy." Characterization of materials: 1-17.
- [4] Banerjee, P. C., et al. (2019). "Magnesium Implants: Prospects and Challenges." Cap 12 Materials.

Efecto de la deformación plástica severa en aluminio en la respuesta electroquímica microestructural

CTS-O3

L. Romero¹, M. Hernández^{2*}, G. González¹, A. Covelo²

¹Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM, C. Ext. S/N, C.U., Coyoacán, 04510, México

²Div. Ingeniería Mecánica e Industrial, CENISA, Facultad de Ingeniería, UNAM, 04510, México

*E-mail responsable de la investigación mahdz2010@comunidad.uanm/mx

INTRODUCCIÓN

La deformación plástica severa (DPS) en aluminio suele presentarse en los planos de deslizamiento {111} y en la dirección <110>, En este sistema de deslizamiento, la formación de dislocaciones es masiva, por lo que el flujo plástico es inestable y localizado dentro de bandas de corte. En éstas se producen cambios estructurales en pequeña escala (menor a micrómetros), con fuertes efectos en la mecánica de procesamiento [1]. Por lo tanto, distintas propiedades del material son afectadas como las mecánicas, electroquímicas, eléctricas, etc. Por ello, es necesaria la evaluación de estas propiedades para cuantificar el efecto de la deformación severa plástica sobre el material.

METODOLOGÍA

Distintas placas de aluminio AA7075 fueron sometidas al proceso de deformación plástica severa mediante la técnica de corrugado-planchado repetitivo (RCS). Cada placa fue sometida a un paso adicional que la anterior, por lo que se generaron placas con un (1R), dos (2R), tres (3R) y cuatro (4R) pasos de deformación. El efecto del cambio en las propiedades electroquímicas fue monitoreado empleando el Microscopio Electroquímico de Barrido (SECM) con un mapeo de 150 μm^2 . Las muestras fueron sumergidas en NaCl 0.1 M a temperatura ambiente.

RESULTADOS

Se midió la actividad electroquímica en corriente de las cuatro muestras sometidas a DPS junto con una muestra inicial sin deformación alguna. Los resultados muestran que la distribución de corriente de la muestra inicial junto con la muestra 1R, no presentan gran diferencia en el mapeo obtenido (-2×10^{-7} A). Sin embargo, las muestras 2R y 3R muestran un aumento de dos órdenes de magnitud en la distribución de corriente superficial (2×10^{-5} A). Finalmente, la

muestra 4R vuelve a presentar valores del orden de -2×10^{-7} A, como se indica en la Figura 1. Estos resultados muestran que la DPS tiene un efecto adverso en ciertos niveles de esfuerzo residual (2R y 3R), que los obtenidos en condiciones iniciales y con deformación de cuatro pasos. Esta última muestra presenta variaciones de corriente positiva (anódica) y negativas (catódica), lo que indica un proceso de corrosión más activo que el presentado por las dos primeras muestras que registraron básicamente distribuciones de corriente negativas.

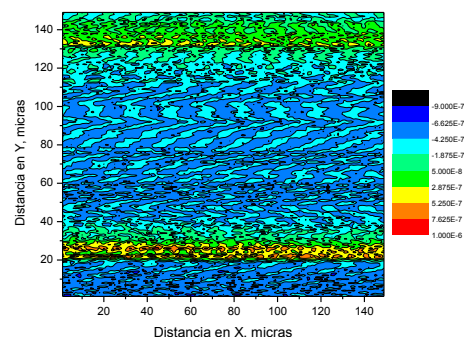


Figura 1. Mapeo en corriente, muestra 4R SECM

CONCLUSIONES

La DPS modifica aleatoriamente las propiedades electroquímicas del aluminio AA7075. Para este material, a baja deformación (1R) se registró una menor actividad de corrosión, lo que indica un efecto positivo de la DPS en la resistencia de carga.

REFERENCIAS

[1] L. Romero Reséndiz. *Efecto de la deformación plástica severa sobre la textura, microestructura y dureza de una aleación Al-2017*. Tesis Maestría, UNAM, C.U., CDMX (2016).

Caracterización electroquímica de recubrimientos barrera para la aleación de Mg-Ca-Zn

CTS-O4

L. F. Hernández Pat, L. Veleva^{1*}

Centro de investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV-IPN), Departamento de Física Aplicada, Unidad Mérida, 97310 Mérida, Yucatán, México.

*E-mail responsable de la investigación: veleva@cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el magnesio y sus aleaciones han sido seleccionados para su uso como bioimplantes temporales en el cuerpo humano [1]. Sin embargo, en la presencia de iones Cl^- se degradan rápidamente, debido a su actividad electroquímica. El proceso ocurre con una intensa evolución de gas de hidrógeno, aumentando el pH a niveles básicos, causado por el exceso de los iones OH^- [2]. Varias tecnologías han sido propuestas para frenar la corrosión [3], entre algunas existentes están: tratamiento térmico, anodización, electrodeposición, y método de precipitación. En este presente trabajo se utiliza el método de anodizado para obtener una capa barrera de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ y el precipitado químico para la obtención de una película rica en Ca y P, que podría facilitar la óseo-integración del implante con el hueso humano.

METODOLOGÍA

Muestras circulares de 1 cm^2 y 3 mm de espesor de la aleación Mg-Ca-Zn fueron pulidas con lijas de 2000/4000 de SiC. Posteriormente, éstas fueron anodizadas a corriente continua en una solución 1M de NaOH, seguido de una inmersión en una solución rica en iones de Ca y P, para formar un segundo recubrimiento barrera. La evaluación de las muestras fue llevada en la solución fisiológica de Ringer.

RESULTADOS

En la Fig. 1 se presenta los diagramas EIS de Nyquist para las superficies anodizadas a 2 diferentes tiempos, expuestas en la solución de Ringer. El valor menor obtenido es de $6.2 \text{ k}\Omega$ (20 min) y el mayor es de $31.5 \text{ k}\Omega$ para el tiempo de anodizado de 40 min. Las superficies expuestas a 40 min no presentaron picaduras. Las curvas típicas del proceso de anodizado realizado a diferentes tiempos, a corriente constante, tuvieron un comportamiento similar, aunque dando

lugar a espesores diferentes en cada periodo de tiempo, verificado con un corte transversal de SEM-EDS.

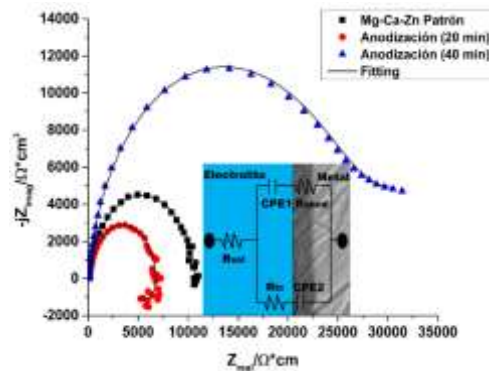


Figura 5. Diagramas de Nyquist (EIS) de las muestras de Mg-Ca-Zn, anodizadas a dos diferentes tiempos, expuestas a 14 días en la solución de Ringer.

CONCLUSIONES

La superficie con la capa de anodizado con el tiempo de 40 min presentó un mayor valor en la resistencia. Esta capa puede servir como barrera y así evitar la corrosión temprana de las aleaciones de Mg-Ca-Zn, ya que la resistencia imaginaria no muestra valores negativos, como en el caso del tiempo de 20 min. Además, éste anodizado puede tener una función como posible anclaje de una o varias capas posteriores dopadas, si se quisiera obtener una mejor óseo-integración o tener un efecto anti-bacterial.

REFERENCIAS

- [1] J. Gray- Munro and M. Strong. *J. of Biomed. Mat. Research Part A: An Official Journal of The Society for Biomaterials*. **90**(2), 339 (2009).
- [2] X. Liu., et al., *Acta biomaterialia*. **9**(10), 8671 (2013).
- [3] D.G. Shchukin., et al., *Acta Biomaterialia*, **18**(13), 1672 (2006).

Actividad electroquímica de Mg y aleación de Mg-Ca 0.3 en la solución fisiológica de Hanks

CTS-O5

J. L. González Murguía¹, L. Veleva^{1*}

^{1,2}Departamento de Física Aplicada, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Mérida

*E-mail Responsable de la investigación: josel.gonzalez@cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

El Magnesio es un mineral esencial para el metabolismo humano y se encuentra naturalmente en los tejidos muscular y óseo [1]. Además, es un elemento fundamental en la síntesis de proteínas, la activación de una variedad de enzimas y la regulación de las actividades en los sistemas nervioso central y neuromuscular [2]. La integración de Ca en las aleaciones de Mg ha atraído una gran atención en las últimas décadas como material para implantes ortopédicos temporales, livianos, mecánicamente estables y biodegradables. Las aleaciones de Mg-Ca presentan una densidad análoga a la del hueso humano, y el Mg es un elemento necesario para la incorporación de Ca en los huesos [3,4]. En este estudio se compara la actividad electroquímica de Mg (puro) y Mg-Ca 0.3 en la solución fisiológica de Hanks, una solución salina balanceada, usada en una amplia variedad de aplicaciones de cultivo celular y para mantener un pH fisiológico para las células.

METODOLOGÍA

Las muestras de Mg y Mg-Ca 0.3 fueron cortadas de material extruido, en forma redonda (diámetro aprox. 1cm). Después de la preparación de su superficie, fueron inmersos por 7 y a 14 días en 50 ml. de solución de Hanks (37°C). El análisis superficial se efectuó por medio de SEM-EDS. La composición de los productos formados fue analizada con XPS. La concentración de los iones de Mg liberados durante la degradación fue determinada para ambos materiales. El registro de potencial de circuito abierto y sus fluctuaciones en el tiempo fueron considerados como ruido electroquímico. Una información adicional fue obtenida con el registro de los diagramas de Nyquist de la espectroscopia de impedancia electroquímica.

RESULTADOS

La Fig.1 compara los ataques de corrosión

después de 7 y 14 días en la solución de Hanks. La superficie de Mg-Ca 0.3 presenta picaduras, mientras el Mg se degrada en forma más uniforme. El espectro XPS mostró picos principales asociados a Mg(OH)₂ y al compuesto Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ (hidroxiapatita).

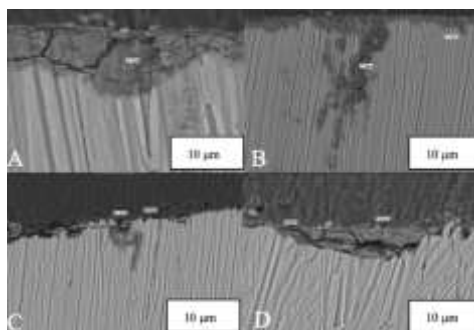


Figura 1. Imágenes SEM de cortes transversales de: muestra de Mg expuesta a (A) 7 días y (B) 14 días; y la aleación Mg-Ca 0.3 a (C) 7 días y (D) 14 días en la solución de Hank (37° C).

CONCLUSIONES

Los resultados previos muestran una evidencia que la aleación de Mg-Ca 0.3 es más resistente a la corrosión que el Mg. El registro del potencial de corrosión y los diagramas de la EIS corroboran esta conclusión.

REFERENCIAS

- [1] F.I. Wolf, A. Cittadini, Chemistry and biochemistry of magnesium, *Molecular aspects of medicine*, **24**, 3, (2003).
- [2] A. Hartwig, Role of magnesium in genomic stability, *Fundamental and Molecular Mechanism of Mutagenesis*, **475**, 113, (2001).
- [3] M.P. Staiger, A. M. Pietak, J. Huadmai, G. Dias, Magnesium and its alloys as orthopedic biomaterials, *Biomaterials*, **27**, 1728, (2006).
- [4] J.B. Park, J.D. Bronzino, *Biomaterials: principles and applications*, CRC Press, Boca Raton, Fl. (2002).

Estudio electroquímico de la aleación Al-Li 2050 anodizada

CTS-O6

P. Samaniego, F. Almeraya-Calderón*, C. Gaona, F. Estupiñán,
P. Zambrano, J. Cabral.

Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME – Centro de Investigación e Innovación en
ingeniería aeronáutica CIHA. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

*E-mail responsable de la investigación: oli_94@outlook.com

INTRODUCCIÓN

Para la industria aeronáutica los problemas derivados de la corrosión son gran importancia ya que es una amenaza para la integridad estructural de las aeronaves en zonas como el fuselaje y las alas que están expuestas a medios corrosivos [1]. En la actualidad, la aleación Al-Li 2050 es uno de los materiales más prometedores para la industria aeronáutica debido a la combinación de su baja densidad y buenas propiedades permitiendo emplearla en zonas internas de las alas como largueros y costillas. Las principales características de la aleación Al-Li 2050 es su reducción en peso al lograr disminuir su densidad hasta un 4% y su mejora del módulo elástico del 5%.

METODOLOGÍA

El proceso de anodizado que se realizó para la aleación de aluminio 2050 y se basó en tres diferentes etapas, las cuales constan de: un pretratamiento, el anodizado y el sellado [2]. La solución de sellado que utilizó fue H_2SO_4 con una concentración de 16% durante 45 minutos a temperatura ambiente, una corriente de 0.53 A y 1 A, y una solución de sellado de H_2O y $Na_2Cr_2O_7$. Para la caracterización electroquímica se empleó la técnica de curvas de polarización potenciodinámica (CPP) con un barrido de -500 mV a 1000 mV con una velocidad de 0.667mV/seg (ASTM G5) en los medios de NaCl y H_2SO_4 .

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 1 donde se muestran potenciales de corrosión más nobles y una menor demanda de corriente para las muestras que fueron selladas en H_2O . Para las

diferentes muestras se observan zonas de pasivación, sin embargo, para las muestras selladas en $Na_2Cr_2O_7$ se presentan picaduras metaestables.

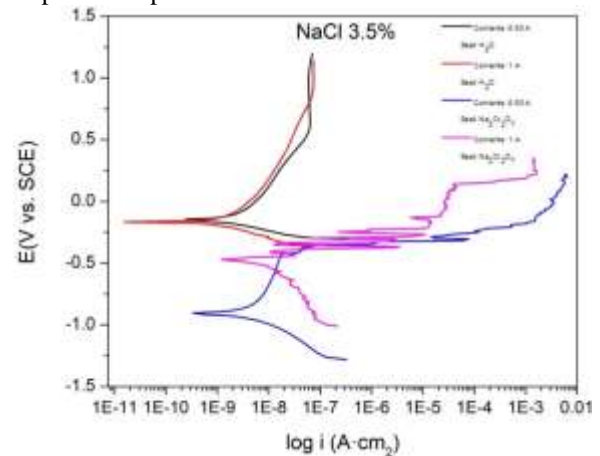


Figura 1. Curva de polarización potenciodinámica en un medio de NaCl al 3.5%.

CONCLUSIONES

Las muestras anodizadas que presentaron un mejor comportamiento fueron las que se sellaron en agua al exponer un potencial de corrosión más noble y una menor demanda de corriente.

REFERENCIAS

- [1] R. H. Zhu, L. I. U. Qing, J. F. Li, Y. L. Chen, X. H. Zhang, & Z. Q. Zheng. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, **28(3)**, 404, (2018).
- [2] J. M. Runge. (2017). *The Metallurgy of Anodizing Aluminum*. 152-156. Springer: Heidelberg, Germany. (2017).

Efecto del tipo de flama en la resistencia en la corrosión de recubrimientos bimodales de aleaciones WC-Co-VC aplicadas por rociado térmico

CTS-O7

R. F. Treviño Morales¹, J. A. Cabral Miramontes^{1*}, M. Lara¹, F. Estupiñan L.¹, P. Zambrano R., C. Gaona Tiburcio¹, F. Almeraya C.¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León.

*E-mail Responsable de la Investigación: jocamira@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En la industria aeronáutica y de generación de energía, en donde por el constante desarrollo y retos que presentan los materiales deben contar con una gama de alto desempeño, las cuales brinde confiabilidad y resistencia a los ambientes a los que serán sometidos [1]. Es debido a esto que los materiales deben conferir mejores propiedades a los nuevos retos, el rociado térmico de WC-Co-VC, es decir, recubrimiento consistente de una matriz metálica reforzada con inclusiones cerámicas de alta dureza y el empleo de partículas de VC prevén un mejoramiento de las propiedades de dureza, así como a resistencia a altas temperatura y a la corrosión [2].

METODOLOGÍA

Los recubrimientos fueron fabricados por rociado térmico en sustratos de acero inoxidable AISI 304 empleando una pistola híbrida de HVOF Sulzer Metco DJH270 con las condiciones presentadas en la Tabla I.

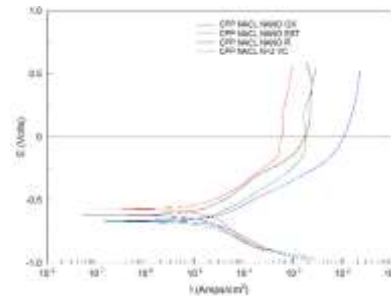
Tabla 1. Parámetros de fabricación de recubrimientos.

Tipo de flama	Reductora	Neutra	Oxidante	N+2 VC
FMR combustión	30	26.5	20	30
FMR oxígeno	27	30	30	27
FMR aire	30	30	30	30

Se utilizaron curvas de polarización potenciodinámicas para evaluar la resistencia a la corrosión con -500 mV a 1000 mV vs E_{corr} y una velocidad de 60 mV x min, utilizando medio ciclo y evaluando los recubrimientos en soluciones de NaCl y H₂SO₄.

RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos de las curvas de polarización potenciodinámica de los recubrimientos evaluados en solución de NaCl, donde se observa que la muestra N + 2VC presenta menor velocidad de corrosión, esto relacionado directamente con el porcentaje de porosidad presente en esta muestra.



CONCLUSIONES

La muestra fabricada con un tipo de flama estequiométrica presentó menor velocidad de corrosión en una solución de NaCl al 5%.

La adición de VC contribuye a disminuir la porosidad y aumentar la resistencia a la corrosión de los recubrimientos.

REFERENCIAS

- [1] Ma, N., Guo, L., Cheng, Z., Wu, H., Ye, F., & Zhang, K. Applied Surface Science, 320, 364, (2014).
- [2] Zavareh, M. A., Sarhan, A. A. D. M., Razak, B. B., & Basirun, W. J. Ceramics International, 41(4), 5387, (2015).

Curvas Potencioestáticas para Evaluación Electroquímica del Acero Inoxidable 15-5PH

CTS-O8

B. Martínez¹, F. Almeraya-Calderón^{1*}, C. Gaona¹, D. M. Bastidas², F. Estupiñán²,
M. Lara B.¹, P. Zambrano¹, J. Cabral¹.

¹Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME – Centro de Investigación e Innovación en ingeniería aeronáutica CIIA. San Nicolás de los Garza, N. L. México, 66455

²The University of Akron.

*E-mail responsable de la investigación: falmeraya.uanl.ciia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de aluminio, aleaciones de titanio, materiales compuestos y aceros, son los grupos de materiales más importantes en la industria aeronáutica. La utilización del acero en componentes de aeronaves se reduce a los aceros inoxidables, que cumplan con la combinación de excelentes propiedades mecánicas, así como resistencia a la corrosión. El acero inoxidable 15-5 PH, en su composición contiene alto % de Cr que le brinda resistencia ante la corrosión, así como Ni que se utiliza para mejorar la tenacidad y otros elementos a través de la formación de partículas precipitadas que promueven el endurecimiento haciéndolo más resistente mecánicamente, siendo el candidato ideal para componentes como el tren de aterrizaje. Componentes como el tren de aterrizaje, entre otros, se exponen a ambientes adversos que pueden generar problemas de corrosión. Uno de los métodos de protección utilizado en aceros inoxidables, es la pasivación. Este método busca a través de un tratamiento químico, reforzar la capa pasiva de óxido de cromo que se genera cuando el acero inoxidable se expone a un ambiente oxidante [1].

METODOLOGÍA

1. Pretratamiento:
 - 1.1 Preparación metalográfica
 - 1.2 Limpieza [2].
2. Pasivación [3]:
 - 2.1 Temperaturas: 25°C, 49°C.
Tiempo: 30min, 90min.
3. Pruebas electroquímicas [4].
 - 3.1 Potenciales en activación, pasivación, transpasivación y segunda pasivación.

RESULTADOS

Parámetros de pasivación: 25°C, 30min.

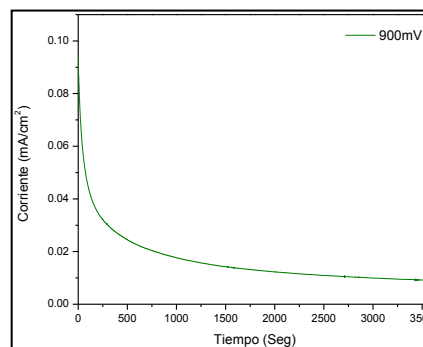


Figura 1. Curva Potencioestática para E= 900mV, en región de pasivación para acero inoxidable 15-5PH en H₂SO₄.

CONCLUSIONES

A través de la curva de polarización potencioestática se comprobó la presencia de la capa pasiva para el acero inoxidable 15-5PH pasivado en ácido cítrico.

El acero inoxidable 15-5PH al ser expuesto a un electrolito de H₂SO₄, presenta una pasivación secundaria.

REFERENCIAS

- [1] A.P. Mouritz, *Introduction to Aerospace Materials*, p. 246, Woodhead, Cambridge UK, (2012).
- [2] ASTM A380-17. ASTM Standard, USA. (2017).
- [3] ASTM. A967-09 ASTM Standard, USA. (1999).
- [4] ASTM. G5-13E2. ASTM International, USA. (2013).

Efecto de la adición de nanopartículas en el comportamiento electroquímico de recubrimientos electroforéticos en sustratos de Aluminio

CTS-O9

F. A Ortiz-Cruz¹, F.H Estupiñán López¹, J. Cabral-Miramontes¹, P. Zambrano Robledo, C. Gaona-Tiburcio.¹, F. Almeraya-Calderón¹

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

*E-mail responsable de la investigación: fcoadrianortiz@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La pintura de imprimación, también conocida como *primer*, reduce las afectaciones ocasionadas por el fenómeno de corrosión en la integridad estructural de los componentes de una aeronave, comúnmente se realiza mediante una deposición por rociado. Sin embargo, existen alternativas como los recubrimientos electroforéticos, donde el proceso consiste en la migración electroforética de partículas cargadas suspendidas en un electrolito hacia un electrodo bajo un campo eléctrico aplicado [1], la cual presenta ventajas significativas con respecto al método convencional. Es importante destacar que actualmente este tipo de recubrimiento se ha convertido en una línea de investigación popular para desarrollar recubrimientos con la adición de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) para una amplia gama de aplicaciones. En el presente trabajo se elaboraron recubrimientos electroforéticos en sustratos de aleaciones de aluminio 2024 y 7075, con adición y sin adición de nanopartículas, se caracterizaron mediante pruebas físicas y pruebas electroquímicas.

METODOLOGÍA

La aplicación del recubrimiento comienza con la limpieza alcalina en sosa cáustica, variando el tiempo de inmersión, posteriormente un decapado con ácido nítrico (HNO₃), se continúa con la aplicación de la pintura de imprimación, la cual se utilizó sin y con adición de nanopartículas, seguido de una etapa de enjuague y posterior curado de la pintura [2]. Se realizó el ensayo de adherencia, espesor y dureza al lápiz. Los parámetros electroquímicos utilizados para la técnica de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) fueron un rango de 50 kHz a 0.01 Hz a 50 puntos por década, la resistencia a la polarización lineal se realizó en un rango de ± 20 mV a partir del potencial de circuito abierto, con una velocidad de barrido de 10

mV/min, en un electrolito de NaCl al 3.5% en peso, realizando las pruebas electroquímicas mencionadas cada 48 horas.

RESULTADOS

Dentro de los resultados de los diagramas de bode se observan valores de impedancia superiores a $10^8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ en sustratos recubiertos con pinturas adicionadas con nanopartículas, lo cual permite catalogarlo como recubrimiento de muy buena protección, esto debido a los valores altos de resistencia dieléctrica que disminuye el paso del electrolito a través de la pintura [3]. La velocidad de corrosión obtenida a partir de la técnica de resistencia a la polarización lineal, nos indica valores de alrededor de 4×10^{-3} mm/año en el caso de la pintura sin nanopartículas y alrededor de 1×10^{-4} mm/año para recubrimientos adicionados con nanopartículas de TiO₂.

CONCLUSIONES

La velocidad de corrosión obtenida en las pruebas de resistencia a la polarización lineal, indican una disminución en la velocidad de corrosión en las muestras recubiertas con la pintura adicionada con nanopartículas. En cuanto a la técnica de EIS la adición de nanopartículas representó un aumento en el valor de impedancia.

REFERENCIAS

- [1] O. Bockris, *Comprehensive Treatise of Electrochemistry* 537-567, Plenum Press, New York 1981.
- [2] J. Olaya-Flórez, M. Torres-Luque, *Resistencia a la corrosión de recubrimientos orgánicos por medio de espectroscopia de impedancia electroquímica*. Universidad de Bogotá, Colombia, ISSN 0123-2126, 2011.

Influencia del pH en el proceso de electrodeposición de Paladio sobre HOPG

CTS-O10

A. S. Bravo Rodriguez¹, C. H. Rios-Reyes², L. H. Mendoza-Huizar^{1*}, M. Rivera³

¹Área Académica de Ciencias Químicas, UAEH, Mineral de la Reforma, Hgo. México.

²Universidad Lasalle Pachuca. Pachuca, Hgo. México.

³Instituto de Física. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

*E-mail Responsable de la investigación: hhuizar@uaeh.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El Paladio en estado macroscópico no es magnético, sin embargo, cuando se encuentra en forma de películas delgadas o de nanopartículas puede presentar ferromagnetismo. Éstas, están siendo ampliamente utilizadas en el campo de la grabación magnética, así como en el campo de la catálisis y la electrónica. Las nanopartículas de paladio se han sintetizado por varios métodos incluyendo la deposición electroquímica. Donde esta última técnica, presenta bajo costo y es sencilla de implementar. Dado lo anterior en el presente trabajo realizamos un estudio electroquímico con la finalidad de sintetizar nanopartículas de paladio sobre superficies de bajo costo como lo es el HOPG (Grafito Piroclítico Altamente Orientado). [1].

METODOLOGÍA

La electrodeposición de Pd sobre un electrodo de HOPG se realizó a partir de un baño que contenía 0.001 M PdCl₂ + 1 M NH₄Cl a valores de pH de 5 y 8, manteniendo una temperatura constante de 40°C. Los transitorios experimentales se analizaron mediante ajustes no lineales utilizando el modelo matemático propuesto por Palomar.ardavé et al, con el fin de obtener los parámetros cinéticos. Finalmente se llevó a cabo un estudio morfológico mediante las técnicas de SEM y AFM.

RESULTADOS

En el estudio voltamperométrico los picos observados en el barrido directo se asociaron a paladio electrodepositado. Se graficó la corriente de pico vs la velocidad de barrido y pudo observarse un comportamiento lineal, lo que indica que nuestro sistema se encuentra controlado por difusión. El estudio cronamperométrico reflejó la presencia de carga de la doble capa, así como el inicio del proceso de cristalización correspondiente al traslape de núcleos. Durante los ajustes no lineales, se obtuvo un coeficiente de difusión de $2.42 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ a un pH de

5. Mientras que, para el pH de 8, el valor fue de $1.11 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$. La entalpía de activación de difusión a un pH de 5 fue de -52.56 kJ/mol, mientras que para el pH de 8 fue de -78.10 KJ/mol. La morfología de los depósitos se estudió mediante AFM y SEM, mediante cronamperometría a potenciales de -0.720 V, tanto de la solución con pH de 5 y 8. La Figuras 1a y 1b así como 2a y 2b, muestran las imágenes obtenidas a partir de las técnicas de SEM y AFM, obtenidas a un pH de 8 y 5 respectivamente.

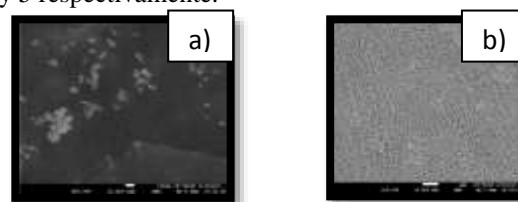


Figura 1. Micrografía SEM.

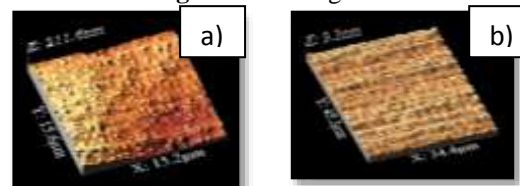


Figura 2. Micrografía AFM 3D.

CONCLUSIONES

En el presente sistema la electrodeposición de Pd, se encuentra controlada por la difusión. En todos los casos, los parámetros cinéticos de nucleación y crecimiento fueron dependientes del potencial en una relación directa. Lo cual puede corroborarse en el estudio morfológico, además se pudo observar un crecimiento 3D por parte de los cúmulos y que existe un mayor recubrimiento del electrodo a un pH= 5.

REFERENCIAS

[1] L.H. Mendoza-Huizar. D. Garrido-Marquez. C.H. Rios-Reyes. M-Rivera. *The Journal of Cluster Science* **26**, 337, (2014).

Estudio electroquímico del proceso de depósito de Fe y Pd sobre ultramicroelectrodos de fibra de carbono y platino

CTS-O11

A. S. Bravo Rodríguez¹, C. H. Rios-Reyes², L. H. Mendoza-Huizar^{1*}

¹Área Académica de Ciencias Químicas, UAEH, Mineral de la Reforma, Hgo. México.

²Universidad Lasalle Pachuca. Pachuca, Hgo. México.

*E-mail Responsable de la investigación: hhuizar@uaeh.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento de datos en medios magnéticos ha experimentado un crecimiento impresionante. El Hierro es el metal más utilizado en la fabricación de dispositivos magnéticos. El Paladio cuando se encuentra en forma de películas delgadas o de nanopartículas puede presentar ferromagnetismo. Estas nanopartículas, están siendo ampliamente utilizadas en el campo de la grabación magnética, así como en el campo de la catálisis y la electrónica. Se han sintetizado por varios métodos, entre ellos la deposición electroquímica. Esta técnica ofrece ventajas para la fabricación de nanoestructuras de forma, tamaño y composición definida, con precisión nanométrica, además de estar regidas por un control difusional [1].

METODOLOGÍA

Se diseñó mediante estudios termodinámicos de zonas de predominio, los baños electrolíticos a base de Fe^{3+} . Con lo anterior, utilizando un sistema típico de tres electrodos, la electrodeposición de Pd sobre los UME de Fibra de Carbono y Platino, se llevó a cabo a partir de un baño que contenía 0.01 M $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ + 0.1 M NaClO_4 a un valor de pH de 3, trabajado a una temperatura de 25°C. Posteriormente se realizó un estudio voltamperométrico con el fin de determinar potenciales de inicio de cristalización y el rango de potencial de depósito. Se efectuó un estudio cronoamperométrico con el propósito de conocer el comportamiento del sistema.

RESULTADOS

Las figuras 1a y 1b muestran una familia de Voltamperogramas obtenidos a partir del electrodo de trabajo UME Fibra de Carbono y UME Platino respectivamente, en el que se observa que los picos observados en el barrido se asociaron al Hierro electrode depositado. Adicionalmente se efectuó la

familia de Voltamperogramas del Electrodo Soporte a diferentes velocidades de Barrido, teniendo que se registra una menor cantidad de corriente lo cual es un resultado esperado.

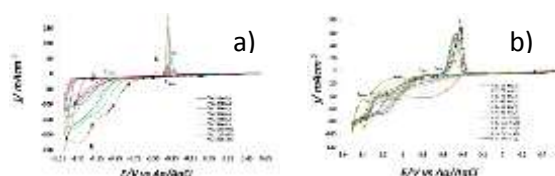


Figura 1. Familia de Voltamperogramas. UME Carbono/ UME Pt/ 0.01 M $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ + 0.1 M NaClO_4

La figura 2a y 2b muestra una familia de transitorios de corriente-tiempo, obtenidos al aplicar diferentes pulsos de potencial utilizado UME Fibra de Carbono y UME Platino respectivamente. Estos transitorios concuerdan con los típicamente obtenidos con el electrodo de trabajo UME.

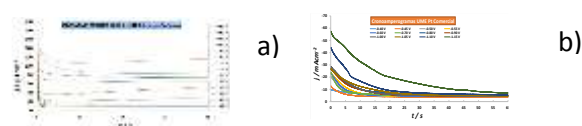


Figura 2. Familia de Cronoamperogramas. UME Carbono/ UME Pt/ 0.01 M $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_3$ + 0.1 M NaClO_4

CONCLUSIONES

En el presente sistema la electrodeposición de Pd, se encuentra controlada por la difusión. El estudio voltamperométrico arrojó resultados preliminares que indican que utilizando UME favorece la electrodeposición del Fe. El análisis cinético se reportará posteriormente.

REFERENCIAS

[1] C. Burda, X. Chen, Chem. Rev, **105**. 1025, (2005)

Evaluación electroquímica de un sistema acero-concreto ternario mediante la técnica de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica

CTS-O12

A. E. Landa-Gómez^{1*}, G. Fajardo-San Miguel², R. Orozco-Cruz³, R. Galván-Martínez³

¹Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

²Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

³Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

* Email Responsable de la investigación: aldolanda12@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La corrosión en las estructuras de concreto reforzado (ECR) es un problema que se presenta principalmente en medios marinos [1]. Los reportes de diversas investigaciones ostentan diferentes alternativas para la disminución de este fenómeno, en los cuales se reportado el uso de aceros galvanizados [2], sustituciones al cemento portland por puzolanas naturales [3] y actualmente el uso de nanopartículas [4]. La técnica de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE) es de gran utilidad para la evaluación de los mecanismos de corrosión en los sistemas de acero – concreto, con la cual se puede determinar la contribución de los electrodos presente es este tipo de medios [5 – 6].

METODOLOGÍA

La evaluación de la corrosión se llevó a cabo mediante la técnica de EIE, en la cual se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo. Se utilizó una celda electroquímica típica de tres electrodos, un electrodo de trabajo (acero AISI 1018 y acero galvanizado), un electrodo de referencia (Calomel saturado – Hg/Hg₂Cl₂) y un electrodo auxiliar (barra de grafito sinterizado).

Los electrodos de trabajo se embbebieron en concretos ternarios con relación $a/c = 0.45$, con sustitución parcial de cemento portland (CPO 40) en 10, 20 y 30% de cemento portland, estos porcentajes corresponden al 50% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y 50% de ceniza volante.

RESULTADOS

Se obtienen espectros EIE con tres bandas principales que se detectan en bajas, medias y altas

frecuencias. De acuerdo con el análisis cuantitativo mediante el ajuste de circuitos eléctricos equivalentes (CEE), los aceros AISI 1018 y galvanizado embebidos en los concretos con sustitución parcial del 10 y 20% presentan menores valores de capacitancias de la doble capa electroquímica (C_{dc}), lo que se atribuye una mayor protección contra el fenómeno de corrosión. Es importante mencionar que los menores valores de resistencia a la transferencia de carga (R_{tc}) se obtuvieron en el acero de refuerzo galvanizado.

CONCLUSIONES

El uso de puzolanas naturales contribuye a la disminución del fenómeno de corrosión, esto de acuerdo con los resultados de EIE, lo que ayudará al aumento de la vida útil de las estructuras de concreto reforzado y la disminución de los costos de mantenimiento de estas, así como la reutilización de productos de desecho.

REFERENCIAS

- [1] J., Hu, P., Deng, X., Li, J., Zhang, & G. Wang, *Constr Build Mater.*, **183**, 180, (2018).
- [2] T., Bellezze, D., Timofeeva, G., Giuliani, & G. Roventi, *Cement Concrete Res.*, **110**, 1, (2018).
- [3] P., Jagadesh, A., Ramachandramurthy, & R., Murugesan, *Construction and Building Materials*, **176**, 608, (2018).
- [4] M. S. M., Norhasri, M. S. Hamidah, & A. M. Fadzil, *Constr. Build Mater.*, **133**, 91, (2016).
- [5] M. G., Sohail, R., Kahraman, N. A., Alnuaimi, B. Gencturk, W., Alnahhal, M., Dawood, & A., Belarbi, *Constr. Build Mater.*, **232**, 117205, 2020.
- [6] D. V., Ribeiro & J. C. C. Abrantes, *Construction and Building Materials*, **111**, 98, (2016).

Mejora de la durabilidad de materiales base cemento con adiciones de biopolímeros expuestos a un ambiente ácido

CTS-O13

P. Y. González Calderón¹, A. A. Torres Acosta^{2*}

¹Estudiante, Ingeniería Civil, Instituto Tecnológico Regional de Oaxaca

²Profesor/Investigador, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Querétaro

*E-mail Responsable de la investigación: atorresa@tec.mx

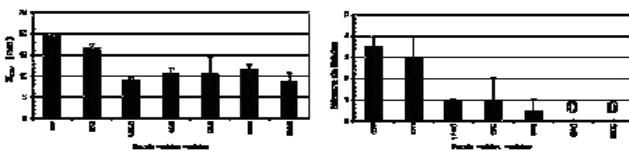
INTRODUCCIÓN

Investigaciones anteriores han demostrado que Opuntia Ficus Indica (OFI, también llamado nopal) es un biopolímero con tales contribuciones en materiales base de cemento expuestos a ambientes contaminados con cloruro al funcionar como un coagulante de agua y cloruro en los poros, y como inhibidor de corrosión para acero embebido [1-5]. El objetivo fue determinar si el mismo mucílago de cactus, OFI, puede actuar como un inhibidor de corrosión para el acero al carbono en materiales base cemento (mortero) expuestos naturalmente a un ambiente de carbonatación (ácido) durante ~ 15 años.

METODOLOGÍA

- Las mezclas de mortero se fabricaron con diferentes concentraciones de mucílago OFI como remplazo del agua: 0% (control), 1.5%, 4%, 8%, 42% y 95%: 24 cubos (5x5x5 cm) y 16 prismas reforzados (2.5x5x10 cm). Se expusieron a un ambiente de laboratorio (22±3 °C y 50% - 60% HR) durante ~ 15 años.
- Los cubos se usaron para realizar la caracterización de la durabilidad: resistividad eléctrica (ρ_s), % de contenido total de vacío (%TV), porosidad capilar (ϵ_{EF}) y resistencia a la compresión (f_c) (resultados de cubos no incluidos).
- Se determinó el frente de carbonatación de las mezclas evaluadas, usando un indicador de pH (fenolftaleína) después de realizar pruebas de f_c en los cubos abiertos durante esta prueba.
- Se examinaron los prismas para detectar grietas en la superficie, generadas posiblemente la corrosión del acero.
- Se realizaron técnicas electroquímicas en el acero embebido durante la exposición de laboratorio durante ~ 15 años: Potencial de media celda (E_{cor}) y resistencia a la polarización lineal (R_p). Con los valores de R_p se estimó la velocidad de corrosión del acero (i_{cor}).

RESULTADOS



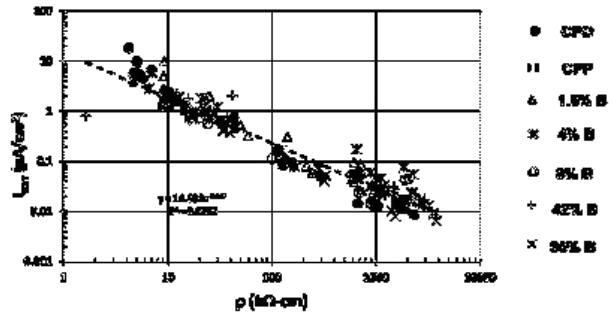
Profundidad de carbonatación Número de grietas

Se observó que la penetración de la carbonatación (acidificación) en los cubos de mortero fue de 18 mm para el

mortero control y entre 9-12 mm para los morteros con mucílago.

El número de grietas observadas en el mortero control, y aparentemente generadas por la corrosión del refuerzo, fue entre 3-4 grietas (de 4 posibles por mezcla), comparado con el número en los prismas de mortero con mucílago que fueron un número mucho menor: 0-1 grieta.

Se observó una excelente correlación entre ρ_s e i_{cor} para este tipo de condición de exposición a un ambiente ácido (mortero carbonatado). En todos los casos el desempeño de ρ_s e i_{cor} para el mortero con mucílago, fueron mayores que los obtenidos con los prismas del mortero control.



CONCLUSIONES

El mucílago OFI disminuyó la carbonatación dentro del mortero.

El mucílago OFI funciona como un inhibidor efectivo de la corrosión del acero en mortero carbonatado (ataque ácido).

Se encontró una relación entre los valores de ρ_s e i_{cor} que corroboran los obtenidos en investigaciones anteriores.

REFERENCIAS

- A.A. Torres-Acosta et al., *Constr. & Build. Mats*, **243**, (2020).
- A.A. Torres-Acosta, *J. Chem Tech. and Biotech.*, **94**, 11, (2019).
- E.F. Hernández et al., *Mats. De Constr.*, **66**, 321, (2016).
- W. Martínez-Molina et al., *Anti - Corr. Methods and Mats.*, **63**, 1, (2016).
- W. Martínez-Molina et al., *Intl. J. of Architect. Heritage*, **9**, 4, (2015).

Influencia del tratamiento térmico en los mecanismos de corrosión de recubrimientos de CrN depositados por HiPIMS

CTS-O14

M. L. Cedeño Venté^{1*}, D. G. Espinosa Arbeláez^{1*}, A. E. Gómez Ovalle¹, G. C. Mondragón¹, J. M. González¹, J. M. Alvarado Orozco¹

¹Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI-Querétaro).

*E-mail Responsables de la investigación: m.cedeno@posgrado.cidesi.edu.mx
diego.espinosa@cidosi.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los recubrimientos de nitruros de cromo (CrN) son ampliamente usados en aplicaciones que requieren alta resistencia a la corrosión, debido a su estabilidad química en los ambientes corrosivos típicos. Sin embargo, la presencia de defectos microestructurales formados en el proceso de fabricación, actúan como rutas de difusión del electrolito hacia la interfaz del sustrato. Esto conduce a problemas de corrosión localizada y posterior delaminación del recubrimiento. Una opción para reducir la cantidad de defectos y, por tanto, mejorar la resistencia a la corrosión consiste en tratar térmicamente el recubrimiento. Por ejemplo, los procesos de recocido pueden modificar la respuesta a la corrosión del sistema recubrimiento/acero al reducir la porosidad, controlar los esfuerzos residuales, distribuir elementos de aleación y formar fases con mayor resistencia a la corrosión [1]. Pese a esto, no existen estudios del efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades electroquímicas y los mecanismos de corrosión de los recubrimientos de CrN depositados mediante procesos de pulverización de alta potencia (HiPIMS). Este trabajo evaluó la influencia del post-recocido en cuatro tipos de Cr_xN depositados por HiPIMS. Para comprender el mecanismo de corrosión de los recubrimientos, los cambios microestructurales, tipos de defectos y la transformación de fase se relacionaron con las propiedades electroquímicas.

METODOLOGÍA

Los recubrimientos de Cr_xN se fabricaron en un reactor HiPIMS-PVD utilizando un blanco de Cr (99.99% de pureza), relación de N₂/Ar de 0.2 y 0.4 a presión de trabajo de 5×10⁻² mbar. Los sustratos de acero M2 se polarizaron a -150 y -250 V, manteniendo una temperatura de 400 °C. Durante el proceso se

mantuvo un ciclo de trabajo de 2.8 %. El tiempo de depósito fue de 120 minutos. Posterior al depósito, un conjunto de muestras se trató térmicamente en aire. El tratamiento de recocido se llevó a cabo en el horno tubular a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min hasta alcanzar una temperatura de 550 °C. El tiempo de mantenimiento fue de 120 min. Las muestras se enfriaron en horno y luego se prepararon para una caracterización adicional.

RESULTADOS

Microestructuras columnares con microdefectos incrementan la porosidad del recubrimiento y aumentan la velocidad de acceso del electrolito al sustrato, por tanto, la corrosión por picado abarca gran parte del recubrimiento (figura 1a). La reducción de defectos y esfuerzos residuales observada en las muestras tratadas térmicamente permiten disminuir la corrosión (figura 1b) hasta en 2 órdenes de magnitud.

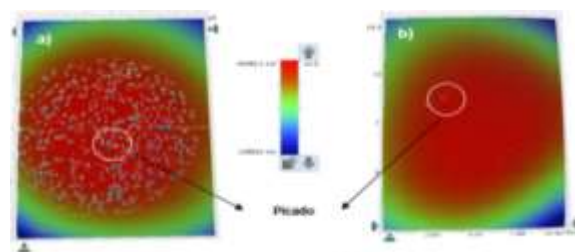


Figura 1. Superficie corroída: a) sin y b) con TT.

CONCLUSIONES

El tratamiento térmico de recocido es un proceso adecuado para mejorar significativamente la resistencia a la corrosión del sistema CrN/acero M2.

REFERENCIAS

[1] A. Y. Adesina, Z. M. Gasem, A. M. Kumar, *Materials and Corrosion*, **70**, (2019).

Tratamiento anticorrosivo de monedas del siglo XX y su evaluación por Espectroscopía de Impedancia Electroquímica

CTS-O15

A. García Valverde¹, R. Galván-Martínez², R. Orozco-Cruz^{2*}

¹Facultad de Ciencias Químicas-Región Veracruz-Universidad Veracruzana.

²UV-CA 245: Ingeniería de Corrosión y Protección- Instituto de Ingeniería-UV.

*E-mail Responsable de la investigación: rorozco@uv

INTRODUCCIÓN

Los objetos metálicos de interés histórico y arqueológico suelen encontrarse muy raramente en su estado original, ya que la acción oxidante del ambiente provoca que las piezas halladas presenten un estado variable de deterioro con el paso del tiempo, el cual es provocado de manera principal por el oxígeno y la humedad que eventualmente generan el proceso de corrosión del metal.

Ante este problema, en este trabajo se evaluaron tres diferentes sustancias anticorrosivas que fueron aplicadas a monedas mexicanas que datan del siglo XX con el fin de determinar sus capacidades protectoras.

METODOLOGÍA

Se evaluó un grupo selecto de 16 monedas con denominaciones: 5 centavos, 10 centavos, 20 centavos y un peso. Las sustancias anticorrosivas evaluadas fueron: Cosmolloid, Kleergel y Renaissance. El análisis químico, morfológico y superficial de tres sustancias anticorrosivas sobre los productos de corrosión de las monedas se realizó mediante Microscopía Electrónica de Barrido acoplado a un Espectrómetro de Energía Dispersiva de Rayos X (MEB-EDX), Fluorescencia de Rayos X (FRX) y Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (IR-TF). La capacidad protectora de las sustancias anticorrosivas se evaluó por Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE). Las condiciones de operación de la técnica de EIE fueron: una amplitud sinusoidal de 10 mV y un intervalo de frecuencia de 10 kHz a 0.01 Hz, obteniendo 10 ppd.

RESULTADOS

El análisis de composición química elemental por EDX y FRX demostró dos aleaciones diferentes de Cobre-Níquel y Cobre-Zinc. La caracterización electroquímica por EIE, presentó un mejoramiento en

la capacidad protectora al aplicar las sustancias anticorrosivas ante un medio agresivo como lo fue el NaCl.

Tabla 1. Generalidades de las monedas

GRUPO	DENOMINACION	PERIODO	ALEACION
A	5 pesos	1971-1978	75% Cu 25% Ni
B	20 centavos	1955-1971	95% Cu 5% Zn
C	50 centavos	1964-1983	75% Cu 25% Ni
D	5 centavos	1942-1955	95% Cu 5% Zn

CONCLUSIONES

Los productos de corrosión de la moneda del grupo "A" mostraron altos valores de impedancia en comparación con los otros grupos. La capacidad protectora de las sustancias anticorrosivas evaluada por EIE, demostró que la grasa inhibidora tuvo los mejores resultados que las ceras microcristalinas en los grupos "B", "C" y "D". En las ceras microcristalinas el aumento de los valores de impedancia se debe al ingreso de iones cloruro por la degradación de la sustancia anticorrosiva, provocando el crecimiento de la capa de productos de corrosión.

La aplicación de las sustancias anticorrosivas mejora la protección de las monedas mexicanas, sin embargo, en ambientes agresivos estos se degradan; por lo que su uso es adecuado en ambientes libres de iones cloruro.

REFERENCIAS

[1] D. Syvilay, et. al., *Spectrochimica Acta Part B*, **127**, 28 (2017).

[2] B. Barat, A. Crespo, E. García. *Journal of Cultural Heritage*, **24**, 93, (2017).

Estudio experimental de la evolución de frentes ácidos durante la corrosión galvánica de los sistemas Acero/AA6063 y Acero/AA7075

CTS-O16

A. E. Ortiz Ozuna¹, R. Montoya López*, A. Ruiz García, J. Genescá Llongueras.

¹Facultad de Química, UNAM

*E-mail Responsable de la investigación: rmontoyal@unam.mx

alma_ortiz@comunidad.unam.mx

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las industrias aeroespacial, militar y automotriz han estado promoviendo el desarrollo tecnológico de materiales compuestos para lograr buenas resistencias mecánicas [1]. Uno de los elementos más empleados es el aluminio y sus aleaciones debido a su excelente combinación de propiedades, tales como su buena resistencia a la corrosión, excelente conductividad térmica, alta relación de peso-resistencia y buena ductilidad [2]. Sin embargo, su uso se ve limitado debido a la corrosión galvánica, resultante de la unión eléctrica entre dos metales expuestos a un electrolito, en el cual el metal menos noble (o más activo) experimentará el proceso de corrosión [3].

En el presente trabajo se propone un arreglo experimental novedoso para estudiar la evolución del pH en los sistemas Acero (AC)/Aleación de aluminio 6063 (AA6063) y AC/Aleación de aluminio 7075 (AA7075).

METODOLOGÍA

2.1 Implementación de un sistema basado en el uso de electrolitos no convencionales diseñados químicamente para revelar el avance de algunas especies químicas generadas debido a las reacciones redox gobernantes.

2.2 Obtención de datos experimentales durante el proceso de corrosión de los pares galvánicos AC/AA6063 y AC/AA7075 para así obtener las distribuciones dinámicas de pH para cada caso.

RESULTADOS

En la Figura 1 se observa cómo la velocidad de avance de frentes ácidos sobre el AA7075 es ligeramente mayor que en AA6063, lo que se encuentra en sintonía con el estado final de ambas superficies, dichas evidencias se anexan en el trabajo

en extenso.

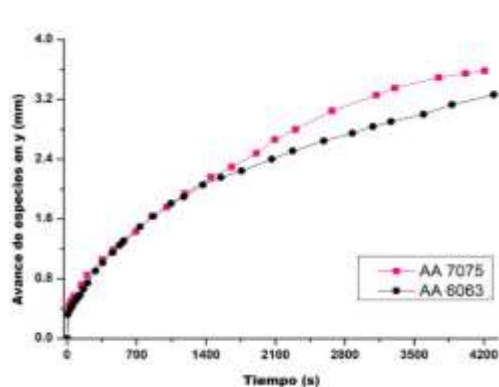


Figura 1. Avance del frente ácido en el electrolito para los sistemas AC/AA6063 y AC/AA7075.

CONCLUSIONES

Por medio del diseño experimental propuesto, fue posible observar de manera precisa el avance de especies químicas en el electrolito, relacionadas directamente con los productos de corrosión en los sistemas AC/AA6063 y AC/AA7075. Dicho registro se llevó a cabo de manera dinámica, pudiendo así construir mapas tridimensionales de especies químicas en el tiempo.

REFERENCIAS

- [1] M. Sherif, A.A. Almajid, F. Hamdan, H. Junaedi, *International journal of electrochemical science*, **6**, 1085, (2011).
- [2] Z. Peng, X. Nie, *Surface and coatings technology*, **215**, 85, (2013).
- [3] W.D. Callister Jr., *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los materiales 2*, p. 286, Editorial Reverté, Barcelona España (2007).

Estudio electroquímico de la capacidad protectora de pátinas artificiales de CuSO_4 expuestas en un ambiente urbano-marino

CTS-O17

A. A. Triana-Romero¹, E. Mejía-Sánchez¹, K. C. Alemán-Xolo², R. Galván- Martínez¹,
R. Orozco-Cruz^{1*}

¹UV-CA-245-Ingeniería de Corrosión y Protección-Instituto de Ingeniería, UV.

²Facultad de Ciencias Químicas, Región Veracruz. Universidad Veracruzana.

*E-mail Responsable de la investigación: rorozco@uv.mx

INTRODUCCIÓN

La conservación del patrimonio histórico en la actualidad resulta de gran importancia debido a que su existencia enseña cómo la humanidad ha ido progresando y son muestra tangible de los vestigios de la ciencia, la historia y filosofía del hombre. Los objetos metálicos que tienen este valor están sufriendo un daño constante y natural debido al fenómeno de corrosión, el cual es inevitable y lo único que se puede hacer es disminuirlo. Las piezas de cobre y sus aleaciones se protegen con sus mismas capas de óxidos conocidas como “pátinas”, cuya capacidad protectora se verá afectada por sus interacciones con el medio. Por tal motivo, en esta investigación se evaluó la capacidad protectora de una pátina de sulfato de cobre formada artificialmente sobre un bronce cuaternario.

METODOLOGÍA

En este estudio se muestran los resultados de la medición de contaminantes atmosféricos (Cloruros y Sulfatos) en la zona costera Boca del Río, Veracruz, basándose en la normativa ISO 9225:2012[1]. Posteriormente, se formaron pátinas artificiales de sulfato de cobre [2] sobre un bronce cuaternario con el fin de simular los mecanismos de degradación y protección. Para ello, se aplicaron técnicas electroquímicas, representando la superficie de un patrimonio histórico de una aleación análoga expuesto a un ambiente marino durante varios años, con el objetivo de contribuir a su conservación evitando deteriorar su parte histórica y estética. Dichos ensayos electroquímicos son: Resistencia a la Polarización Lineal (RPL), Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE) y un seguimiento del potencial de corrosión (Ecorr), realizándose con una celda gelificada de una solución de Cloruro de Sodio con Agar al 3.5% peso [3].

RESULTADOS

La medición de los contaminantes atmosféricos concluyó que se tiene una alta concentración de cloruros y una baja concentración de sulfatos, teniendo una clasificación S_3 y P_0 respectivamente de acuerdo con la normativa, siendo un ambiente agresivo para los metales. La caracterización morfológica y estructural indica que antes de su exposición al ambiente la superficie fue porosa, después de ser expuesta 5 semanas la superficie se vuelve rugosa y con una distribución de cristales más homogénea. El estudio electroquímico nos indicó que a los primeros días la capacidad protectora de la pátina es baja, después de la primera semana expuesta a la intemperie existió un aumento en la resistencia de transferencia de carga debido al crecimiento de productos de corrosión más estables sobre la superficie.

CONCLUSIONES

Conforme las piezas de bronce son exhibidas al ambiente, las pátinas de sulfatos sufren de diversos cambios significativos, los cuales concuerdan con los análisis de contaminantes que tienen un efecto sobre los metales, siendo que al principio de la exposición son afectados por el cambio de medio y conforme transcurrió el tiempo se fueron estabilizando, consiguiendo buenas capacidades protectoras.

REFERENCIAS

- [1] ISO 9225. Corrosion of metals and alloys of atmospheres, Measurement of environmental parameters affecting corrosivity of atmospheres, ISO/TC 156, 2nd Edition, (2012)
- [2] K. Marušić, H. Otmačić, S. Horvat-Kurbegović, H. Stupnišek, *Electrochem Acta*, **54(27)** (2009)
- [3] B. Ramírez, y E. Cano, *Ge- Conservación*, **8(6)**, 13 (2015).

Síntesis de recubrimientos híbridos anticorrosivos de PU reforzados con nanoestructuras de La-Pr-O

CTS-O18

E. Rocha Ortiz¹, S. B. Brachetti-Sibaja^{1*}, M. A. Domínguez-Crespo², A. M. Torres Huerta²

¹Tecnológico Nacional de México, ITCM, Av. Primero de Mayo esq. Sor Juana Inés de la Cruz s/n Col. Los Mangos, 89440, Cd. Madero Tam., México.

²Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Campus Hidalgo, Carr. Pachuca-Actopan, km 1+500, Ciudad del Conocimiento y la Cultura, 42162 Hgo. México.

*E-mail Responsable de la investigación: silvia.brachetti@itcm.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de barreras de protección ante el fenómeno de la corrosión en la industria cada vez es más exigido ante la demanda de sistemas más eficientes para la protección de los activos que implican materiales metálicos. Dentro de los distintos tipos de protecciones, los recubrimientos orgánicos son los de mayor uso por la buena respuesta que ejercen ante los diferentes medios, así como la facilidad en su aplicación. La incorporación de compuestos inorgánicos, tales como óxidos metálicos, ha sido de interés en recientes investigaciones. El objetivo de este trabajo es la síntesis de recubrimientos híbridos basados en poliuretano, PU-HDI, reforzado con nanoestructuras de óxido de lantano y praseodimio [1].

METODOLOGÍA

Los óxidos se obtuvieron por descomposición térmica de $\text{La}(\text{NO}_3)_3$ y $\text{Pr}(\text{NO}_3)_3$, la aleación de las nanoestructuras se obtuvo por molienda mecánica en cinco diferentes porcentajes en peso: 90-10, 10-90, 50-50, 75-25, 25-75. Los polvos se redujeron de tamaño en un molino de bolas de alta energía, SPEX 8000M, equipado con un contenedor de acero endurecido en una atmósfera de argón. Las nanopartículas se dispersaron en la matriz de poliuretano mediante agitación magnética. Los recubrimientos sintetizados se desarrollan a tres porcentajes en peso de 1, 3 y 5%, con respecto al PU. Los recubrimientos híbridos se aplicaron con el método de aspersión sobre sustratos de acero al carbono comercial (AISI-1060). Con un pretratamiento metalográfico con lijas con hojas de carburo de silicio (SiC) de #400 al #1200. Los recubrimientos sintetizados fueron evaluados

estructural y morfológicamente mediante difracción de rayos X (DRX) y microscopía electrónica de barrido (MEB), respectivamente, así como técnicas electroquímicas como potencial a circuito abierto (OCP), resistencia a la polarización (R_p), espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y curvas de Tafel.

RESULTADOS

Mediante pruebas de resistencia a la polarización se obtuvieron algunos parámetros como la corriente y de corrosión, I_{corr} , R_p y la velocidad de corrosión, los resultados se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la prueba de R_p

Muestra	I_{corr} (10^{-6} A)	R_p ($10^6 \Omega$)	Vel_{corr} (10^{-3} mpy)
Sustrato	5.305	0.004	2424
PU	0.530	48	0.243
$\text{La}_{90}\text{Pr}_{10}$ (99:1)	0.016	1615	0.007
$\text{La}_{90}\text{Pr}_{10}$ (97:3)	0.070	367	0.032
$\text{La}_{90}\text{Pr}_{10}$ (95:5)	0.363	71	0.165

CONCLUSIONES

Los recubrimientos sintetizados con la dispersión de nanoestructuras de óxido de lantano y praseodimio aportaron una reducción en la velocidad de corrosión. El recubrimiento $\text{La}_{90}\text{Pr}_{10}$ (99:1) es el que presenta una menor velocidad de corrosión.

REFERENCIAS

[1] D.K. Chattopadhyay, K.V.S.N. Raju, *Progress in Polymer Scienc*, **32**, 352, (2007).

Estudio de la capacidad protectora de películas de SiO₂, ZnO y SiO₂-ZnO sobre productos de corrosión de hierro colado

CTS-O19

T. E. Hernández-Barrios¹, D. E. Arceo-Gómez¹, Cruz¹ J. Reyes-Trujeque², R. Galván-Martínez¹,
R. Orozco-Cruz^{1*}

¹UV-CA-245-Ingeniería de Corrosión y Protección-Instituto de Ingeniería, UV.

²Centro de Investigación en Corrosión, Universidad Autónoma de Campeche

*E-mail responsable de la investigación: rorozco@uv.mx

INTRODUCCIÓN

Una gran parte del Patrimonio Histórico Metálico está fabricado en hierro y al igual que otros materiales metálicos, éstos tienden a sufrir problemas de corrosión. Ante dicha problemática, se ha hecho uso de inhibidores de corrosión y recubrimientos protectores para la conservación del Patrimonio Metálico, sin embargo, la mayoría de estos tratamientos alteran la estética de la superficie. Las películas sol-gel representan una opción viable como método de protección de los objetos de valor histórico, ya que, poseen propiedades anticorrosivas, son de fácil aplicación y son transparentes, por lo que no afectarán la imagen original de éstos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad protectora de las películas de SiO₂, SiO₂-ZnO y ZnO sobre productos de corrosión de hierro colado.

METODOLOGÍA

Se expusieron piezas de hierro de colado a la atmósfera para permitir el crecimiento de productos de corrosión. Posteriormente, se sintetizaron nanopartículas de ZnO y SiO₂ mediante el método sol-gel para la elaboración de las películas protectoras. Se caracterizó la capa de productos de corrosión con y sin las películas mediante Microscopía Electrónica de Barrido y por Espectroscopía Raman. Para evaluar la capacidad protectora de la capa de productos de corrosión y las películas protectoras, se utilizó Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE). La celda consistió en un arreglo estándar de tres electrodos utilizando como electrolito una solución de NaCl al 3.5% peso.

RESULTADOS

La caracterización de la capa de productos de corrosión está constituida por los oxihidróxidos α -FeOOH, β -FeOOH y γ -FeOOH. El análisis por EIE de los productos de corrosión se puede apreciar un proceso de transferencia de masa. En cuanto a las películas protectoras, en todos los ensayos existe la presencia de dos constantes de tiempo, indicativo de la presencia de las películas protectoras. También puede apreciarse que estas películas se degradan con el tiempo de exposición en NaCl al 3.5%.

CONCLUSIONES

El análisis electroquímico encontró que la película de SiO₂ ofrece la mayor protección en exposición en NaCl al 3.5%, sin embargo, se degrada rápidamente. El sistema con menor capacidad protectora fue la película de ZnO. Los sistemas SiO₂ y SiO₂-ZnO tienen buena protección ante los agentes corrosivos, por sus altos valores de impedancia en el tiempo inicial. La apariencia transparente y protectora de estas películas es una opción viable como películas sobre objetos de patrimonio histórico de hierro.

REFERENCIAS

- [1] P. Dillmann, D. Watkinson, E. Angelini, & A. Adriaens, (Eds.). *Corrosion and conservation of cultural heritage metallic artefacts*, p 540, Elsevier, (2013).
- [2] E. Cano, D. Lafuente, D.M. Bastidas. *Solid State Electrochem*, **14**, 381 (2010).

Análisis por EIE de un híbrido (convertidor de óxido- SiO₂) sobre productos de corrosión de hierro colado

CTS-O20

D. E. Arceo-Gómez¹, J. Reyes-Trujque², R. Galván-Martínez³, R. Orozco-Cruz³

¹Doctorado en Materiales y Nanociencia-Centro MICRONA-Universidad Veracruzana

²Centro de Investigación en Corrosión-Universidad Autónoma de Campeche

³UV-CA-245-Ingeniería de Corrosión y Protección-Instituto de Ingeniería-UV.

E-mail Responsable de la investigación: davarceo@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los convertidores de óxido son de mucha utilidad en la conservación de metales de interés histórico. Sin embargo, estos convertidores no permanecen mucho tiempo sobre la superficie, siendo susceptible a la radiación UV y la humedad, lo que conlleva a la degradación de la película convertida y por ende a una nueva aplicación del convertidor de óxido. Actualmente, se han desarrollado materiales híbridos que brindan mejores propiedades. A partir de esto, surge la idea de combinar las propiedades del convertidor de óxido con NPs de SiO₂ formando un híbrido. El objetivo es evaluar la capacidad protectora del híbrido (convertidor de óxido-SiO₂) sobre productos de corrosión de hierro colado. La caracterización electroquímica se realizó empleando Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE). Por otra parte, para la caracterización superficial se empleó Microscopía electrónica de barrido acoplado a un espectrómetro de energía dispersiva (MEB-EDX).

METODOLOGÍA

El crecimiento de productos de corrosión se llevó a cabo por exposición atmosférica de piezas de hierro colado. Posteriormente, se preparó una formulación de extracto de *Mimosa tenuiflora* como convertidor de óxido. Se sintetizaron NPs de SiO₂ a través del método sol-gel utilizando como precursor tetraetilortosilicato (TEOS), en la cual se utilizaron dos diferentes metodologías de síntesis (Tabla 1) [2,3]. La formación del híbrido consistió en la incorporación de NPs de SiO₂ de cada síntesis sobre la matriz polifenólica del convertidor de óxido en concentraciones de 0.01%, 0.1% y 0.5%. El híbrido desarrollado se aplicó por aspersión sobre la capa de productos de corrosión. La caracterización superficial se llevó a cabo por MEB-

EDX. Por otra parte, el análisis electroquímico se realizó mediante Espectroscopía de Impedancia Electroquímica.

RESULTADOS

El análisis por MEB-EDX mostró la presencia de Si sobre la superficie del híbrido, indicando que las NPs de SiO₂ se mezclaron con la matriz polifenólica del convertidor de óxido. Los diagramas de Nyquist mostraron un incremento de los valores de impedancia del híbrido en comparación con únicamente el convertidor de óxido.

Tabla 1. Cantidades de reactivos para síntesis sol-gel

Elemento	TEOS (ml)	Agua (ml)	Etanol (ml)	NHOH ₄ (ml)
Síntesis 1	6	2.6	4.2	-
Síntesis 2	9	-	312.5	22.5

CONCLUSIONES

Las propiedades del convertidor de óxido de la *Mimosa tenuiflora* mejoraron al añadirle NPs de SiO₂, aumentando su capacidad protectora y disminuyendo su degradación ante los iones cloruro.

REFERENCIAS

[2] M. Echeverrie, L.F. Giraldo, B.L. López. *Scientia et Technica*, **36**, 169, (2007).

[3] R.T. Sakai, F. M. Di L. da Cruz, H.G. de Melo, A.V. Benedetti, C.V. Santilli, P.H. Suegama. *Progress in Organic Coating*, **74**, 288, (2012).

Triazoles derivados de alcohol bencílico como inhibidores de corrosión en patrimonio histórico, artístico y cultural

CTS-O21

G. Sosa von Putlitz¹, A. Espinoza Vázquez^{1,2*}, F.J Rodríguez Gómez¹, G. E. Negrón Silva³

¹Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, UNAM.

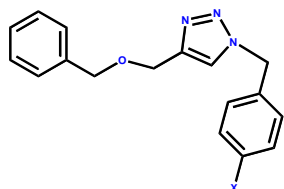
²Instituto de Investigaciones en Materiales, Universidad Nacional Autónoma de México.

³Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.

*E-mail Responsable de la investigación: arasv_21@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

El cobre y sus aleaciones se utilizan ampliamente en una gran variedad de aplicaciones como: monedas y obras de arte, entre otros. Se ha reportado que estas aleaciones sufren corrosión severa en ambientes que contienen oxígeno. Por lo que, para disminuir este daño, se utilizan los inhibidores de corrosión que principalmente son los que tienen heteroátomos de oxígeno y nitrógeno en su estructura química. En la búsqueda constante de compuestos orgánicos que sean útiles en la protección de superficies metálicas están los triazoles derivados del alcohol bencílico (Figura 1), que han demostrado ser eficientes a bajas concentraciones en acero al carbono.



X = F, Cl, Br, I, H

Figura 1. Estructura química de triazoles derivados de alcohol bencílico.

METODOLOGÍA

La celda electroquímica convencional que se utilizó es: bronce C844 como electrodo de trabajo, un electrodo de Ag/AgCl como referencia y una barra de grafito como electrodo auxiliar. El electrolito utilizado es una solución de NaCl al 3 % wt, las técnicas electroquímicas analizadas son: Espectroscopia de impedancia electroquímica, Resistencia a la polarización lineal y Curvas de polarización.

RESULTADOS

El diagrama de Nyquist de la Figura 2 muestra las diferentes concentraciones del inhibidor que tiene el halógeno de Flúor en su estructura. Comparando 10 ppm del inhibidor con la muestra testigo (Blanco), no presentó cambio significativo en el diámetro del semicírculo. Se puede atribuir a que no existe una buena adsorción del inhibidor para esta concentración

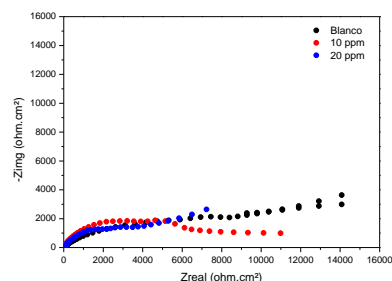


Figura 2. Diagrama de Nyquist con y sin inhibidor de triazol fluorado en bronce C844 inmerso en NaCl 3 % wt

CONCLUSIONES

El compuesto con Flúor no presentó protección contra la corrosión en el bronce C844 a bajas concentraciones.

REFERENCIAS

- [1] S. Varvara, L.M Muresan, K. Rahmouni, H. Takenouti, *Corrosion Science*, **50**, 2596, (2008).
- [2] A. Balbo, C. Chiviari, C. Martini, C. Monticelli, *Corrosion Science*, **59**, 204, (2012).

Desempeño de películas de UHMW-PE para protección contra la corrosión de aleaciones Ti6Al4V en medio biológico PBS variando el tiempo de depósito

CTS-O22

K. Anaya Garza¹, M. A. Domínguez Crespo^{2*}, A. M. Torres Huerta².

¹Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Altamira, CIAMS, km 14.5 carretera Tampico –Puerto Industrial Altamira, Tamps., México CP 89600.

² Instituto Politécnico Nacional, UPIIH-Hidalgo, Carretera Pachuca - Actopan Kilómetro 1+500, Pachuca Ciudad del Conocimiento y la Cultura, San Agustín Tlaxiaca, 42162 Hidalgo.

*E-mail Responsable de la investigación: adcrespo2000@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La aleación Ti6Al4V es comúnmente empleada en aplicaciones ortopédicas por sus excelentes propiedades mecánicas y resistencia al desgaste; no obstante, al interactuar con el medio biológico se promueve el proceso de corrosión de la aleación, ocasionando la liberación de iones metálicos, lo que disminuye su vida útil dentro del cuerpo humano, perjudicando la salud del paciente [1]. Mediante el recubrimiento por inmersión se deposita una película delgada uniforme sobre sustratos metálicos, aumentando su resistencia a la corrosión, biocompatibilidad y bioactividad [2]. En este trabajo se presenta un estudio para evaluar la importancia del tiempo de depósito de la técnica de recubrimiento por inmersión en la formación de películas delgadas y su función contra el proceso de corrosión.

METODOLOGÍA

La formación de películas se llevó a cabo mediante recubrimiento por inmersión en una disolución de UHMW-PE (Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular, por sus siglas en inglés) en decalina (5 wt %), los tiempos de depósito fueron 20, 30 y 40 s.

RESULTADOS

El desempeño de las películas de UHMW-PE para protección contra el proceso de corrosión en un medio que emula al biológico (PBS), se reflejó en la disminución de la velocidad de corrosión de los sistemas recubiertos con respecto a la aleación control. Se encontró que, al aumentar el tiempo de depósito, la

porosidad de la película disminuye y su porcentaje de eficiencia incrementa. Dicha mejora en el comportamiento de las películas como barreras protectoras, se observa también en valores de impedancia tres órdenes de magnitud mayores respecto a la aleación control.

Tabla 1. Parámetros de protección contra la corrosión de los sistemas Ti6Al4V control y recubiertos con UHMW-PE en PBS.

Muestra	%Porosidad	% E.P.	Vc(mm/año)
Ti6Al4V			54.7
PE-20s	2.09	99.62	0.2
PE-30s	1.93	99.73	0.15
PE-40s	0.23	99.87	0.07

CONCLUSIONES

Se encontró que, al aumentar el tiempo de depósito, las películas de UHMW-PE presentaron menor porosidad y un mejor desempeño contra el proceso de corrosión en un medio que emula al biológico.

REFERENCIAS

[1] T. M. Sridhar, S. P. Vinodhini, U. Kamachi Mudali, B. Venkatachalapathy & K. Ravichandran, *Materials Technology*, **31**, 705, (2016).

[2] K. Wang, D. Xiong, Y. Deng & Y. Niu, *Materials & Design*, **114**, 18, (2017)

Efecto de las nanopartículas de $\text{Ca}(\text{Zn}(\text{OH})_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ como dopantes en TMSMA-TMOS aplicado a una aleación de Mg-Ca

CTS-O23

M. Soria Castro, L. Veleva*, G. Acosta, L. Hernández, P. Quintana

Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional. Departamento de Física Aplicada. Carr. Ant. a Progreso km. 6, C.P. 97310, Mérida, Yucatán, México

*E-mail Responsable de la investigación: veleva@cinvestav.mx

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las aleaciones de magnesio (Mg-Ca) se han convertido en los materiales más valiosos para el uso biomédico [1]. Recubrimientos basados en hidroxiapatita y ZnO han sido reportados, obtenidos por el método de oxidación e hidrotermal, para mejorar la resistencia a la corrosión en aleaciones de Mg-Ca-Zn. Además, híbridos por sol-gel a base de GPTMS/TMOS y nanopartículas (NPs) de ZrO_2 han sido probados para proteger la superficie de AZ61 de la corrosión [2]. A partir de estos resultados, surge el interés en este trabajo, de formar un polímero basado en TMSMA/TMOS, dopada con un nanomaterial sintetizado por sol-gel de $\text{Ca}[\text{Zn}(\text{OH})_3]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (CZ) aplicado en la superficie de Mg-Ca por el método de dip-coating para mejorar su resistencia a la corrosión.

METODOLOGÍA

Para obtener CZ sintetizado por sol-gel se prepararon dos soluciones en base agua desionizada: una con $\text{NaOH} + \text{ZnO}$ y la otra de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ [3]. Las NPs de CZ se caracterizaron por DRX, SEM y TEM y se aplicaron a una aleación de Mg-Ca0.1 en consistencia gel. El precursor del sol gel está compuesto por TMSMA/TMOS (4:1), ambos, en una solución de etanol-agua y ácido acético. Las muestras de Mg-Ca se sumergieron en una solución fisiológica de Hanks y se caracterizaron por DRX, SEM, XPS y EIS antes y después de aplicar el recubrimiento de CZ.

RESULTADOS

Los DRX muestran como fase mayoritaria a CZ. Las imágenes por SEM y TEM de las NPs revelan forma laminar cúbica y/o rectangular entre 40-112 nm de diámetro.

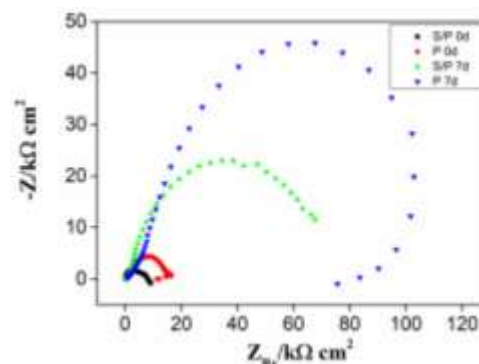


Figura 1. Diagramas Nyquist de la superficie de la aleación Mg-Ca0.1, con (p) y sin polímero (s/p) a 0 y 7 días de exposición.

La figura 1 muestra los diagramas de Nyquist del Mg-Ca0.1 recubierta con y sin el polímero en un periodo de inmersión de 0 y 7 días de exposición. La muestra del Mg-Ca0.1 con TMSMA-TMOS duplica la resistencia a la corrosión en el mismo periodo de tiempo de inmersión, comparado con el metal sin recubrimiento.

CONCLUSIONES

La resistencia a la corrosión se duplica al recubrir la superficie de Mg-Ca0.1 con el polímero, por lo tanto, el uso de este tipo de cadenas híbridas es un método eficaz para desacelerar los procesos de corrosión.

REFERENCIAS

- [1] M. Salahshoor, Y. Guo. *Materials*. 5, 135 (2012).
- [2] L. Hernández, L. Veleva, F.R. García-Galván, J.C Galván. *Revista de Metalurgia*. 4, 55 (2019).
- [3] M. Soria Castro, S.C. De la Rosa García, P. Quintana, S. Gómez Cornelio, A. Sierra Fernandez, N. Gómez Ortíz. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. 89, 284 (2019).

Estudio de la capacidad protectora de una nanopelícula de SiO₂ sobre una pátina artificial de sulfatos como alternativa de conservación de materiales históricos base cobre

CTS-O24

T. J. Jiménez- Sánchez¹, G. J. Fajardo- San Miguel^{2*}, R. Galván-Martínez³, R. Orozco- Cruz^{3*}.

¹Doctorado en Materiales y Nano ciencia. Centro MICRONA. UV

²Instituto de Ingeniería Civil. Universidad Autónoma de Nuevo León

³UV-CA-245. Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería. UV

*E-mail Responsable de la investigación: iqtaniajimsan@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El patrimonio histórico base cobre al estar expuesto a la atmósfera forman productos de corrosión llamados “Pátinas”. La capacidad protectora de las pátinas depende de diversos factores como por ejemplo la composición química, contaminantes y de las propiedades de adherencia en la superficie [1]. Cuando un monumento histórico sufre algún daño en la apariencia o en su estructura se procede a realizar la restauración de dicha pieza y posteriormente la utilización de recubrimientos como alternativa de conservación. Por tal motivo, en este trabajo se aplicó por el método de aspersión una nano película de SiO₂ sobre una pátina artificial de sulfato de cobre con el objetivo de estudiar la capacidad protectora de la nano película de SiO₂ como alternativa de conservación de materiales históricos base cobre.

METODOLOGÍA

La cuantificación de los cloruros y sulfatos existentes en el puerto de Veracruz, México se llevó a cabo usando la ISO 9225:2012. La síntesis de las nano películas de SiO₂ se realizó mediante el método del sol-gel utilizando como precursor el orto tetraetilsilicato (TEOS). Las caracterizaciones morfológica y estructural de las nano partículas y de la pátina artificial de CuSO₄ con nano película de SiO₂ se realizó mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), Difracción de Rayos X y Espectroscopía de Infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR). El análisis electroquímico de la pátina artificial de CuSO₄ con nano película de SiO₂ se efectuó mediante la técnica de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica (EIE) utilizando una celda típica de 3 electrodos, con un electrolito de NaCl al 3.5%

gelificado con agar. La medición de los ángulos de contacto estáticos que se forma en la superficie de las pátinas artificiales de CuSO₄ con nano película de SiO₂ se realizó mediante un analizador de ángulo de contacto.

RESULTADOS

El tamaño de las nano partículas se encuentra en un intervalo de 82.7 hasta 92.4 nm. El espectro FTIR obtenido identifica en el intervalo de 300-3500 cm⁻¹ a las bandas de absorción que son característicos de los grupos funcionales de los productos base silicio e hidrofóbicos. Las técnicas de caracterización de las pátinas con las nano películas indicaron que hubo cambio en sus estructuras cristalinas cuando se expusieron en el ambiente. El comportamiento electroquímico indica que en los primeros días existe un aumento en la transferencia de carga, después de la segunda semana de exposición se observa una disminución de su capacidad protectora.

CONCLUSIONES

La nano película de SiO₂ sobre la pátina artificial de CuSO₄ favoreció la protección de la superficie en los primeros días, con el transcurso del tiempo de exposición esta se degradó perdiendo su capacidad protectora.

REFERENCIAS

- [1] D. Arceo, J. Reyes, G. Zambrano, T. Pérez, y R. Orozco-Cruz, *J. Electrochem Sci*, 11 (2016)
- [2] K. Marušić, H. Otmačić, S. Horvat-Kurbegović, H. Stupnišek, *Electrochem Acta*, **54** (27) (2009)

Estudio numérico de las variaciones locales del pH en un par galvánico acero al carbono-aleación de aluminio bajo condiciones de inmersión

CTS-O25

A. G Ruiz¹, R. Montoya^{1*}, A. Ortiz¹, J. Genescá¹.

¹Polo Universitario de Tecnología Avanzada, Facultad de Química, UNAM, Apodaca, Nuevo León, 66629, México.

*E-mail Responsable de la investigación: rmontoyal@unam.mx

INTRODUCCIÓN

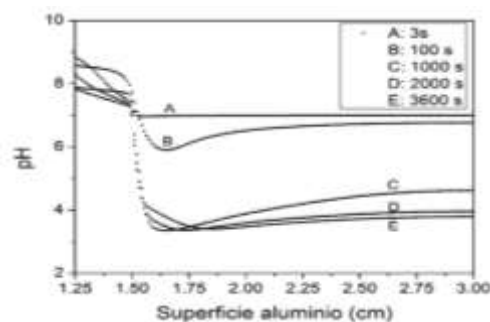
En diversos estudios [1] se ha comprobado que la industria del transporte terrestre genera alrededor del 16% del total de las emisiones mundiales de dióxido de carbono (CO₂). Con la finalidad de reducir las emanaciones de gases de efecto invernadero la industria automotriz tiene que cumplir con estrictas legislaciones ambientales las cuales exigen una mejora en la eficiencia del combustible. Unas de las alternativas más prometedoras para mejorar el rendimiento energético y así aminorar las emisiones nocivas es el uso de componentes ligeros [2]. Por lo anterior, la tendencia actual de la industria automotriz implica el reemplazo de piezas de aleaciones ferrosas por aleaciones ligeras, por ejemplo, aleaciones de aluminio, magnesio, o compuestos de fibra de carbono para utilizarse en carrocerías y chasis. Estas estructuras multimaterial han adquirido relevancia en el campo de la corrosión ya que cuando entran en contacto con humedad se forma un par galvánico. En trabajos recientes [3], se ha demostrado experimentalmente la acidificación del electrolito cuando en el par galvánico hay una aleación de aluminio presente. En lo que respecta al par galvánico acero al carbono-aleación de aluminio, se han realizado muy pocas investigaciones de dicho tema, por lo que se pretende estudiar numéricamente la distribución del pH sobre la superficie de la aleación de aluminio.

METODOLOGÍA

Se implementó un modelo electroquímico de transporte en COMSOL Multyphysics® 5.3a. El modelo fue resuelto utilizando el método de los elementos finitos (MEF) y tiene la capacidad de predecir los cambios del pH que ocurren sobre la superficie de la aleación de aluminio cuando ésta se acopla a un acero al carbono en presencia de NaCl. El modelo matemático considera tanto reacciones electroquímicas como químicas, las cuales ayudan a

obtener mapas más realistas del pH.

RESULTADOS



Los perfiles calculados a diferentes tiempos muestran la acidificación del electrolito en la superficie de la aleación de aluminio muy cerca de la unión metálica (1.50 cm). El pH de aproximadamente 3 aparece desde los 1000 s y la acidez asociada a este valor va penetrando progresivamente hacia el dominio del ánodo.

CONCLUSIONES

El modelo proporciona información clave para entender los cambios locales del pH asociados al fenómeno de corrosión galvánica en presencia de aleaciones de aluminio.

REFERENCIAS

- [1] OICA, International organization of motor vehicle manufactures, Clim. Change and CO₂, (2015). <http://oica.net/wp-content/uploads/climate-change-and-co2-brochure.pdf>
- [2] X. Cui, H. Zhang, S. Wang, L. Zhang, J. Ko, *Mater. Des.*, **32**, 815, (2011).
- [3] D. Snihirova, D. Höche, S. Lamaka, Z. Mir, T. Hack, M.L. Zheludkevich, *Corros. Sci.*, **157**, 70, (2019).

DFT como herramienta de predicción de la capacidad de inhibición

CTS-O26

D. Llache Robledo¹, B. B. Pérez Delgadillo², R. Flores-Moreno², N. Casillas Santana².

¹Departamento de Ingeniería Química, ²Departamento de Química,
Universidad de Guadalajara. Blvd. Marcelino García Barragán #1451, C.P. 44430, México

*E-mail responsable de la investigación: llachediego@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La teoría del funcional de la densidad (DFT) constituye una alternativa para resolver la ecuación de Schrödinger y estar en posibilidad de describir el comportamiento cuántico de átomos y moléculas [1]. En los últimos años, su uso se ha extendido hacia el entendimiento de los mecanismos de adsorción de los inhibidores de corrosión y a la predicción de la capacidad de inhibición [2]-[3].

Trabajos recientes demuestran que un valor de E_{HOMO} elevado, aunado a un valor energético E_{LUMO} bajo (ΔE) y una geometría plana, sugieren una molécula que posee una buena capacidad de inhibición [2]-[3]. En este trabajo se aplica DFT para el estudio de tres líquidos iónicos empleados como agentes de inhibición.

METODOLOGÍA

Los inhibidores de corrosión investigados son: bromuro de 1-dodecil-3 metilimidazolio (A), bromuro de 2-tetradecil piridina (B) y 4-amino-N-(1,3-triazol) benzilsulfon-amina (C). Las pruebas de corrosión incluyen mediciones de pérdida de peso, resistencia a la polarización lineal y EIS. Los cupones de prueba son de acero al carbón 1018 (0.15-0.20 % C, 0.6-0.9 % Mn, 0.1-0.2 % Si). El medio de prueba es 0.1 M HCl sin y con 150 ppm de inhibidor. Las pruebas se realizan en un potenciostato-galvanostato Metrohm y el software Nova 2.1, empleando una celda de tres electrodos convencional, con un electrodo de referencia de sulfato de cobre, CSE, y un electrodo auxiliar de Pt. Los cálculos de DFT se efectuaron con el software deMon2k, versión 4.0.8.

RESULTADOS

E_{HOMO} se distribuye de la siguiente manera $A > B > C$ y E_{LUMO} $A > B > C$ y ΔE es $A < B < C$. De acuerdo a los criterios de DFT, C tiene una eficiencia a la

inhibición menor, lo que concuerda con los resultados experimentales obtenidos. Esto se explica en términos de una geometría no plana. Por otra parte, B tiene una mejor eficiencia respecto de A y los parámetros teóricos pueden tener diferentes interpretaciones. El tamaño de la cadena hidrocarbonada de B es mayor, una condición que promueve una mayor eficiencia de inhibición.

Tabla 1. Eficiencias de inhibición y energías de E_{HOMO} , E_{LUMO} y diferencia de energías de A, B y C.

	A	B	C
Polarización, R_p	76%	90%	76%
EIS, R_p	73%	84%	61%
Pérdida de peso	92%	91%	72%
E_{HOMO}	-0.0928	-0.1343	-0.1978
E_{LUMO}	-0.0022	-0.0318	-0.0712
ΔE	0.0906	0.1025	0.1266

CONCLUSIONES

DFT es una herramienta útil para predecir la capacidad de inhibición de diferentes moléculas de líquidos iónicos. Los resultados experimentales concuerdan en algunos casos, pero en otros, es necesario realizar un análisis integral, incluyendo experimentación.

REFERENCIAS

- [1] D. S. Sholl and N. A. Steckel, *John Wiley & Sons, Inc.*, Hoboken, 2009.
- [2] E. Ituen, V. Mkpennie, and E. Ekemini, *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* **578**, 123597 (2019).
- [3] F. Poshtiban, G. Bahlakeh, and B. Ramezanzadeh, *Appl. Surf. Sci.* **495**, 143582, (2019).

Efecto del Flujo Turbulento en el Mecanismo de Corrosión del Acero API X100

CTS-O27

C. Campechano Lira^{1*}, A. Bedolla Jacuinde², R. Orozco Cruz³, R. Galván Martínez³

¹ Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana, México

² Instituto de Investigaciones en Metalurgia y Materiales, Morelia, México.

³ Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, México

*E-mail Responsbale de la investigación: clari.cmpl@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En la corrosión interna de ductos existen dos tipos de corrosión características en el transporte de hidrocarburos: la corrosión acelerada por flujo y la corrosión por erosión, las cuales se originan por factores como: perfiles de velocidad del fluido que se transporta, diferencia de presión en zonas específicas, así como la presencia de gases (CO₂ y/o H₂S) y partículas sólidas derivadas de la extracción en los yacimientos que actúan en conjunto y contribuyen con la reducción del espesor de la pared de la tubería comprometiendo la integridad del ducto [1-2]. Los mecanismos asociados con la pérdida del material pueden variar dado que las películas formadas en la superficie del metal pueden ser eliminadas mediante disolución química influenciada por el aumento de la transferencia de masa y el esfuerzo de corte. Obtener una correlación entre los parámetros hidrodinámicos y electroquímicos contribuye a un mejor entendimiento en los mecanismos de degradación del metal. [3]

METODOLOGÍA

Se realizó un análisis mediante EIE y Ruido Electroquímico (RE) bajo condiciones de flujo turbulento (1000 y 5000 rpm). Se empleó un arreglo de tres electrodos: acero API X100 (electrodo de trabajo), Electrodo de Calomel Saturado (Electrodo de Referencia) y platino (Electrodo Auxiliar). El electrolito utilizado fue salmuera NACE 1D182 [4].

RESULTADOS

A partir de los resultados obtenidos mediante EIE, el sistema mostró un mecanismo capacitivo con respecto al aumento en las velocidades de rotación. Además, se observó que la impedancia real disminuyó, es decir aumentó la densidad de corriente y con ello la V_{corr} . El comportamiento mostrado se atribuye a las

condiciones de flujo turbulento y al corte tangencial o también llamado esfuerzo de corte, que realiza el fluido sobre la superficie del acero, el cual provoca el adelgazamiento y ruptura de películas protectoras, dejando área expuesta para que se lleven a cabo las reacciones redox. En tanto con RE, se corroboró dicho mecanismo, en donde se observaron transientes frecuentes y de gran amplitud, características de sistemas localizados, consistente con el índice de localización del RE y micrografías de los electrodos de trabajo que fueron expuestos al medio corrosivo.

Tabla 1. Parámetros Electroquímicos del acero API X100 en salmuera NACE obtenidos por RE.

Condiciones de flujo (rpm)	Potencial de Corrosión, E_{corr} (V vs ECS)	Densidad de Corriente, i_{corr} (A/cm ²)
0	-0.680	9.5E-06
1000	-0.590	8.5E-05
5000	-0.560	7.5E-04

CONCLUSIONES

En condiciones de flujo se mostró que el sistema se ve beneficiado para que se lleven a cabo las reacciones redox en la superficie metálica y el acercamiento del O₂, originando mecanismos capacitivos.

REFERENCIAS

- [1] T. Alam & Z. N. Farhat, *Engineering Failure Analysis*, 90, 116, (2018)
- [2] C. I., Ossai, 2012, *ISRN Corrosion*, 2012, 1, (2012).
- [3] R. Barker, X. Hu, A. Neville & S. Cushnaghan, *Corrosion*, 69 (2), 193, (2013).
- [4] NACE 1D182-2017-SG, NACE International, Houston, Texas, (2017).

Comportamiento de la Corrosión y Caracterización de la Capa Pasiva presente en Acero Inoxidable 15-5PH en soluciones Ácidas y Alcalinas

CTS-P28

M. Lara Banda, C. Gaona Tiburcio, P. Zambrano Robledo, J. Cabral Miramontes, F. Estupiñán López, M. Garza Navarro y F. Almeraya Calderón.

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

*E-mail Responsable de la investigación: maria.laraba@uanl.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los problemas por la corrosión en aceros inoxidable están en gran medida, en función del ambiente de exposición [1]. Este trabajo evaluó el comportamiento electroquímico del acero inoxidable 15-5PH pasivado con ácido cítrico y expuesto en un ambiente ácido, así como un ambiente alcalino. Los resultados obtenidos a partir de curvas de polarización Potenciodinámica CPP, señalan un control mixto por activación en los distintos ambientes de exposición, así como formación de capa pasiva, misma que se confirma con las series de tiempo en corriente y potencial, obtenidas a partir de la técnica de ruido electroquímico RE. La capa pasiva caracterizada mediante XPS muestra una menor presencia de hierro a pH 2 que a pH 8.

METODOLOGÍA

A partir de cilindros de acero inoxidable 15-5PH pasivados en ácido cítrico durante 30 minutos a temperatura ambiente, se realizaron pruebas electroquímicas de CPP y RE de acuerdo con las normas ASTM G5 [2] y ASTM G199 respectivamente. La caracterización de la capa pasiva obtenida se analizó mediante la técnica de XPS.

RESULTADOS

La composición química del acero inoxidable 15-5PH se indica en la Tabla 1. La Figura 1, presenta las CPP obtenidas a los distintos pH, confirmando el pasivado mediante RE en la Figura 2. La caracterización de la capa pasiva formada mediante XPS, se presenta en la Figura 3.

Tabla 1. Composición química del acero inoxidable 15-5PH*

Co	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	Nb	Cu	Fe
<1	0.8	<1	<1	1.5	14.4	3.9	0.3	0.3	3.5	Bal

*Técnica de absorción atómica

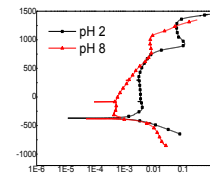


Figura 1. CPP para acero inox. 15-5PH pasivado en ác. cítrico en ambiente ácido y alcalino.

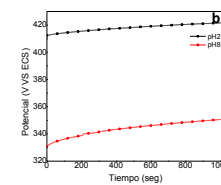
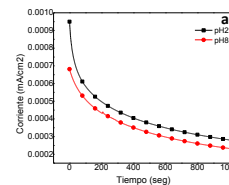


Figura 2. Series de tiempo en corriente (a) y potencial (b) para ac. inox. 15-5PH pasivado.

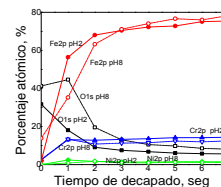


Figura 3. Formación de la capa pasiva mediante XPS en ac. inox. 15-5PH pasivado

CONCLUSIONES

En el ambiente ácido, la capa pasiva es mayor que en el ambiente alcalino, es decir, es más estable la capa pasiva en el ambiente ácido.

El mayor porcentaje atómico de Fe en la capa pasiva se presentó en el ambiente alcalino, indicando una mayor presencia de óxidos u hidróxidos de este. En tanto, el porcentaje atómico del Cr en ambos ambientes presentó el mismo comportamiento.

REFERENCIAS

- [1] O'Laoire, C., Tmmms, B., Kremer, L, Holmes, J.D., &Morris, M.A. *Analytical letters*, **39(11)**, 2255, (2006).
- [2] ASTM-G5-13E2. (2013). Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.

Ruido electroquímico de aceros avanzados en presencia de cloruros

CTS-O29

M. Montoya Rangel¹, F. Almeraya Calderón^{1*}, N. Garza Montes de Oca, J. Ramírez Ramírez,
M. Lara Banda, C. Gaona Tiburcio¹.

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,
Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica,
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, 66455.

*E-mail Responsable de la investigación; falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los aceros Dual Phase (DP) son materiales de última generación de la familia AHSS (Advanced High Strength Steels) ampliamente usados en la industria automotriz debido al interés en reducir el peso de las estructuras sin comprometer la resistencia mecánica. La microestructura de los aceros DP está principalmente compuesta de ferrita y martensita que confieren un comportamiento homogéneo durante la fluencia, una amplia zona de endurecimiento por deformación, una alta ductilidad y límites elásticos y tensiones de rotura mayores de 350 MPa y 900 MPa, respectivamente [1]. El objetivo de esta investigación es estudiar la influencia de soluciones de CaCl₂, MgCl₂ y NaCl en el comportamiento a la corrosión en diferentes grados de acero avanzado DP.

METODOLOGÍA

Aceros comerciales Dual Phase con resistencias mecánicas de 590, 780 y 980 MPa (DP590, DP780 y DP980) se prepararon metalográficamente para obtener una superficie para la caracterización microestructural por medio microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Se realizaron pruebas de Resistencia a la Polarización Lineal (RPL) y Ruido Electroquímico (RE) en las soluciones de NaCl, MgCl₂ y CaCl₂ al 2 % en peso en concentración a temperatura ambiente.

RESULTADOS

Se observó una morfología de la microestructura típica para los diferentes grados de acero: diferentes fracciones de islas martensita en una matriz de ferrita.

Los valores de la velocidad de corrosión de los aceros mostraron una influencia similar cuando fueron sumergidos en CaCl₂ y NaCl, velocidades en el rango de 1E-1 mm/año, similar como el reportado en [2]. Una menor resistencia a la polarización fue presente cuando

el electrolito fue MgCl₂ para los aceros DP590 y D780. La tendencia DC para las señales de corriente y potenciales en los diferentes aceros fue similar en las diferentes soluciones. Potencial: disminuyó a potenciales más activos. Corriente: disminuyó en el tiempo, este último fenómeno podría relacionarse con una posible capa de pasivación por especies ferrosas. A partir de la remoción de la tendencia se identificaron transitorios de baja intensidad y frecuencia en el análisis podrían estar relacionados a una alta resistencia la corrosión localizada para los diferentes grados de aceros DP.

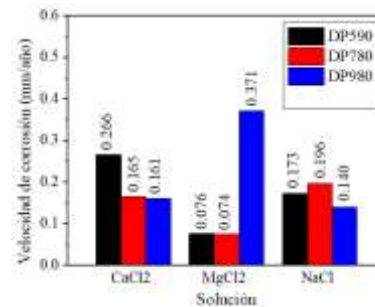


Figura 1. Velocidad de corrosión de los aceros DP en las diferentes soluciones.

CONCLUSIONES

Una alta resistencia a la corrosión localizada fue presente para todos los sistemas a excepción del acero DP780 en NaCl, lo que podría estar asociado a una capa protectora sobre la superficie.

REFERENCIAS

- [1] A. Monsalve G, A. Artigas A, F. Castro C, R. Colás, Y. Houbaert. *Revista de metalurgia*, 47, 5, (2011).
- [2] Park, I. J, S. M. Lee, M. Kang, S. Lee, Y. K. Lee, *Journal of Alloys and Compounds*, 619, 205, (2015).

Efecto del avance del frente de carbonatación sobre el Ecorr del refuerzo de acero embebido en concreto

CTS-O31

D. Nieves-Mendoza¹, J. de los A. Paat-Estrella^{2, 3*}, J. Miam-Cuevas³, T. Pérez-López³, E. E. Maldonado-Bandala¹, Tania del C. Torrez-Pérez³, Tatiana del C. Torrez-Pérez³

¹ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

² Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

³ Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

*E-mail Responsable de la investigación: S17000377@uv.mx, josapaa@uacam.mx

INTRODUCCIÓN

La carbonatación del concreto reforzado es uno de los problemas de deterioro más severos de la infraestructura civil e industrial. La exposición de estructuras en medios con actividades antropogénicas que generen sustancias que acidulen la atmósfera, tales como CO₂, SO_x y NO_x, generan condiciones para que se lleven a cabo reacciones de neutralización, con lo cual la pasta alcalina del concreto se ve afectada y reduce su pH. Como es un proceso lento, se requiere llevar a cabo ensayos que ofrezcan resultados a corto plazo, por lo que se precisa de ambientes que de manera intencional favorezcan la neutralización del concreto. Este trabajo presenta resultados en los que se aprecia una relación directa entre el valor del pH del concreto y el Ecorr de las varillas en muestras sometidas a ensayo acelerado de carbonatación.

METODOLOGÍA

Fueron elaboradas muestras prismáticas de concreto de 15 cm de sección por 30 cm de largo, en las que se embebieron varillas de acero convencional al centro. Se sometieron a exposición en una cámara de carbonatación acelerada con 65 ± 5 % y 3.5 ± 2 % de CO₂. Las muestras fueron retiradas cada mes durante 6 meses, registrando su potencial de corrosión, Ecorr, con respecto a un electrodo de Cu/CUSO₄. Mediante un horador de 5 cm de diámetro se extrajeron cilindros hasta el nivel de la profundidad de la varilla. A su vez, fueron colectados polvos en las cercanías de la varilla y se procedió a medir su pH.

RESULTADOS

La Figura 1 presenta los valores de las mediciones mensuales de pH, que indican que la carbonatación

alcanzada al nivel de la varilla a 6 meses es cercana a 9, que ya es un valor crítico para las condiciones de estabilidad de la película pasiva y hace factible el inicio del proceso de corrosión. También se reporta el seguimiento del Ecorr, en el que se aprecia que va adquiriendo valores cada vez más negativos con el transcurso del tiempo. Inicia en el intervalo de 10 % de probabilidad de corrosión, de acuerdo a la norma ASTM C-876-91[1]; después del tercer mes, los valores indican un estado termodinámico de 90% de probabilidad de corrosión. Se observa una relación directa de la activación de la varilla de acero con el decremento del pH de la pasta de concreto al nivel de la varilla.

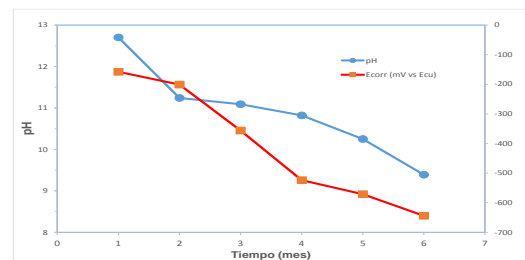


Figura 1. Seguimiento de pH y Ecorr.

CONCLUSIONES

La condición termodinámica de la varilla es afectada por el avance del frente de carbonatación, que va desde baja hasta alta probabilidad de corrosión por el cambio de pH.

REFERENCIAS

[1] ASTM C876 Standards Test Method for Half Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete. American Society for Testing and Materials, London (1991).

Estudio comparativo de normativa para la realcalinización de estructuras de concreto carbonatadas

CTS-O32

D. Nieves-Mendoza¹, J. de los A. Paat-Estrella^{2,3*}, J. Miam-Cuevas³, T. Pérez-López³, Tania del C. Torrez-Pérez³, Tatiana del C. Torrez-Pérez³

1 Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

2 Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.

3 Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.

*E-mail Responsable de la investigación: S17000377@uv.mx, josapaae@uacam.mx

INTRODUCCIÓN

El deterioro químico de la pasta de concreto producido por reacciones de neutralización del pH de la disolución poro contenida en su interior, es un grave problema para la durabilidad de la infraestructura civil e industrial. La manera de restaurar el pH de la pasta de concreto es mediante la técnica de realcalinización [1], que consiste en hacer pasar corriente eléctrica a través de la pasta, desde la armadura embebida a un contraelectrodo colocado en el exterior [2]. En este trabajo se presentan resultados de la aplicación de tres normas internacionales para realcalinizar muestras de concreto. El seguimiento del potencial de realcalinización, Ereal, se realizó a fin de analizar el nivel de polarización que se alcanza en las varillas y estimar si es factible el riesgo de un efecto secundario nocivo por generación de hidrógeno en la interfase concreto-acero.

METODOLOGÍA

Se elaboraron muestras de concreto de 15 cm de sección por 30 cm de largo, con una varilla de acero 1018 embebida al centro. Posteriormente se expusieron en una cámara de carbonatación durante 6 meses, lapso en el cual se carbonataron totalmente. A las muestras carbonatadas se les aplicaron los procedimientos descritos en las normas mexicana, europea y estadounidense de realcalinización. Se midieron los Ereal durante 20 días, utilizando un electrodo de Cu/CuSO₄.

RESULTADOS

La gráfica 1 presenta el seguimiento del Ereal con el transcurso del tiempo. Para la norma NMX los valores de potencial tienden a disminuir, dentro de un amplio intervalo, que va desde -0.800 hasta -1.100 V.

Esta polarización corresponde a valores de protección catódica, sin llegar a la zona de generación de hidrógeno. Con la norma europea, los niveles de polarización son altos del orden de -1.500 V que ya se indica como riesgo de formación de hidrógeno. Para la norma NACE, en general se obtuvieron los valores más electronegativos y también dentro de la zona de riesgo por hidrógeno.

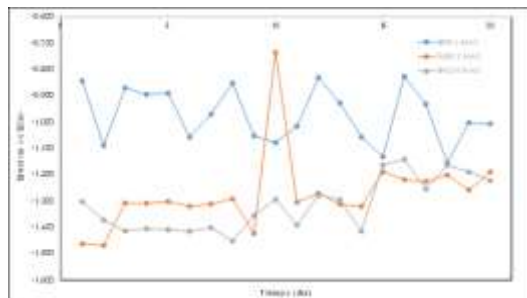


Figura 1. Seguimiento del Ereal para las tres normas.

CONCLUSIONES

Es notable la diferencia de polarización al pasar de 1 a 2 A/m², sin embargo, no se registró una diferencia semejante al pasar de 2 a 4 A/m².

REFERENCIAS

[1] NACE SP0107 (2007), Standard Practice: Electrochemical Realkalization and Chloride Extraction for Reinforced Concrete, Nace International. Nace Estándar RP0290-90.

[2] PROY-NMX-C-553-ONNCCE-2017. Industria de la Construcción-Concreto Durabilidad. Métodos Electroquímicos de Rehabilitación (Intervención) Especializados (Realcalinización y Remoción de Cloruros)-Especificaciones y Métodos de Ensayo.

Comportamiento frente a la corrosión de un material compuesto A356/SiC en solución de NaCl al 3.5% en peso

CTS-O34

F. J. Rodríguez Gomez¹, O. Rodríguez Pérez^{1*}, J. A. García Hinojosa¹, J. G. González Rodríguez², S. Valdez³.

¹Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, 04510, Ciudad de México, México.

²Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas-IICBA, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, 62210, Cuernavaca, Morelos, México.

³Instituto de Ciencias Físicas-UNAM, Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, 062210, Cuernavaca, Morelos, México.

*E-mail Responsable de la investigación: ociel.rodriguez@uaem.mx

INTRODUCCIÓN

La aleación de aluminio A356 es muy atractiva debido a sus propiedades físicas y químicas que incluyen baja densidad, moldeabilidad, buena soldabilidad, alta resistencia a la corrosión y buena ductilidad. Las aleaciones de aluminio se han reforzado con partículas cerámicas convirtiéndolas en materiales compuestos de matriz de aluminio (AMCs) que se utilizan para aplicaciones estructurales en la industria aeroespacial, automotriz y militar [1-2]. El comportamiento a la corrosión de los AMCs puede verse afectado debido a sus procesos de fabricación como fundición por agitación, moldeo por in situ o por compresión, aleado mecánico y pulvimetalurgia. Entre la variedad de procesos de fabricación, la aleación mecánica (AM) es una técnica importante para la preparación de AMCs, la ventaja más importante de AM es la posibilidad de agregar elementos aleantes para mejorar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las aleaciones metálicas. El objetivo de este estudio fue investigar el comportamiento frente a la corrosión de los compuestos A356/SiC (0, 5, 10 y 15% en peso) producidos por aleación mecánica.

METODOLOGÍA

La evaluación de la corrosión de los compuestos de A356/SiC (0, 5, 10 y 15% en peso) producidos mediante aleación mecánica (MA) se realizó mediante el uso de técnicas electroquímicas que incluyen curvas de polarización, espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y resistencia de polarización lineal (LPR).

RESULTADOS

La aleación de aluminio A356 sin reforzar exhibió el valor de Rp más alto, mientras que los compuestos presentan valores de Rp más bajos, tal como lo muestran las curvas de polarización.

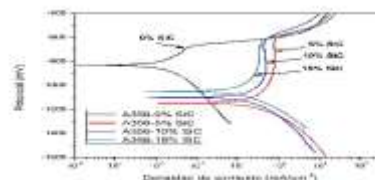


Figura 1. Curvas de polarización en función del contenido de SiC en el material compuesto.

CONCLUSIONES

Las curvas de polarización mostraron que los compuestos exhibían una zona pasiva más amplia y un valor potencial de picadura más alto que la aleación A356 sin reforzar. El proceso de corrosión se produjo por la formación de una capa pasiva, sin embargo, esta se interrumpió en la interfaz matriz/SiC, dando lugar a un tipo de corrosión localizada, como las picaduras, que fue más evidente para el compuesto que contiene 5% de SiC.

REFERENCIAS

- [1] J. Milligan, R. Vintila, M. Brochu, *Mater. Sci. Eng. A*, 508, 43, (2009).
- [2] N. Kang, P. Coddet, H. Liao, T. Baur, C. Coddet, *Appl. Surf. Sci.*, 378, 142, (2016).

Síntesis y caracterización electroquímica de óxidos de cobre obtenidos mediante anodizado en medios básicos y neutros

CTS-O35

J. D. Acuña Bedoya¹, J. M. Hernández López^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Ciudad Universitaria, Av. Universidad s/n. C. P. 66455, Monterrey, México.

*E-mail Responsable de la investigación: juan.hernandezlz@uanl.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El cobre y sus aleaciones son materiales ampliamente utilizados en sistemas de tubería debido a su buena resistencia, conductividad térmica y maleabilidad. Sin embargo, este material presenta una baja resistencia a la corrosión en medios que contienen iones como cloruro, sulfato y carbonato por mencionar algunos [1,2]. Una de las técnicas que se ha empleado para modificar las propiedades superficiales de este material es el anodizado, donde la mayoría de los trabajos en la literatura se centran en el estudio de la morfología de las capas [3,4]. Por lo tanto, en el presente estudio se evalúa la resistencia a la corrosión de capas anódicas de cobre crecidas en diferentes medios acuosos.

METODOLOGÍA

Piezas de 1.3 cm de diámetro, se desbastaron con una secuencia de papel lija hasta un #1500. Posteriormente, se enjuagaron con agua y etanol, antes del anodizado. El crecimiento de las capas se realizó en medios acuosos de NaOH y NH₄F 1 M, respectivamente aplicando un potencial de 1.5 V en tiempos de tratamiento de 20 y 60 min. Se utilizaron cátodos de acero inoxidable. El pH de la solución NH₄F se llevó hasta un valor de 7.

La resistencia a la corrosión se evaluó mediante curvas de polarización y pruebas de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS). Las curvas de polarización se realizaron en un rango de ± 300 mV versus potencial de circuito abierto (OCP). Los datos de EIS se registraron en OCP utilizando una señal sinusoidal de 10 mV de amplitud en un rango de frecuencia de 100 kHz a 10 mHz. Se usaron soluciones de 0.41 g·L⁻¹ de NaCl, 0.567 g·L⁻¹ de CaSO₄ y 0.5 g·L⁻¹ de CaCO₃.

RESULTADOS

Los tratamientos mostraron la formación de diferentes estructuras dependiendo del medio utilizado. El uso de NaOH, evidenció la formación de

capas barrera, por otro lado, el NH₄F dio lugar a la formación de estructuras porosas, este comportamiento se debe principalmente que el ion fluoruro promueve la disolución de la capa formada, aumentando la porosidad en los tratamientos con mayor tiempo.

Las curvas de polarización presentan diferentes comportamientos, para el caso del NaOH se presentaron valores de E_{corr} -9 mV y el NH₄F presentó un valor de -16mV, en ambos casos fueron mayores al valor presentado por el sustrato -131 mV. Por otro lado, El valor de i_{corr} para el NH₄F fue muy similar al del sustrato ~0.019 mA·cm², sin embargo, el NaOH presentó un valor mucho mayor ~0.0405 mA·cm².

CONCLUSIONES

El estudio muestra la dependencia del anodizado de las muestras de cobre con el medio y tiempo de tratamiento, obteniendo diferentes estructuras para los electrolitos utilizados. Por otro lado, las muestras donde se utilizó NaOH como electrolito tuvieron un mejor E_{corr} en la prueba de resistencia a la corrosión, esto puede deberse a que, con NaOH al formarse una capa barrera, no se da una exposición del cobre en el medio, sin embargo, el NH₄F al presentar porosidad, facilita la interacción entre el sustrato y el medio. Las capas anódicas revelan una cinética y un mecanismo de corrosión diferente al sustrato no anodizado, lo que indica que el proceso tiene efectos en la respuesta electroquímica del material.

REFERENCIAS

- [1] N.F. Turek, L. Kasten, D.A. Lytle, M.N. Goltz, *J. Water Supply Res. Technol.- AQUA*, **60**, 1, (2011).
- [2] Y. Feng, W.K. Teo, K.S. Siow, K.L. Tan, A.K. Hsieh, *Corros. Sci.* **38**, 369, (1996).
- [3] D.P. Singh, N. Ali, *Sci. Adv. Mater.*, **2**, 295, (2010).
- [4] W.J. Stępniewski, D. Paliwoda, Z. Chen, K. Landskron, W.Z. Misiołek, *Mater. Lett.*, **252**, 182, (2019).

Análisis del proceso de corrosión de acero inoxidable sumergido en la costa de San Francisco de Campeche, mediante Espectroscopia de Impedancia Electroquímica

CTS-O36

D. Delgado¹, J. Reyes¹, T. Pérez-López^{1*}, H. Castañeda²

¹ Centro de Investigación en Corrosión-Universidad Autónoma de Campeche.

²Texas A & M University.

*E-mail Responsable de la investigación: Danields240694@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En el medio marino se encuentran estructuras metálicas, como plataformas de extracción de petróleo, tuberías para el transporte de agua y oleoductos, cascos de barcos, hélices, así como diferentes sistemas de enfriamiento que utilizan agua de mar. Dada la exposición necesaria de estos materiales a sus diferentes objetivos, está claro que están expuestos al medio marino y presentan un grave problema de degradación causado por la interacción del agua de mar con el metal, a través de reacciones, que ocurren en la superficie del material, alterando sus propiedades químicas, mecánicas y, en consecuencia, su destrucción. Los resultados de 12 meses de pruebas realizadas en exposición natural en agua de mar en Campeche, México, muestran diferencias en las propiedades de corrosión de las aleaciones de acero inoxidable [1].

METODOLOGÍA

La exposición se realizó en la costa de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche. Para las pruebas electroquímicas, se usaron muestras de acero inoxidable identificadas como Z-100, 101, 367 y 2003 como electrodos de trabajo. Las pruebas de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) se realizaron con una amplitud de 10 mV rms en un intervalo de frecuencia de 100000 a 0.001 Hz, utilizando una celda convencional de tres electrodos, con el contraelectrodo de grafito y el calomel saturado como referencia. El electrolito era agua de mar natural

RESULTADOS

En la figura 1 muestra el monitoreo electroquímico que se llevó a cabo mediante EIS, la cual se realizó cada 3 meses durante 12 meses de exposición. Es factible observar en los diagramas de Nyquist los cambios en

la forma del gráfico, que acusa una disminución en el valor de la raíz real en baja frecuencia y por lo tanto de la resistencia de transferencia de carga [2].

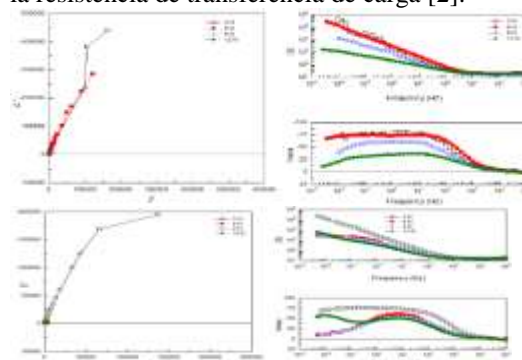


Figura 1. Espectroscopia de Impedancia Electroquímica de los 12 meses de exposición.

CONCLUSIONES

Los aceros inoxidables mostraron diferencias en la estabilidad de la película pasiva superficial para los aceros, debido a las diferencias en su microestructura. Se observa la disminución de la resistencia por espectroscopía de impedancia electroquímica.

REFERENCIAS

[1] Acuña González N. A. (1996) "Corrosión de un acero inoxidable de uso marino-industrial (316L) en el Golfo de México: Estudio comparativo". Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. Pág. 4,60.

[2] Nagarajan, S., Karthega, M. y Rajendran, N. (2007). Estudios de corrosión por picadura de aceros inoxidables súper austeníticos en agua de mar natural utilizando espectroscopía de impedancia electroquímica dinámica. Revista de electroquímica aplicada, 37(2), 195-201.

Análisis del proceso de corrosión de acero inoxidable sumergido en la costa de San Francisco de Campeche mediante Curvas de Polarización

CTS-O37

D. Delgado¹, J. Reyes¹, T. Pérez-López¹, H. Castañeda²

¹ Centro de Investigación en Corrosión-Universidad Autónoma de Campeche.

²Texas A & M University.

*E-mail Responsable de la Investigación: danielids240694@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El Golfo de México cuenta con 2,600 km de costa, es la parte fundamental en la economía de nuestro país, debido a que aproximadamente el 90 % del petróleo que se produce es extraído de sus costas aparte de su actividad pesquera, plantas generadoras de electricidad, etc. Parte de la infraestructura de esas industrias está compuesta de materiales metálicos y con ello un gran problema de corrosión dada la exposición necesaria de estos materiales a sus diferentes objetivos, causado por la interacción del agua de mar con el metal, debido a reacciones, que ocurren en la superficie del material, alterando sus propiedades mecánicas y, en consecuencia, su destrucción. Los resultados de 12 meses de pruebas realizadas en exposición natural en Campeche, México, se encontró diferencias en las propiedades de corrosión de las aleaciones de acero inoxidable [1].

METODOLOGÍA

La exposición se realizó en la costa de la ciudad de San Francisco de Campeche, Campeche. La Figura 1 muestra el ensamblaje inicial del dispositivo experimental para su colocación en agua de mar.

Para las pruebas electroquímicas, se usaron muestras de acero inoxidable identificadas como Z-100, 101, 367 y 2003 como electrodos de trabajo. Las pruebas de curva de polarización (CP) se realizaron con una exploración de -250 vs oc a 1600 mV vs Eref y una velocidad de 1 mV / sy, utilizando una celda convencional de tres electrodos, con el contraelectrodo y el calomel saturado como referencia. El electrolito era agua de mar natural.

RESULTADOS

En la figura 1 muestra la secuencia de barridos electroquímicos que se llevó a cabo mediante curvas de polarización (CP), la cual se realizó durante 12 meses

de exposición de las 4 diferentes aleaciones de acero inoxidable, donde se pudo observar la diferencia en el comportamiento de la formación de picadura. Como se observa en las líneas de retorno en que adquiere mayores valores de salida de corriente.

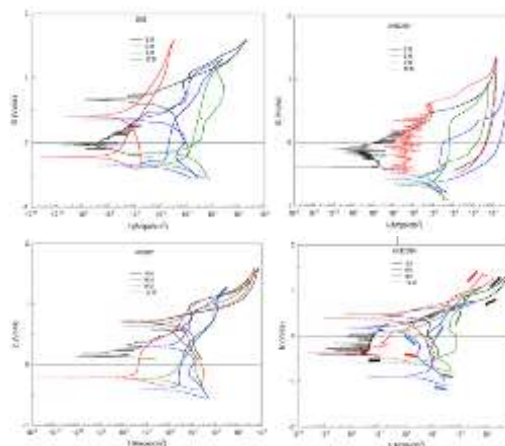


Figura 1. Curvas de polarización (CP) de los 12 meses de exposición de los 4 diferentes aceros inoxidables.

CONCLUSIONES

Se observa la susceptibilidad al ataque localizado con las curvas de polarización, donde se pudo determinar que aleación presenta una mayor resistencia al medio marino. Las diferencias en los intervalos de estabilidad son determinados por su composición y su microestructura.

REFERENCIAS

[1]Acuña González N. A. (1996) “Corrosión de un acero inoxidable de uso marino-industrial (316L) en el Golfo de México: Estudio comparativo”. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. Pág. 460.

Influencia de la geometría y configuración de las varillas de acero en la extracción electroquímica de cloruros del concreto

CTS-O38

C. P. Barrios Durstewitz^{1*}, G. Lugo Bojorquez¹, R. E. Núñez Jaquez¹,

J. H. Castorena González¹, J. M. Pellegrini Cervantes¹, H. N. Flores Cortez¹

¹Facultad de Ingeniería Mochis, Universidad Autónoma de Sinaloa, Fuente de Poseidón y Prol.

Ángel Flores S/N, C. U., C.P. 8223, Los Mochis, Sinaloa, México.

*E-mail Responsable de la investigación: durstewitz@uas.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La presencia de cloruros dentro de las estructuras de concreto reforzado, es uno de los principales factores que acelera el proceso de corrosión del acero de refuerzo, ante esta situación se ha implementado la técnica de extracción electroquímica de cloruros (EEC) [1]. La EEC ha mostrado ser una técnica efectiva para la reducción de la cinética de corrosión al reducir la concentración de Cl⁻. El principal objetivo del presente trabajo es el estudio de la eficiencia en la remoción de Cl⁻ del concreto al aplicar la técnica de EEC mediante el análisis de los parámetros de densidad de corriente y voltaje aplicado, tiempo de tratamiento, perfiles de concentración iniciales de las especies iónicas (K⁺, OH⁻, Na⁺ y Cl⁻) presentes en la matriz de concreto considerando la geometría de la estructura de concreto reforzado y la configuración de las varillas de acero a través de un modelo matemático en base a la ecuación de transporte iónico de Nernst-Planck en términos de la ecuación de conservación de la masa y la condición de electroneutralidad [2].

METODOLOGÍA

La solución de las ecuaciones antes mencionadas se obtiene por el método numérico de elementos finitos (MEF) mediante el paquete computacional COMSOL Multiphysics. Las geometrías de los elementos de concreto reforzado se muestran en la figura 1. En los cuales se aprecia el arreglo y a configuración de las varillas de acero.



Figura 1. Estructura del armado de acero en los especímenes simulados.

RESULTADOS

Los resultados muestran que un aspecto importante que afecta la eficiencia de la EEC es la configuración de las varillas de refuerzo ya que genera un efecto de “caja” el cual impide la remoción total de Cl⁻ de la matriz de concreto, como se puede ver en la figura 2.

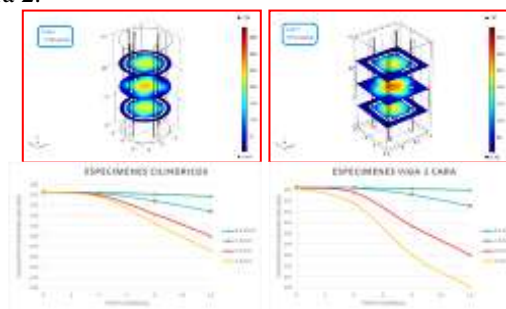


Figura 2. Concentración de cloruros en la matriz de concreto.

CONCLUSIONES

Mediante un modelo en base a la ecuación de Nernst-Planck y la ecuación de la conservación de la masa es posible calcular por MEF los perfiles de la concentración de iones cloruros en la EEC del concreto reforzado.

REFERENCIAS

- [1] J. Mietz, *Electrochemical Rehabilitation Methods for Reinforced Concrete Structures*, p. 1, European Federation of Corrosion, Great Britain, (1998).
- [2] O. Truc, J. P. Olliver, L. Nilsson, *Cement and Concrete Research*, **30**, 1581, (2000).

Evaluación electroquímica de un extracto de *Acanthocereus tetragonus* como inhibidor de Aluminio expuesto en NaCl (3.5%) y HCl (1M)

CTS-P1

H. G. Méndez-Figueroa¹, A. Y. López-López¹, R. Alarcón-Gutiérrez², R. Galván-Martínez¹,
R. Orozco-Cruz^{1*}

¹UV-CA-245. Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería, UV.

²Facultad de Ciencias Químicas, Región Veracruz. Universidad Veracruzana.

*E-mail Responsable de la investigación: rorozco@uv.mx

INTRODUCCIÓN

La corrosión es un fenómeno que se puede controlar con el uso de recubrimientos, protección catódica o inhibidores. Estos últimos reducen la velocidad de corrosión a un nivel aceptable, sin embargo, suelen generar subproductos tóxicos, por lo que la búsqueda de inhibidores amigables con el ambiente ha ganado impacto. En ese sentido, se han realizado una gran variedad de investigaciones para observar el comportamiento de diferentes compuestos orgánicos como inhibidores [1]. La técnica más utilizada para la evaluación de inhibidores es la Espectroscopia de Impedancia Electroquímica pues permite conocer los mecanismos que se llevan a cabo en un sistema a partir del modelado de circuitos equivalentes. En este trabajo se realizó el estudio electroquímico del extracto acuoso obtenido a partir de *Acanthocereus tetragonus* como inhibidor para la protección de aluminio inmerso en dos medios.

METODOLOGÍA

La sustancia activa se obtuvo a partir de la planta *Acanthocereus tetragonus* (cruceta) empleando el procedimiento descrito por Ruíz *et al.*, [2]. El inhibidor verde se agregó en una solución de NaCl (3.5%) y HCl (1M) en concentraciones de 50 ppm, 100 ppm y 200 ppm.

La celda electroquímica consistió en un electrodo de aluminio, un electrodo de referencia de Ag/AgCl, y una barra de grafito como contraelectrodo. Con un potencióstato Gamry Instruments Reference 600TM se realizaron los ensayos de Resistencia a la Polarización (± 30 mV, 1 mV/s) y de Espectroscopia de Impedancia Electroquímica con un intervalo de 10kHz a 0.01Hz, 10 mV de amplitud y 10 puntos por década; ambas técnicas aplicadas en un tiempo de exposición de 0 h, 6 h, 12 h y 24 h en cada medio. Los sistemas también fueron evaluados mediante curvas de polarización

(± 350 mV, 1 mV/s).

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta la velocidad de corrosión de ambos sistemas al evaluarse con Resistencia a la Polarización y Espectroscopia de Impedancia Electroquímica. Los resultados muestran que al agregar 50 ppm del extracto acuoso se logran eficiencias de 72% en NaCl (3.5%) y 95% en HCl (1M) después de 24 h de exposición.

Tabla 1. Velocidad de corrosión (mpy) del aluminio inmerso NaCl (3.5%) y HCl (1M).

Tiempo (h)	V _{corr} (mpy) en NaCl (3.5%)				V _{corr} (mpy) en HCl (1M)			
	Blanco	50 ppm	100 ppm	200 ppm	Blanco	50 ppm	100 ppm	200 ppm
0	229	276	147	66	356	486	698	616
6	120	59	85	77	1122	867	1134	925
12	157	52	92	92	2074	166	1897	1781
24	190	53	70	135	4552	234	4300	3621

Por otra parte, a partir de las Curvas de Polarización se deduce que el inhibidor tiene efecto sobre los procesos catódicos en las primeras horas de exposición.

CONCLUSIONES

El extracto acuoso de *Acanthocereus tetragonus* presenta las mayores eficiencias al agregarse en pequeñas concentraciones y a mayores tiempos de exposición, actuando sobre los procesos catódicos.

REFERENCIAS

- [1] Khanari, K., Finšgar, M., Hrnčič, M. K., Maver, U., Knez, Ž., & Seiti, B. *RSC advances*, **7(44)**, 27299 (2017).
- [2] Ruiz, A. M., Almazán, L. E. C., Hernández, H. H., & Hernández, J. M., *Corrosion Inhibitors, Principles and Recent Applications*, 145, InTech, Croatia, (2018).

Estudio del comportamiento electroquímico de Aleaciones de Titanio (Ti CP2, Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-Si y Ti-6Al-4V) empleando curvas de polarización cíclica

CTS-P2

J. M Jáquez-Muñoz¹, F. Almeraya Calderón^{1*}, C. Gaona Tiburcio¹, J. A. Cabral Miramontes¹,
R. A. Saucedo Acuña², F. Estupiñán López¹, P. C. Zambrano Robledo¹

¹Univesidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME). Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIA) Aeropuerto Internacional del Norte Carr. Salinas Victoria km 2.3, Apodaca, N.L, México.

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Anillo pronaf s/n. Cd. Juárez, Chih.

*E-mail Responsable de la investigación: falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En la actualidad El 80% de la producción de titanio va dirigido al sector aeroespacial para la fabricación de componentes, en la siguiente figura se puede apreciar como el 15% del peso de la estructura se utiliza en titanio. Las principales razones por las cual el titanio se empieza a utilizar son la reducción del peso, desplazando al acero, por limitación de espacio (reemplazando al aluminio), temperaturas operativas (aceros, aluminios y aleaciones base níquel) y la resistencia a la corrosión [1]. Para hacer un estudio de la corrosión en estos componentes se utilizará la Curva de Polarización Potenciodinámica Cíclica (CPPC) ya que esta técnica permite determinar la resistencia a la corrosión, determinar el tipo de corrosión presente en el sistema, así como el rango de potencial de pasivado o la protección al picado según sea el caso [2]. Los electrolitos utilizados fueron H₂SO₄ y NaCl al 3.5%.

METODOLOGÍA

El proceso que se utilizó para realizar la experimentación consistió en la preparación metalográfica de las muestras hasta lija 800. Las pruebas electroquímicas fueron realizadas en un Gill AC de ACM Instruments en una celda conformada por un electrodo de trabajo (material a estudiar), electrodo de referencia de calomel saturado y un contra electrodo de platino.

RESULTADOS

En los resultados obtenidos mediante CPPC que se muestran en la figura 1, se puede observar como todos los titanios cuando están en H₂SO₄ tienden a pasivarse, mientras que en NaCl el Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo presento pseudopasivación. También es

importante mencionar que la histéresis presentada es negativa, por lo que todos presentan corrosión localizada.

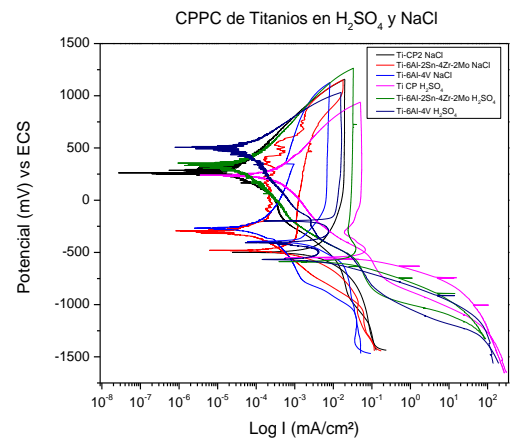


Figura 1. Curva de Polarización Cíclica de las aleaciones de titanio en H₂SO₄ y NaCl.

CONCLUSIONES

El H₂SO₄ genera pasivación en todos los titanios, mientras que el que presenta una cinética de corrosión más alta, además de también presentar un E_{corr} más bajo que el de todas las aleaciones en cualquier solución.

REFERENCIAS

- [1] F. H. Froes, *Titanium Physical Metallurg Processing and Applications*, ASM International, Estados Unidos, 2015
- [2] F2129, *Standard Test Method for CPPC*, Estados Unidos, ASTM International, 2015

Procesamiento y caracterización de un anodizado tipo III en solución de ácido cítrico de aluminio 6061

CTS-P3

A. E. Morales Almaguer, J. A. Cabral Miramontes¹, P. Samaniego Gamez¹, F. J. Olgún Coca¹, L. D. López León¹, C. Gaona Tiburcio¹, F. H. Estupiñán López¹, F. Almeraya Calderón¹.

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

*E-mail Responsable de la investigación: jocamira@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El Anodizado es uno de los procesos electroquímicos más importantes para mejorar el acabado superficial del Aluminio. Consiste en la oxidación anódica del mismo en una celda electrolítica. [1]

Uno de los parámetros claves del proceso es el electrolito usado. En los últimos años se han utilizado algunas alternativas al Ácido Sulfúrico [2], debido a que es altamente contaminante y de elevada peligrosidad para ser manejado, estando clasificado por la EPA-SCIL como “Triángulo Amarillo” es decir, un área de interés para sustitución funcional mediante innovación. [3]

Uno de los electrolitos alternativos utilizados es el Ácido Cítrico, clasificado por EPA-SCIL como “Círculo Verde” es decir de los más seguros y amigables con el ambiente [2,4], se han tenido resultados prometedores, pero hasta ahora no se ha realizado Anodizado Tipo III.

METODOLOGÍA

Para la fabricación del anodizado se empleó como material base aluminio 6061, el anodizado se realizó con los parámetros presentados en la tabla I. La evaluación de la aleación 6061 anodizada se efectuó a través de las técnicas electroquímicas de curvas de polarización cíclicas (CPC) y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) en una solución de NaCl al 3.5 % en peso.

Tabla 1. Condiciones de anodizado.

Matriz				
Condiciones fijas			Composición Electrolito	
Temp.	Tiempo	Corriente	Ácido Cítrico	Ácido Sulfúrico
0°C	60min	3A/dm ²	1M	5 ml/L
			1M	10 ml/L
			2M	5 ml/L
			2M	10 ml/L

RESULTADOS

En la tabla II se presentan los resultados obtenidos de la prueba de CPC del aluminio anodizado. Los resultados muestran que el aluminio AA 6061 anodizado presentó la formación de una capa de Al₂O₃ la cual mejora la resistencia a la corrosión. La capa de óxido generada por el proceso de anodizado presenta una mayor dureza que el material base.

Tabla II. Resultados de las pruebas de CPC realizadas en aluminio 6061.

Muestra		E _{corr} (mV vs ECS)	I _{corr} (A/cm ²)	I _{Pass} (A/cm ²)
1M	5 ml/L	-629	----	2.22 E-8
1M	10 ml/L	-566	5.68 E-8	5.93 E-9
2M	5 ml/L	-343	2.89 E-8	1.70 E-8
2M	10 ml/L	-693	4.65 E-8	2.62 E-6

CONCLUSIONES

El ácido cítrico puede ser utilizado como electrolito para producir anodizados del tipo III de aluminio 6061.

REFERENCIAS

- [1] C.M. Cotell, J.A. Sprague, and F.A. Smidt, Jr., *ASM Handbook, Volume 5: Surface Engineering*, p. 482, ASM editorial, US, (1994).
- [2] Tatsuya Kikuchi, Daiki Nakajima, Osamu Nishinaga, Shungo Natsui, Ryosuke O. Suzuki, *Current Nanoscience* **11**, 560 (2015).
- [3] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfuric-acid#section=EPA-Safer-Chemical>
- [4] <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Sulfuric-acid#section=EPA-Safer-Chemical>

Análisis de la respuesta EIS de membranas de quitosano electroesprayado sobre magnesio para usos biomédicos

CTS-P4

D. E. Gaytán Macías¹, J. L. Ramírez Reyez^{2*}, G. Galicia-Aguilar², N. García Navarro³,
G. González-Mancera⁴

¹Facultad de Ciencias Químicas-Veracruz, Universidad Veracruzana.

²Intituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana.

³Facultad de Ciencias Químicas-Poza Rica, Universidad Veracruzana

⁴Facultad de Química, UNAM.

*E-mail Responsable de la investigación: luiramirez@uv.mx

INTRODUCCIÓN

El magnesio y sus aleaciones han sido considerados como un material biodegradable con alto potencial en aplicaciones biomédicas como implantes temporales y reabsorbibles [1]. En los estudios de corrosión que utilizan la técnica de EIS, los espectros de impedancia obtenidos suelen ser simulados mediante circuitos equivalentes, compuestos por elementos de circuito como resistencias (R), capacitancias (C), inductancias (L), la difusión finita (O) y tipo Warburg (W). Combinados de tal manera que reproduzcan los espectros de impedancias experimentales, las constantes de tiempo de cada sistema y la búsqueda interpretación del fenómeno.

METODOLOGÍA

Para preparar la membrana se emplean soluciones de quitosano (QS) modificadas con grenetina (GR) y/o glutaraldehído (GL) y mediante la técnica de electroespray se recubrió el sustrato de Magnesio y se expuso en una solución de Kokubo a 37 °C para simular las condiciones del fluido corporal [2].

RESULTADOS

El modelo de circuito equivalente permite evaluar los parámetros anódicos y catódicos tanto del fenómeno de transferencia de carga como del proceso de difusión, que controlan el proceso de corrosión del Mg desnudo (Fig. 1) y también cuando el Mg recubierto con quitosano modificado con grenetina y glutaraldehído (Fig. 2), durante la exposición en la solución de Kokubo.

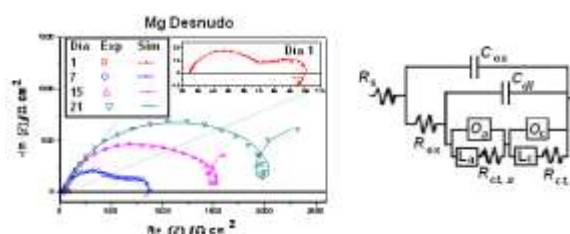


Figura 6. Diagramas de Nyquist sobre Mg desnudo y modelo de circuito equivalente ajustado.

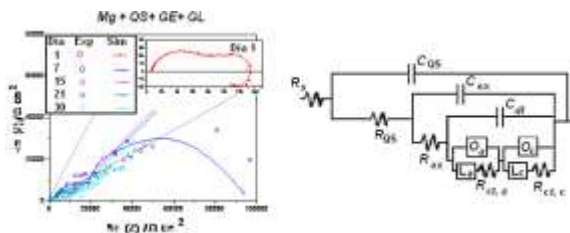


Figura 2. Diagramas de Nyquist sobre Mg recubierto con QS+GR+GL y modelo de circuito equivalente ajustado

CONCLUSIONES

El resultado de los análisis mostró el efecto protector de la membrana con mayor resistencia a la degradación, siendo aquella de quitosano que se modificó con grenetina y glutaraldehído, esto se atribuye al efecto reticulante del glutaraldehído.

REFERENCIAS

- [1] N. Kirkland, N. Birbilis, & M. Staiger. *Acta Biomaterialia*, **61**, 65, (2012).
- [2] T. Kokubo, & H. Takadama, *Biomaterials*, **27**, 2907, (2006).

Influencia del tiempo de polarización en las propiedades protectoras de una pátina de latón

CTS-P5

E. Galindo¹, M. Hernández^{1*}, R. González-Parra¹, A. Covelo¹

¹ División de Ingeniería Mecánica e Industrial, CENISA, Facultad de Ingeniería, UNAM
Cd. Universitaria, Av. Universidad 3000, Coyoacán, CDMX, 04510

*E-mail Responsable de la Investigación; mahdz2010@comunidad.unam.mx

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia han sido empleadas diversas aleaciones base Cu, siendo una de éstas el latón, la cual es comúnmente encontrada en yacimientos arqueológicos [1]. El latón tiene la capacidad de formar una capa de óxidos estable sobre la superficie. El estudio de la capa de óxidos formada permite obtener información acerca del contexto de enterramiento, además de los procesos a los cuales estuvo sometido el material después de su abandono, y permite generar los tratamientos de conservación adecuados para la preservación de dicho material. El objetivo de este trabajo consiste en determinar el efecto del tiempo de polarización en la capacidad protectora de una pátina formada potencioestáticamente en una aleación Cu-Zn.

METODOLOGÍA

Las probetas empleadas consistieron en cilindros de latón Cu- Zn, las cuales fueron lijadas hasta grado 1000, Posteriormente enjuagadas y desengrasadas. La probeta fue polarizada a 200 mV vs SCE durante 480 horas en una disolución 0.1 M de NaCl + 0.01 M NaHCO₃. El desarrollo de la capa de productos de corrosión fue monitoreado por medio de EIS.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos indican el aumento de las propiedades protectoras, así como la evolución de las diversas constantes de tiempo determinadas, indicando la existencia de procesos atribuidos a un electrodo de tipo poroso [2], además de fenómenos asociados con la transferencia de carga, Figura 1, conforme el tiempo de polarización se incrementó. También, se observa que el aumento de la capa de óxidos propicia una mejora de la resistencia a la corrosión del material. Finalmente, al realizar el ajuste

a un circuito eléctrico equivalente, se observa que el crecimiento de la capa de óxidos presenta un comportamiento de tipo parabólico.

Por otra parte, la capa de productos de corrosión fue caracterizada por medio de XRD evidenciando la presencia de diversos productos de corrosión de Cu y Zn.

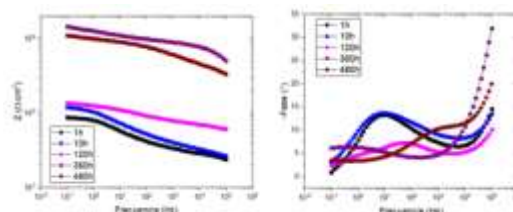


Figura 1. Resultados impedancia de pátina de latón polarizada durante 480 h: (a) módulo de impedancia y (b) ángulo de fase.

CONCLUSIONES

Por medio de la caracterización morfológica y electroquímica de una pátina artificial de latón, se determinó que el crecimiento de la capa es del tipo potencial, además de mostrar un comportamiento poroso. Se observó un incremento en la resistencia a la corrosión de los distintos productos de corrosión formados en función del tiempo de polarización.

REFERENCIAS

- [1] PT. Craddock, Journal of Arcaheological Science, **4**, 102, (1977).
- [2] RDPB. Hernández, Electrochemica Acta, **56**, 2801 (2011)

Se agradece el apoyo al proyecto PAPIIT IN100920, DGAPA, UNAM, 2019

Caracterización electroquímica de aleación AlSi10Mg con variación de parámetros de fabricación

CTS-P6

J. Espinosa¹, F. H. Estupiñán López^{1*}, C. Gaona Tiburcio¹, J.A. Cabral Miramontes, P. Zambrano Robledo¹, F. Almeraya Calderón¹.

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

*E-mail Responsable de la investigación: festupinan.ciiia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las nuevas tecnologías de fabricación digital tienen como común denominador el hecho que permiten fabricar piezas partiendo de la nada, a base de agregar materiales capa a capa, directamente desde el ordenador. Existe diversos parámetros, autores como Childs y Rombouts aseguran que solo una pequeña cantidad de éstos influyen en las propiedades finales de la pieza creada mediante el proceso de SLS y SLM. Según ellos, los parámetros más importantes son: potencia de láser, longitud de onda, diámetro del haz, velocidad de escaneo, grosor de capa y las propiedades del polvo.

En el trabajo se realizará el estudio de la aleación AlSi10Mg creada a partir de la técnica de manufactura aditiva SLM (Selective Laser Melting), para evaluar la influencia de los parámetros de fabricación en el comportamiento frente a la corrosión.

METODOLOGÍA

Se fabricaron muestra de aluminio mediante Manufactura Aditiva con la técnica SLM, con los parámetros mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de fabricación.

Muestras	Grosor de capa (um)	HS (mm)	Potencia (Watts)	Velocidad (mm/s)	Enfoque	P_r prom.
1	40	0.1	200	1000	0	89.799
2	40	0.1	300	1500	0.5	90.517
3	40	0.1	400	2000	1	90.342
4	40	0.13	200	1500	1	87.958
5	40	0.13	300	2000	0	88.662
6	40	0.13	400	1000	0.5	88.463
7	40	0.15	200	2000	0.5	83.501
8	40	0.15	300	1000	1	90.108
9	40	0.15	400	1500	0	90.243

Las muestras fueron encapsuladas en resina epóxica y se adaptó un cable de cobre para las pruebas

electroquímicas, se desbastaron con lija de carburo de silicio grado 800. Las técnicas electroquímicas empleadas fueron: Ruido Electroquímico (RE), (ASTM G-199), Resistencia a la Polarización Lineal (RPL), (ASTM G-59) y Curvas de Polarización cíclicas (CPC), (ASTM G-5). Después de las pruebas electroquímicas, las muestras se prepararon para analizarlas mediante el Microscopio Electrónico de Barrido (MEB).

RESULTADOS

En la figura 1, se presentan las curvas de polarización correspondiente a una potencia de laser de 300 Watts y variando la velocidad de avance del láser.

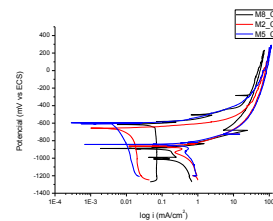


Figura 1. CPC variando velocidad de laser a una potencia de 300 Watts

Se puede observar que la muestra M2 presenta una menor área de histéresis lo que nos indica mayor resistencia a la corrosión por picadura [1].

CONCLUSIONES

Por las muestras analizadas nos podemos dar cuenta que la velocidad de laser a 1500 mm/s presenta mejores resultados que con las otras dos velocidades de fabricación.

REFERENCIAS

[1] Esmailzadeh, S., Aliofkhaezraei, M., & Sarlak, H., **54(5)**, 976 (2018)

Inhibición de la corrosión del acero 1018 en medio salino por *Curcuma longa*

CTS-P7

G. Chávez Díaz¹, M. G. Valladares Cisneros², J. Uruchurtu Chavarín^{1*}

¹Universidad Autónoma del estado de Morelos, Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Av. Universidad 1009, Cuernavaca, Mor, C.P. 60010, México.

²Universidad Autónoma del estado de Morelos, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Av. Universidad 1009, Cuernavaca, Mor, C.P. 60010, México.

*E-mail Responsable de la investigación: juch25@uaem.mx

INTRODUCCIÓN

Los metales y aleaciones, materiales que son utilizados ampliamente en diversos sectores industriales, llegan a sufrir deterioro a causa de la corrosión, acarreado como consecuencia significativas pérdidas económicas [1]. El uso de inhibidores es una de las prácticas más empleadas para prevenir la corrosión, sin embargo, la gran mayoría son altamente tóxicos, por lo que presentan un gran impacto ambiental. Es por ello que su uso ha sido regulado y muchos de ellos han salido del mercado, tales como los cromatos, fosfatos y compuestos con arsénico. Esta situación ha favorecido que se potencialicen investigaciones sobre la capacidad de inhibición de la corrosión por compuestos de origen natural conocidos como “inhibidores verdes” [2]. Por lo que el presente trabajo se orientó al estudio de la capacidad inhibitoria de la corrosión del acero al carbón 1018 por *Curcuma longa* (*C. longa*), empleada como inhibidor verde de la corrosión.

METODOLOGÍA

Probetas de acero 1018 encapsuladas, fueron sumergidas en NaCl al 3%. A través de pruebas electroquímicas se determinó la eficiencia de inhibición (EI) en ausencia y presencia del inhibidor a diferentes concentraciones. Estimando el tiempo de residencia del inhibidor en la mejor concentración.

RESULTADOS

A través de la técnica de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIE) *C. longa* produjo la mayor EI (90 %) cuando se empleó a 20 ppm.

Evaluando por EIE el tiempo de residencia del inhibidor a 20 ppm se observó que la EI se mantuvo superior al 90 % hasta por 6 horas (Figura 1, Tabla 1).

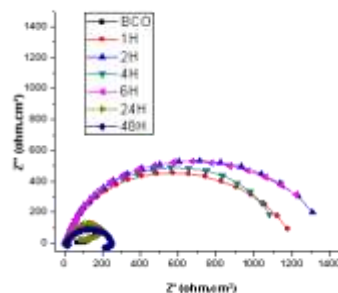


Figura 1. Diagramas de Nyquits del efecto de 20 ppm de extracto de *C. longa*.

Tabla 1. Eficiencia de la inhibición de la corrosión respecto del tiempo del extracto de *C. longa*.

Tiempo (h)	1	2	4	6	24	48
% EI	94.81	95.33	94.33	94.99	22.02	68.37

Los compuestos característicos de *C. longa*, llamados curcuminoides presentan en su estructura anillos aromáticos y átomos de oxígeno con pares de electrones libres. Por lo que es posible atribuir el efecto protector de *C. longa* a estos compuestos naturales.

CONCLUSIONES

20 ppm de *C. longa* producen hasta un 90 % de EI de la corrosión para el acero 1018 inmerso en NaCl al 3 %, misma EI que se mantiene hasta las 6 h.

REFERENCIAS

- [1] J. G. Speight, *The chemistry and technology of petroleum*. CRC press, (2014).
- [2] G. C. Dariva, F. A. Galio, *Developments in Corrosion Protection*, Cap. 16, 365, (2014).

Recubrimientos compositos Zinc/Partículas de Plata (Zn/AgPs); Evaluación de la Corrosión en medios Fisiológicos y actividad antibacterial en la presencia de *P. aeruginosa*

CTS-P8

S. J. Acosta Lopez¹, R. Ortega¹, B. Cercado¹, G. Trejo^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ).

*E-mail Responsable de la investigación: gtrejo@cideteq.mx

INTRODUCCIÓN

Actualmente, una de las tendencias tecnológicas en el desarrollo de materiales, son los metales biodegradables, los cuales han sido propuestos como una alternativa para ser utilizados en la fabricación de implantes temporales, es decir, en implantes que sólo deben de ser útiles durante el tiempo necesario para sanar la herida y posteriormente deberán degradarse y bioabsorberse completamente para ser desechados por el cuerpo. Metales como: Fe, Mn, Mg, Zn y W han sido propuestos como metales biodegradables [1]. Por otra parte, Las infecciones nosocomiales es una de las más comunes complicaciones asociadas con implantes quirúrgicos. Estas infecciones no sólo cuestan una gran cantidad de dinero, sino que también retrasan el tiempo de curación e incluso conducen a incapacidades y muerte. Se ha demostrado que la infección bacteriana es el segundo factor en importancia, que conduce al fracaso en la implantación [2], es por eso importante el desarrollo de materiales con capacidad bactericida, que eviten la infección temprana en la zona del implante. En este estudio analizamos a los recubrimientos compositos zinc/partículas de plata (Zn/AgPs) como recubrimientos protectores biodegradables y con capacidad antibacterial, para ser potencialmente utilizados en aplicaciones biomédicas.

METODOLOGÍA

Los recubrimientos Zn/AgPs fueron obtenidos por electrodeposición en condiciones potencioestáticas. Los

recubrimientos fueron caracterizados por SEN, GDS, XRD. La velocidad de corrosión fue evaluada por curvas de polarización y por inmersión en medios fisiológicos. La actividad antibacterial fue evaluada respecto a la bacteria *Pseudomonas aeruginosa*.

RESULTADOS

La capacidad antibacterial de los recubrimientos compositos Zn/AgPs depende del contenido de Ag en el recubrimiento y del tiempo de contacto. Porcentajes de inhibición de crecimiento de la bacteria *P. aeruginosa* mayores al 90 % fueron obtenidos después de 10 min de contacto y contenido de Ag en los recubrimientos de 0.10 wt.%. Porcentajes de inhibición del 100% fueron obtenidos después de 30 min de contacto y recubrimientos Zn/AgPs con 0.30 wt.% Ag_{sup}.

Por otra parte, los valores de densidad de corriente de corrosión (j_{corr}) de los recubrimientos Zn/AgPs (0.29 wt.% Ag_{sup}) evaluadas en soluciones PBS, Hank y Ringer; 5.18, 17.77 y 10.10 $\mu\text{A cm}^{-2}$ respectivamente, son similares a los normalmente considerados para el diseño de materiales biodegradables.

REFERENCIAS

[1] J. Cheng, *Journal of Materials Science and Technology*, **29**, 619, (2013).

[2] M. R. Rasouli, *Bone and Joint Surger*, **96**, 158, (2014).

Estudio y desarrollo de recubrimientos biodegradables de Zn-Mn

CTS-P9

S. J. Acosta López¹, R. Ortega¹, B. Cercado¹, G. Trejo^{1*}

¹Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ).

*E-mail Responsable de la investigación: gtrejo@cideteq.mx

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el área biomédica tiene un gran interés en biomateriales que sean biodegradables para su uso como implantes temporales. Debido a que, al terminar su función como implante, los materiales biodegradables se desintegran progresivamente y generan compuestos no tóxicos que son absorbidos y excretados por el cuerpo humano [1]. Metales como: Fe, Mn, Mg, Zn y W han sido propuestos como metales biodegradables [2].

El uso de Magnesio (Mg) y sus aleaciones como material biodegradable para implantes de huesos y stents cardiovasculares, se debe a sus propiedades. Para el caso de implantes óseos posee características similares a las del hueso, además de ser un elemento esencial en el cuerpo humano. La dificultad que presenta el Mg es su alta velocidad de corrosión en ambientes de cloruros [3]. Lograr el control de la velocidad de corrosión de materiales como el Mg nos permitirá mantener las propiedades del implante temporal. Por lo cual en el presente trabajo se estudiaron y desarrollaron recubrimientos de Zn-Mn, elementos menos activos que el Mg, que muestran una velocidad de corrosión menor a la de sustratos como el Mg y permiten ser aplicados como implantes biodegradables por ser elementos que forman parte de los nutrientes esenciales en el cuerpo humano [1].

METODOLOGÍA

Los recubrimientos Zn-Mn fueron obtenidos por electrodeposición a corriente constante en soluciones

base cloruros. Los recubrimientos fueron caracterizados por ICP, SEM, GDS, y XRD. La velocidad de corrosión fue evaluada por curvas de polarización en ambientes que simulan medios fisiológicos.

RESULTADOS

Los datos obtenidos por SEM, GDS y XRD nos indican la presencia de Zn y Mn en los recubrimientos. La cantidad de Mn en los recubrimientos de Zn-Mn, determinada por ICP, depende de la concentración de las soluciones base cloruros de la electrodeposición, donde el contenido más alto de Mn, en los recubrimientos Zn-Mn, fue de 1% wt de Mn. La velocidad de corrosión, calculada en las curvas de polarización, incrementa conforme el contenido de Mn aumenta en los recubrimientos. El recubrimiento con 1% wt Mn presenta la velocidad de corrosión más alta de 0.078 mm/año.

CONCLUSIONES

Los recubrimientos obtenidos son de una aleación de Zn-Mn. En los cuales se logra modificar la velocidad de corrosión, en ambientes que simulan medios fisiológicos, de acuerdo con el contenido de Mn en el recubrimiento.

REFERENCIAS

- [1] M. Jamesh, *Corrosion Science*, **53**, 645, (2011).
- [2] J. Cheng, *Journal of Materials Science and Technology*, **29**, 619, (2013).
- [3] G. Song, *Corrosion Science*, **49**, 1696, (2007)

Evaluación del ácido 3a-hidroximasticadienoico (3-HM) como inhibidor de corrosión para plata en medio salino

CTS-P11

D. Moreno Cerros¹, A. Espinoza Vázquez^{1,2*}, E. F. Hernández Molina¹,
F. J. Rodríguez Gómez¹

¹Depto. de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, UNAM Ciudad de México, 04510.

² Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM, Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04360.

*E-mail Responsable de la investigación: arasv_21@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

La plata, como el resto de los metales, sirvió para la elaboración de armas de guerra y luego se empleó en la manufactura de utensilios y ornamentos, de donde se extendió al comercio al acuñarse las primeras monedas de plata y llegó a constituir la base del sistema monetario de numerosos países. Por otro lado, la plata expuesta al aire reacciona con el sulfuro de hidrógeno (H₂S) como consecuencia de la combustión de gasolinas y los derivados del petróleo, para dar como producto sulfuro de plata que es la pátina negra. En los últimos años se han empleado barnices de tipo epóxico para su protección, pero con los objetos antiguos no debería emplearse una protección de ese estilo. En la teoría de restauración y conservación, se ha propuesto el uso de paraloid para la protección de materiales metálicos como la plata y el bronce; más aún, se ha empleado un producto llamado comercialmente Incralac, que es paraloid con benzotriazol como inhibidor de corrosión. En este proyecto se pretende evaluar la corrosión de la plata sterling 0.925 en presencia de cloruros y utilizando como inhibidor de corrosión el 3-HM.

METODOLOGÍA

- Se prepararon las disoluciones de NaCl al 3% m/v y del inhibidor 0.01M.
- Se prepararon las placas de plata 0.925 con tres distintas concentraciones del inhibidor: 20, 50, 100 ppm junto con su blanco.
- Se realizaron las pruebas en condiciones estáticas con la siguiente secuencia: Medición de potencial a circuito abierto (OCP) durante 1800 segundos, utilizando una celda de tres electrodos: el electrodo de grafito como contraelectrodo, el de referencia de plata/cloruro de plata y el de trabajo

la plata sterling, en un equipo Gill AC; e Impedancia electroquímica con amplitud de la señal de 10mV e intervalo de frecuencias de 10 kHz a 10 mHz.

RESULTADOS

El diagrama de Nyquist de la figura 1, muestra el efecto de la concentración de 3-HM en la superficie de la plata, el cual presentó dos constantes de tiempo: una relacionada con la resistencia a la transferencia de carga y la otra a la resistencia de la película [1].

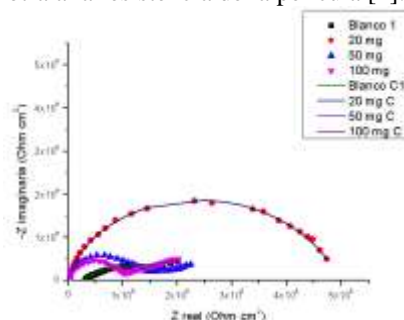


Figura 1. Diagrama de Nyquist del 3-HM para la plata sterling inmersa en una disolución de NaCl 3% m/v

CONCLUSIONES

Para el sistema de plata con solución salina empleando el inhibidor 3-HM se encontró que 20 ppm es la mejor concentración.

REFERENCIAS

- [1] Lin Liu, Xiaona Pan, Jinjuan Xing, Jianhua Qian, *Anti-Corrosion Methods and Materials*, **62**(6), 353, (2015).

Evaluación electroquímica de los mecanismos de corrosión de un acero API N80 a condiciones inducidas en la realización de una estimulación matricial reactiva

CTS-P12

A. Matla-Báez^{1*}, E. Mejía², A. Contreras³, R. Orozco-Cruz¹, R. Galván-Martínez¹

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

²Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México.

³Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central L. Cárdenas Norte 152, CDMX, México

* E-mail Responsable de la investigación: abrahammatla@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La corrosión en ambientes ácidos, así como la corrosión en ambiente con esfuerzo, son una de las causas más importantes de fallas en tuberías enterradas, principalmente en el transporte de hidrocarburos. [1] Aunado a esto, la corrosión constituye una de las principales amenazas en el correcto aseguramiento de flujo de fluidos a través de tuberías de revestimiento en la industria petrolera, ya que ciertas condiciones operativas en el pozo inducen la degradación del material de manera acelerada, sumándose a las condiciones operativas, las condiciones de presión y temperatura propias de los pozos petroleros influyen de igual manera en la degradación ya mencionada. La evaluación electroquímica permite caracterizar de manera acertada los mecanismos de corrosión generados durante la estimulación matricial a través de tuberías de revestimiento de grado N-80. Estudios previos han demostrado la utilidad de la espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE) para conocer los mecanismos de corrosión mediante componentes físicos como resistencias, capacitancias e inductancias. [2]

METODOLOGÍA

En el análisis electroquímico se utilizó la técnica de impedancia y un arreglo típico de tres electrodos, donde se utilizó un acero N80 como electrodo de trabajo, un electrodo de calomel saturado electrodo de referencia y un electrodo de platino como electrodo auxiliar. Como electrolito se utilizó una solución de ácido clorhídrico al 3.5% para simular condiciones de baches de fluido estimulante real utilizados en una estimulación matricial a una temperatura de 60°C, en pruebas con una duración total de 24 horas. Para la realización de las mediciones electroquímicas se utilizó un baño María con aceite vegetal para tener una

temperatura de 60°C más uniforme y un potencióstato-galvanostato marca Admiral Instruments.

RESULTADOS

Los resultados de la evaluación electroquímica muestran comportamientos capacitivos, lo cual corrobora un proceso de transferencia de carga al tiempo que el acero entra en contacto con los fluidos estimulantes, las condiciones propias del fluido estimulante inciden directamente en el desarrollo de reacciones electroquímicas en la interfaz metal- electrolito que son explicadas mediante circuitos equivalentes y muestran un aumento en la velocidad de corrosión de la tubería de revestimiento y el mecanismo por el cual está siendo atacado el acero.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, la cinética de corrosión es acelerada de manera significativa por la temperatura sumado a la naturaleza ácida del electrolito. Además, mediante la comprensión del mecanismo presentado en la interfaz, obtenido con EIE, se puede conseguir un control del proceso de corrosión del acero.

REFERENCIAS

- [1] R. Galván-Martínez., et al., *Metals*, **9** (12), 1353 (2019)
- [2] R. G. Kelly, *Electrochemical Techniques in Corrosion Science and Engineering* Marcel Dekker, Inc, Nueva York, (2003).
- [3] D. Figueredo-Amaya, *Estudio del desempeño ante la corrosión de los aceros N80, 180, 1304, en medios agresivos CO₂ y Cl*. **257**, 80 (2013)
- [4] E. Barmatov, J. Geddes, T. Hughes, M. Nagl *Research on Corrosion Inhibitors for Acid Stimulation*, Paper no.C2012-0001573, Salt Lake City, UT: NACE International, (2012).

Estudio de la corrosión de aceros AISI 1018 y galvanizado embebidos en concretos ternarios

CTS-P13

A. Y. López-López^{1*}, A. E. Landa-Gómez², G. Fajardo-San Miguel³, R. Orozco-Cruz¹,
R. Galván-Martínez^{1*}

¹Unidad Anticorrosión, Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana

²Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana

³Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León

* Email Responsables de la investigación: ari_lopez11@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La durabilidad del concreto armado utilizado en las grandes infraestructuras como puentes, túneles, puentes, pueden verse comprometidas por los efectos del fenómeno de corrosión. En consecuencia, esos daños reducen la vida útil de la estructura y aumenta los costos de mantenimiento y reparación [1-2]. Es por eso que actualmente se están utilizando materiales alternativos para proteger el acero de refuerzo contra la corrosión como el uso de sustituciones al cemento portland por puzolanas naturales [3], así como aceros galvanizados por el reemplazo de los aceros convencionales [4]. En el presente trabajo se realizó la elaboración de concretos ternarios con ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y ceniza volante (CV) con la finalidad de disminuir la porosidad y la difusión de iones agresivos hacia la matriz del concreto.

METODOLOGÍA

Se elaboró concreto hidráulico con relación $a/c = 0.45$, empleando cemento portland ordinario (CPO 40), agregados pétreos y agua. Los especímenes de concreto que se elaboraron tienen dimensiones de $15 \times 7 \times 15$ cm, los cuales tienen sustituciones de cemento portland por CBCA y CV, en porcentajes de 10, 20 y 30 %. En la celda electroquímica se utilizó un arreglo típico de tres electrodos, un electrodo de trabajo (acero AISI 1018 y acero galvanizado), un electrodo de referencia (electrodo de calomel saturado) y un electrodo auxiliar (barra de grafito sinterizado). Se realizó el seguimiento de los potenciales de corrosión (E_{corr}), y como evaluación de corrosión se ejecutaron las técnicas electroquímicas de resistencia a la polarización lineal (RPL) y ruido electroquímico (RE).

RESULTADOS

Los aceros AISI 1018 y galvanizados embebidos en los concretos ternarios presentan un mejor comportamiento electroquímico, debido a que estos concretos de acuerdo con los resultados de resistencia a la polarización lineal muestran velocidades de corrosión menores que el concreto de referencia en los dos aceros utilizados: Además, el acero galvanizado presenta mayores velocidades de corrosión que el acero 1018, esto atribuido a que el acero 1018 está protegido con una capa pasiva. En los resultados de ruido electroquímico de acuerdo con las transientes observadas es posible que podamos atribuir un proceso de corrosión localizada.

CONCLUSIONES

La utilización de las puzolanas naturales (productos de desechos reutilizados) resultó benéfico al conseguir una disminución en la velocidad de corrosión de las dos varillas utilizadas en los aceros de refuerzo, con lo cual podemos decir que es posible aumentar la durabilidad de las estructuras de concreto reforzado.

REFERENCIAS

- [1] F. C. R. Almeida, A. Sales, J. P. Moretti, P.C Mendes. *Construction and Building Materials*, **226**, 72, (2019).
- [2] A. M. Aguirre-Guerrero, R. M. de Gutiérrez, M. J. Montês-Correia, *Construction and Building Materials*, **121**, 704, (2016).
- [3] S. Sujavanich, P. Suwanvitaya, D. Chaysuwan, G. Heness. *Construction and Building Materials*. **155**, 830, (2017).
- [4] Z. Q. Tan, C. M. Hasson, *Corrosion Science*, **50**, 2512, (2008).

Evaluación electroquímica del efecto de la materia fecal de la especie *Columba Livia* sobre una pátina artificial de CuSO_4

CTS-P14

M. C. Barreda-Serrano¹, T. J. Jiménez-Sánchez², R. Galván-Martínez², R. Orozco-Cruz^{2*}

¹Facultad de Ciencias Químicas, Región Veracruz. Universidad Veracruzana.

²UV-CA-245. Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería. UV.

*E-mail Responsable de la investigación: rorozco@uv.mx

INTRODUCCIÓN

El patrimonio cultural tangible artístico como son las esculturas de bronce cambia su tonalidad dependiendo del proceso de oxidación que se desarrolle al estar expuestas al medio ambiente. Dicho proceso genera una capa protectora característica de este metal llamada: pátina, sin embargo, al estar expuesta en una atmósfera urbana-marina donde los contaminantes presentes son cloruros y sulfatos pueden afectar la estabilidad de dicha capa provocando corrosión. Otro factor que perjudica al patrimonio metálico es la materia fecal de aves, las cuales están compuestas principalmente de ácido úrico y amoníaco. Probablemente la presencia de este compuesto produce la inestabilidad de la pátina protectora acelerando la degradación de los monumentos. Tomando en cuenta lo anterior, en este trabajo trató de comprobar si la presencia de material fecal de la especie *Columba Livia* sobre una pátina artificial de CuSO_4 incrementó la velocidad de corrosión provocando que existiera una degradación en las piezas metálicas de bronce cuaternario.

METODOLOGÍA

Se procedió a la inducción de pátinas artificiales de CuSO_4 y se depositó heces fecales de paloma sobre la misma. Posteriormente fueron expuestas a la atmósfera y evaluadas con la técnica de Espectroscopía de Impedancia Electroquímica utilizando una celda típica de 3 electrodos con un electrolito de NaCl al 3.5% gelificado con agar. Aunado a esto, se caracterizó las heces fecales de paloma mediante la técnica de Espectroscopía Infrarroja con Reflectancia total atenuada (ATR) y se realizaron análisis morfológicos y estructurales de las pátinas sin y con materia fecal mediante las técnicas de MEB-EDX y DRX. Al estar expuestas al ambiente las pátinas con materia fecal de la especie *Columba Livia* se realizó la cuantificación

de los contaminantes Cl^- y SO_x mediante la normativa ISO 9225:2012.

RESULTADOS

En la pieza denominada “Blanco” se observó en dos zonas distintas, diferente tamaño de cristal, además mediante DRX los productos de corrosión que se obtuvieron son: Digenita, brochantita, cuprita y otros compuestos como perclorato y sulfato de amonio, nitrato de potasio entre otros. Respecto a la evaluación electroquímica se observa una baja resistencia durante la primera semana, en la segunda semana existió un incremento de la resistencia a causa del engrosamiento de la cuprita brindándole una mejor protección, pero debido a que la pátina era porosa permitió el paso de iones agresivos provocando que existiera la disminución de la resistencia a la transferencia de carga acelerando el proceso de degradación de la pátina.

CONCLUSIONES

El componente principal de materia fecal: ácido úrico, afecta la estabilidad de la pátina provocando la degradación de esta, sin embargo, la presencia de Cuprita proporciona mayor resistencia al metal.

REFERENCIAS

- [1] R. Victoria., C. Barrera., B. Frontana, *Esculturas de bronce: corrosión y patina*. Editorial: Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México (2018).
- [2] E. Bernardi, D.J. Bowden, P. Brimblecombe, H. Kenneally, L. Morselli, *Sci Total Environ.* **407**, 2383, (2009).
- [3] G. di Carlo, C. Giuliani, C. Riccucci, M. Pascucci, E. Messina, G. Fierro, M. Lavorgna, G. M. Ingo. *Appl Surf Sci.* **421**, 120, (2017).

Estudio Electroquímico y Sinterización de una Película de Boehmita sobre un Acero AISI 1018

CTS-P15

L. J. Torres Martínez¹, D. E. Arceo-Gómez², L. Sánchez-Amador¹, R. Galván-Martínez²,
R. Orozco Cruz^{2*}

¹Facultad de Ciencias Químicas, Región Veracruz, Universidad Veracruzana.

²UV-CA-245. Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería, UV.

*E-mail Responsable de la investigación: rorozco@uv.mx

INTRODUCCIÓN

La corrosión es un problema que afecta a la mayor parte de la población en muchos ámbitos, uno muy en específico es el sector industrial, ya que es un problema que se toma en serio para poder radicarlo. Con el estudio de esta investigación, se tratará de otorgar mayor vida útil a las estructuras, piezas y equipo metálico expuesto a ambientes agresivos, beneficiosos al fenómeno de la corrosión. El objetivo de este trabajo es la síntesis y sinterización de una película de boehmita (γ -AlO(OH)) sobre un sustrato de acero AISI 1018 con el fin de aumentar sus propiedades anticorrosivas.

METODOLOGÍA

La síntesis se llevó a cabo empleando un precursor de trisecebutoxido de aluminio a una concentración de 0.1M, agregándole alcohol isopropílico y acetato de etilo. La película del sustrato se lleva a cabo por medio de inmersión durante 24 horas. Posteriormente, las placas con la película se sinterizaron a 350, 450 y 550 °C durante 15 min, luego fue enfriada e inmersa en agua hirviendo durante 10 min. La caracterización superficial de las películas de boehmita sobre el sustrato metálico fue mediante MEB-EDX. Para la evaluación electroquímica se utilizó una celda convencional de tres electrodos y una solución de NaCl al 3.5%. Las técnicas electroquímicas fueron: Resistencia a la polarización (R_p) y Espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE).

RESULTADOS

Las micrográficas mostraron la presencia de Al sobre la superficie metálica, esto indica la presencia de la película de boehmita. Los resultados por EIE, arrojaron un incremento en los valores de impedancia por la presencia de la película de boehmita.



Figura 1. Diagrama de Nyquist del acero 1018 con y sin boehmita

CONCLUSIONES

Las temperaturas de sinterización de la boehmita a 350 y 550 °C fueron las que obtuvieron mayor resistencia después de 24 horas de exposición en NaCl a 3.5%. La boehmita es una opción económica y amigable con el ambiente que mejora la protección del acero 1018.

REFERENCIAS

- [1] Y. Meas et al., *Técnicas electroquímicas para el control y estudio de la corrosión*, p. 53-90 Querétaro (2002).
- [2] G. Hueto, *síntesis y caracterización de películas nanoestructuradas de boehmita con propiedades superhidrofóbicas*, Instituto politécnico nacional, centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada, (2010).
- [3] F. del Castillo, *Aceros, estructuras y tratamientos térmicos*, Cuautitlán (2012).

Inhibición de la corrosión de la estrictosamida en un latón en presencia de cloruros para su conservación

CTS-P16

D. Dávila Acuña, G. Sosa von Putlitz¹, A. Espinoza Vázquez^{1,2*},
F. J. Rodríguez Gómez¹,

¹ Departamento de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Química, UNAM.

² Instituto de Investigaciones en Materiales, UNAM.

*E-mail Responsable de la investigación: arasv_21@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

Los artefactos antiguos y modernos de bronce son una parte importante de nuestra herencia cultural, y el desarrollo de los tratamientos protectores efectivos sin efectos adversos en la salud y el medio ambiente sigue siendo un problema sin resolver. Esta investigación pretende evaluar a la estrictosamida como inhibidor de la corrosión del latón (70-30) en medio de cloruros, con el objetivo de desarrollar nuevos recubrimientos protectores no peligrosos para artefactos de latón en exteriores. A partir de los resultados de este trabajo, se tomará la decisión de añadir la estrictosamida adicionándola al Paraloid con el objetivo de aumentar la protección en el largo plazo.

METODOLOGÍA

A todas las piezas se les aplicó un recubrimiento de 0.6 ml de paraloid con acetona que posteriormente se dejaron en un desecador. Lo siguiente fue la aplicación a solo tres piezas de un inhibidor orgánico de la corrosión (estrictosamida) a diferentes concentraciones, las cuales son 20 mg/m², 50 mg/m² y 100 mg/m². La celda electroquímica consta de un electrodo de referencia (Ag/AgCl Saturado), contraelectrodo (barra de grafito) y un electrodo de trabajo que son placas de latón. El medio corrosivo es una solución de NaCl al 3% wt.

Las pruebas electroquímicas son:

- Potencial vs Tiempo (Duración de 1800 segundos y una lectura por segundo)
- Impedancia Electroquímica (amplitud de 20 mV e intervalos de frecuencia de 10⁴ a 10⁻² Hz).

RESULTADOS

De todas las concentraciones estudiadas, la que alcanzó un valor máximo en el valor de Zreal fue la de 50 mg/m², siendo esta la mejor para proteger la superficie metálica del bronce. Sin embargo, la pieza de 20 mg/m² obtuvo un comportamiento no esperado,

ya que sus resistencias se encuentran por debajo del blanco (sin paraloid), con lo que se tendría promoción de la corrosión, no inhibición (Figura 1).

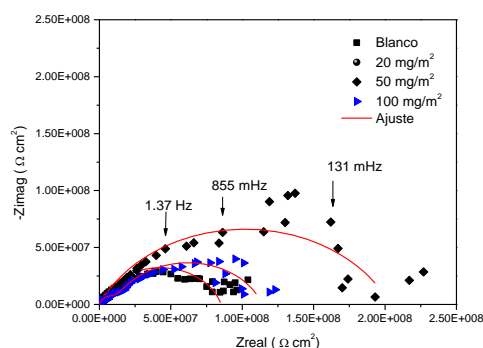


Figura 1. Diagrama de Nyquist en presencia de la estrictosamida con paraloid para el Bronce inmerso en 3% de NaCl

CONCLUSIONES

La pieza con 50 mg/m² de inhibidor sobresalió con una eficiencia del 68.87%, casi el doble que la de 100 mg/m² (38.64%). Por otro lado, la pieza con concentración de 20 mg/m² no funciona como inhibidor si no como promotor de la corrosión.

REFERENCIAS

- [1] Huiwen Tian, Y. Frank Cheng, Weihua Li, Baorong Hou, *Corrosion Science* 100, 341, (2015).
- [2] Yujie Qiang, et. al., *Corrosion Science* 126, 295, (2017).

Estudio electroquímico y morfológico de una película de TEOS-PDMS

CTS-P18

A. H. Velazco-Villalobos¹, R. Galván-Martínez², G. Fajardo³, E. Mejía-Sánchez²,
R. Orozco-Cruz^{2*}

¹Facultad de Ciencias Químicas, Región Veracruz, Universidad Veracruzana.

²UV-CA-245. Ingeniería de Corrosión y Protección. Instituto de Ingeniería, UV.

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

*E-mail Responsable de la investigación: rorozco@uv.mx

INTRODUCCIÓN

Algunas piezas históricas fabricadas con fundiciones de hierro como anclas, cañones, balas de cañón, diversos tipos de armas como espadas y rifles entre otros de valor histórico, cultural y social se degradan rápidamente por el proceso de corrosión. Aunque existen recubrimientos que protegen la superficie de la humedad y el oxígeno, estos modifican su aspecto visual ^[1]. El desarrollo de materiales híbridos orgánicos-inorgánicos es una alternativa que ofrece la ciencia de los materiales. La gran variedad de precursores orgánicos e inorgánicos dan la posibilidad de la creación de películas anticorrosivas que podrían emplearse en el Patrimonio Metálico ^[2,3]. El objetivo fue evaluar la capacidad protectora de películas de TEOS en concentraciones de 10, 20 y 30% de PDMS.

METODOLOGÍA

La síntesis de la película se realizó por el método sol-gel añadiendo tres diferentes concentraciones de PDMS al 10, 20 y 30%. La aplicación de las películas fue mediante aspersión mecánica sobre la superficie de óxidos de hierro colado. La caracterización química y estructural de la síntesis se realizó mediante Espectroscopía de Infrarrojo por Transformada de Fourier (FTIR). La morfología de las películas de TEOS-PDMS sobre los productos de corrosión y composición química elemental se realizó por MEB-EDX y las mediciones del carácter hidrofóbico se realizaron midiendo el ángulo de contacto. La caracterización electroquímica se realizó empleando la técnica de Impedancia Electroquímica donde se aplicó una amplitud sinusoidal de 10 mV y un intervalo de frecuencia de 10 KHz a 1 mHz.

RESULTADOS

La identificación por DRX mostró que las fases de los productos de corrosión fueron: lepidocrocita (γ -FeOOH), magnetita (Fe_3O_4) y akaganeita (β -FeOOH). Las micrografías por MEB se observó una distribución heterogénea con esferas irregulares en las películas de 10 y 30%, mientras que para la concentración de 20% se observó una película más homogénea. El ángulo de contacto aparente medido indicó que las películas son hidrofóbicas por tener valores mayores a 90° . En la evaluación electroquímica por EIE, los valores de impedancia fueron de $-54 \Omega \cdot \text{cm}^2$, al aplicar el recubrimiento de 10% se obtuvo una resistencia inicial de $24 \text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2$ disminuyendo considerablemente después de 15 días de exposición en NaCl. Este mismo comportamiento se observó en 20 y 30% de PDMS.

CONCLUSIONES

La película de TEOS-PDMS otorga capacidad protectora a la capa de productos de corrosión de hierro colado ante la agresividad de los iones cloruro. Además, estas películas tienen propiedades hidrofóbicas y son transparentes, útiles como tratamiento de conservación del Patrimonio Metálico.

REFERENCIAS

- [1] E. Cano, D. Lafuente, D. Bastidas, *Journal of Solid State Electrochem*, **14**, 381, (2010).
- [2] P. Moriones, J. Echeverría, S. Garrido, (2015). *Síntesis y caracterización de xerogeles silíceos híbridos (RTEOS/TEOS; R= P, PH)*, **10**, Departamento de Química Aplicada, Universidad Pública de Navarra.
- [3] S.Y. Hu, Y. C. Lee, J.W. Lee, J.C. Huang, *Journal Applied Surface Science*, **254**, 1578, (2008).

Evaluación electroquímica de tres pinturas ricas en zinc sobre sustratos de acero al carbono expuestas en NaCl al 3.5%

CTS-P19

C. G. Campechano-Ataxca^{1*}, D. Martínez-Quintero¹, G. Galicia-Aguilar¹, R. Chávez-Rosales², R. Orozco-Cruz¹.

¹UV-CA-245-Ingeniería de Corrosión y Protección-Instituto de Ingeniería, UV.

²Metalyzinc, S.A de C.V.

*E-mail Responsable de la investigación: campe_cori@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El uso de recubrimientos es uno de los principales métodos de protección anticorrosiva, dentro de esta gama se puede encontrar a las pinturas ricas en zinc que pueden utilizarse como primarios o capa de acabado, ofreciendo un efecto barrera y protección catódica a los sustratos metálicos [1]. El mecanismo de protección de los recubrimientos ricos en zinc y su rendimiento electroquímico se han estudiado a fondo utilizando principalmente mediciones de potencial y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIE). En este trabajo se realizó el estudio electroquímico de tres sistemas de pinturas ricas en zinc con la finalidad de identificar cuál de ellos presenta el mejor desempeño de protección como primario aplicado en sustratos de acero al carbono.

METODOLOGÍA

Para evaluar las pinturas: Zerovoc (Z_1), ZRC Galvilite (Z_2) y Zinga (Z_3) en NaCl al 3.5% en función de 5 días de exposición, se utilizó un arreglo de celda electroquímica que constaba de tres electrodos: una placa de recubrimiento como electrodo de trabajo (ET), un contraelectrodo de grafito (CE) y un electrodo de referencia (ER) de Ag/AgCl_{sat}. Las pruebas electroquímicas se realizaron con un potenciostato de la marca Bio-Logic, modelo SP-150. Para la técnica de Rp se utilizó una polarización de ± 25 mV/ E_{corr} y para la técnica de EIE un barrido de frecuencias de 10 kHz a 0.01 Hz, con una amplitud de 10 mV y 7 puntos por década.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presentan las velocidades de corrosión de los tres sistemas de pinturas evaluados con Resistencia a la Polarización (Rp). Los resultados muestran que la pintura ZRC Galvilite (Z_2) el valor de

Rp aumenta en función del tiempo ocasionando así que este presente la menor V_{corr} con respecto a los otros sistemas.

Tabla 1. Velocidad de corrosión (mm/año) de las diferentes pinturas ricas en Zn en NaCl (3.5%).

t (días)	Rp (Ohm)			V _{corr} (mm/año)		
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
0	199.4	8143.7	109.9	1.46	0.03	2.66
3	802.8	7029.2	234.3	0.36	0.04	1.25
5	1544.2	16960.8	252.3	0.19	0.01	1.16

Por otra parte, la información obtenida de los espectros de impedancia presenta que debido a la formación de productos de corrosión que bloquean los poros dentro de las pinturas, la impedancia de los recubrimientos ricos en zinc aumenta gradualmente con el tiempo de exposición en el entorno de prueba [2].

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos las V_{corr} en orden ascendente para los sistemas evaluados fueron: pintura Zinga (Z_3), Zerovoc (Z_1) y ZRC Galvilite (Z_2)

Con lo anterior se observa que la pintura Z_2 presenta el mejor desempeño de protección en el medio evaluado.

REFERENCIAS

- [1] K. Schaefer, A Miszczyk, *Corrosion Science* **66**, 380, (2013).
- [2] R. A. Armas, *Corrosion "The journal of science & Engineering"* **48**, 379, (1992).

Mecanismo de corrosión de un acero API X100 en salmuera NACE

CTS-P20

C. Campechano-Lira^{1,2}, D. E Gaytan-Macías², E. Mejía³, A. Contreras⁴, R. Galván-Martínez^{1*}

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

² Doctorado en Materiales y Nanociencia, Centro MICRONA Universidad Veracruzana, Ver., México

³Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México.

⁴Instituto Mexicano del Petróleo, Eje Central L. Cárdenas Norte 152, CDMX, México

*Email Responsable de la investigación: rigalvan@uv.mx

INTRODUCCIÓN

Los desarrollos en productos tubulares han permitido al sector de petróleo y gas realizar proyectos en ambientes drásticos y estrictos. [1] Al igual que muchos materiales los aceros han mejorado progresivamente, y mediante nuevas técnicas de fabricación estos se han vuelto más ligeros y resistentes con el paso del tiempo, gracias a esto podemos considerar el porvenir de aceros como el X100 para la construcción de tuberías, sin embargo, el fenómeno de corrosión de los oleoductos y gasoductos es en promedio la segunda causa principal de fallas, por lo que es importante tener un especial cuidado en el tratamiento del acero desde su fabricación hasta su uso en campo, es por ello que conocer parámetros que indiquen el mecanismo de degradación de los metales es indispensable.[2,3] Experimentalmente las curvas de polarización potenciodinámicas proveen información electroquímica como la densidad de corriente (i_{corr}), las pendientes de Tafel que ayudan a comprender el fenómeno de corrosión.

METODOLOGÍA

Para el análisis electroquímico se emplearon probetas cilíndricas de acero API X100 con un área total de 4.176cm². Como técnicas de estudio se emplearon Resistencia a la Polarización Lineal (RP) y Curvas de Polarización Potenciodinámicas (CP), usando como arreglo experimental una celda electroquímica de tres electrodos: Electrodo de Trabajo (Acero X100), Electrodo de Referencia (Electrodo de Calomel Saturado-ECS) y un Electrodo Auxiliar (Platino). Las condiciones hidrodinámicas fueron 0 y 1000 rpm, temperatura ambiente y presión atmosférica del Puerto de Veracruz. El electrolito de prueba fue Salmuera NACE 1D-182. [4]

RESULTADOS

En los resultados obtenidos con las CP se obtuvo que en 0 rpm (estático) el sistema presentó un mecanismo de transferencia de carga con influencia de

transferencia de masa, sin embargo, cuando el sistema se encuentra a condiciones de flujo turbulento (1000 rpm) el sistema se encuentra dominado por transferencia de carga, ya que en la región anódica se observan pendientes cercanas o menores a 0.120 V, dicho comportamiento se observa durante las 24hrs de exposición, en el caso de la zona catódica, las pendientes indican la presencia de influencia de transferencia de masa (oxígeno) sobre el proceso de transferencia de carga, este comportamiento se atribuye a las condiciones de flujo turbulento que adelgaza o fractura la película de productos de corrosión y mantiene activas las reacciones redox.

Tabla 1. Parámetros Electroquímicos del acero API X100 a 1000 rpm.

Tiempo de Exposición (h)	ba (V/dec de i)	bc (V/dec de i)
T0	0.096	0.281
T6	0.062	0.257
T12	0.079	0.229
T24	0.135	0.193

CONCLUSIONES

Las condiciones hidrodinámicas presentes originan un mecanismo de transferencia de masa en el sistema, además, afectan las películas formadas sobre la superficie metálica causando mayor V_{corr} .

REFERENCIAS

- [1] J. C. Villalobos, A. Del-Pozo, B. Campillo, J. Mayen, & S. Serna, *Metals*, 8(5), 351, (2018).
- [2] S. Nafisi, M. A. Arafin, L. Collins & J. Szpunar, *MAT SCI ENG: A*, 531, 2-11, (2012).
- [3] I.M. Gadala, *Corros. Sci.*, 82, 45-57, (2014).
- [4] NACE 1D182-2017-SG, *Wheel Test Method Used for Evaluation of Film-Persistent Corrosion Inhibitors for Oilfield Applications*, NACE International, Houston, Texas, (2017)

Ruido electroquímico en aleación Al-Li 2099 y 2050 anodizadas para aplicaciones aeronáuticas

CTS-P21

P. Samaniego¹, F. Almeraya-Calderón^{1*}, C. Gaona¹, F. Estupiñan¹, R. A. Saucedo²,
P. Zambrano¹, J. Cabral¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León. FIME

Centro de Investigación e Innovación en ingeniería aeronáutica CIIA.

Av. Universidad s/n. Cd. Universitaria. San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México, 66455.

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez – ICB –Depto. de Ciencias Químico-Biológicas

*E-mail Responsable de la investigación: falmeraya.uanl.ciia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevos materiales para emplear en la industria aeronáutica se debe principalmente para lograr una mayor eficiencia y cumplir los requisitos específicos. Con el propósito de hacer más ligera y más resistentes las aeronaves, en la actualidad se están utilizando las aleaciones de tercera generación Al-Li. La principal característica de estas aleaciones son su baja densidad y su aumento del módulo elástico. Sin embargo, estas aleaciones no están excluidas de presentar problemas de corrosión, por lo que la actual investigación estudia el comportamiento de la corrosión de las aleaciones Al-Li con un proceso de anodizado.

METODOLOGÍA

Se realizó el proceso de anodizado, también conocido como proceso de oxidación forzada, la cual se realiza principalmente para generar una capa de óxido de aluminio artificial aumentando la resistencia a la corrosión y las propiedades mecánicas. Las aleaciones de Al-Li a las que se realizó el proceso de anodizado fueron la 2050 y 2099. El proceso se basó en tres diferentes etapas, las cuales constan de: un pretratamiento, el anodizado y el sellado [1]. La solución de sellado que utilizó fue H₂SO₄ con una concentración de 16% durante 45 minutos a temperatura ambiente, una corriente de 0.53 A y 1 A, y una solución de sellado de H₂O y Na₂Cr₂O₇. Para la caracterización electroquímica se empleó la técnica de ruido electroquímico (RE) con una lectura de 4096 datos por segundo (ASTM 199) en los medios de NaCl y H₂SO₄.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra la serie de tiempo de potencial en un medio salino, donde se puede apreciar un mejor comportamiento de la aleación 2050 con un sellado de H₂O.

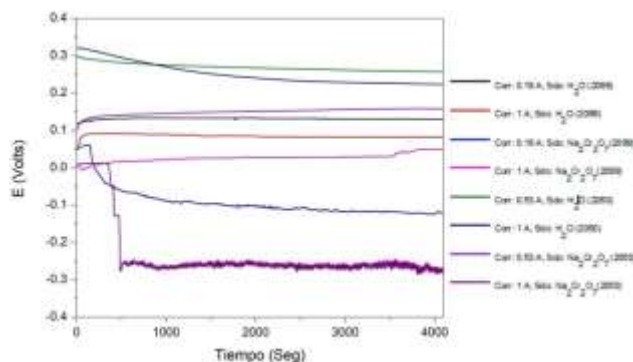


Figura 1. Serie de tiempo de ruido en potencial en un electrolito de NaCl al 3.5%.

CONCLUSIONES

Los potenciales tienden a ser más nobles para cada una de las aleaciones cuando se realiza el proceso de anodizado con un sellado de H₂O, lo cual se atribuye a la reducción del diámetro de los poros evitando la penetración del electrolito hacia el metal.

REFERENCIAS

[1] J. M. Runge. *The Metallurgy of Anodizing Aluminum*. 152-156. Springer: Heidelberg, Germany. (2017).

Efecto de la inhibición de la corrosión con xantinas en la protección de hierro gris con y sin Paraloid-B72 en medio salino.

CTS-P22

D. Sánchez Molina¹, A. Espinoza Vazquez^{1,2*}, F. J. Rodríguez Gomez¹

¹Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Facultad de Química. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, 04510, Mexico. ²Instituto de Investigación de Materiales: Universidad Autónoma de México. Circuito Exterior S/N, Cd. Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México, 04360, México.

*E-mail Responsable de la investigación: arasv_21@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

El hierro gris es muy utilizado para producir una variedad de objetos que se encuentran en la vida cotidiana debido a sus excelentes propiedades. Sin embargo, uno de los problemas más frecuentes en estructuras en la industria que utilizan este metal es la corrosión, la cual genera una pérdida de propiedades y puede ser producto de una exposición continua a atmósferas que contengan cloruros, calcio o sílice [1]. Un método muy empleado contra la corrosión es el uso de los inhibidores, que funcionan mediante la adsorción de iones o moléculas en la superficie del metal. A menudo, el inhibidor es fácil de aplicar in situ, sin causar ninguna interrupción significativa en el proceso. Se desea que sea amigable con el medio ambiente [2]. Por lo cual, se encontró el uso de extractos de plantas como una fuente ambientalmente aceptable, disponible y renovable para una amplia gama de inhibidores; debido a la alta cantidad de ingredientes que tienen, poseen una eficacia de inhibición muy alta [2]. Por lo que el objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la concentración de la teofilina y la cafeína como inhibidores de corrosión en combinación con y sin recubrimiento (Paraloid B72) en el hierro gris en medio salino.

METODOLOGÍA

Se prepararon disoluciones de NaCl al 3% m/v, y de paraloid B72 disuelto en acetona. Se realizó preparación superficial a piezas de hierro gris, se pintó la superficie a concentraciones de 20, 50, 100 y 200 mg/m² de cafeína y teofilina agregando 3 ml de paraloid B72.

Se utilizó una celda típica de tres electrodos: como electrodo de referencia plata/ cloruro de plata saturado, como trabajo hierro gris y como contraelectrodo, grafito.

La secuencia de pruebas incluye las condiciones siguientes: a) una medición de potencial a circuito

abierto (OCP) durante 1800 segundos; y (b) la espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) donde se utilizó una amplitud de la señal de ± 10 mV y el intervalo de frecuencias fue de 10 kHz a 10 mHz.

RESULTADOS

El diagrama de Nyquist de la figura 1 correspondiente a la cafeína y teofilina como inhibidores de corrosión, observando que 200 mg/m² es la mejor concentración para proteger la superficie del hierro gris. Mientras que, en el caso de la teofilina la mejor es 100 mg/m² ($Z_{real} \sim 5.5 \times 10^6 \Omega \text{cm}^2$).

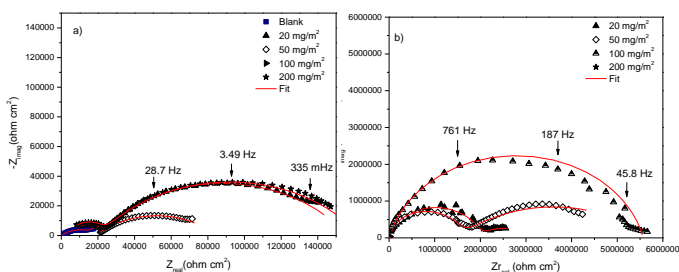


Figura 1. Diagrama de Nyquist del hierro gris en presencia de diferentes concentraciones de a) Cafeína y b) Teofilina con Paraloid B72 inmerso en 3% NaCl

CONCLUSIONES

La teofilina ejerce un efecto sinérgico con el paraloid para proteger la superficie del hierro gris a 100 mg/m².

REFERENCIAS

- [1] T.E. Larson, R.V. Skold, American Water Works Association, **49 (10)**, 1294, (1957).
- [2] P.B. Raja, M.G. Sethuraman, Materials Letters **62**, 113, (2008).

Extracto líquido de hojas de diversas plantas para la inhibición de la corrosión del acero industrial AISI 1045 en medio ácido

CTS-P23

J. C. Trinidad González, H. Herrera Hernández*

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

*E-mail Responsable de la investigación: hherrerah@uaemex.mx

INTRODUCCIÓN

Los inhibidores de corrosión a base de extractos líquidos naturales están teniendo gran relevancia en la última década por su uso y protección en componentes industriales (1-2), que previenen la deterioración por corrosión de maquinaria y equipo en almacenaje, así como herramientas y estructuras metálicas. Este trabajo se fundamenta en el desarrollo de la investigación de inhibidores de extractos líquidos de diversas hojas de plantas como la morera, limón persa, aguacate, morinda citrifolia (1,3), nopal, neem, stevia, limón mexicano (criollo), hoja verde, yerba buena, naranjo y eucalipto, de estas hojas se obtiene de manera particular una sustancia líquida que sea efectiva e innovadora para disminuir la corrosión de aceros industriales. Las plantas fueron seleccionadas por sus componentes químicos los cuales tienen vitaminas y antioxidantes, algunas de ellas son utilizadas como medicina tradicional.

METODOLOGÍA

Para las pruebas de corrosión se utiliza la técnica Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS). Donde es posible evaluar la efectividad del inhibidor hacia el metal 1045 AISI siendo atacado con la solución H_2SO_4 a 0.5 molar.

RESULTADOS

Los inhibidores presentan una respuesta favorable a disminuir la corrosión del acero 1045 bajo el ataque electroquímico de la solución de H_2SO_4 a 0.5 molar, (figura 1), al adicionar los primeros 2ml del inhibidor en el medio ácido muestra una gran resistencia a la corrosión y un rendimiento casi del 70%, es decir, el inhibidor funciona como recubrimiento formando monocapas de moléculas que ayudan a proteger el metal del proceso de corrosión en la solución ácida.

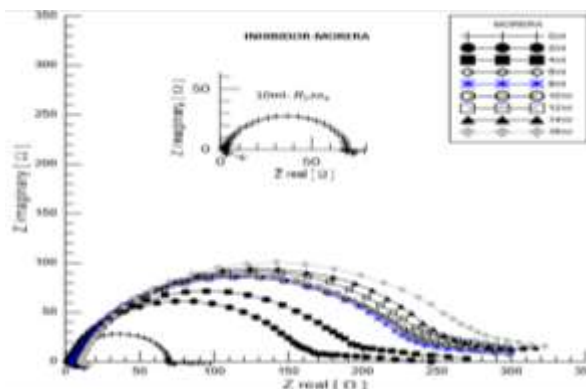


Figura 1. Diagramas de impedancia de la inhibición de la corrosión del acero 1045 usando el inhibidor MORERA.

CONCLUSIONES

Finalmente, para la ingeniería es un gran beneficio el desarrollo de nuevos materiales que sean amigables con el medio ambiente, al igual de ser materiales eficientes, que no arriesguen la salud del trabajador, al igual que adquirir nuevo conocimiento de la estructura de aceros industriales y su resistencia a sustancias corrosivas.

REFERENCIAS

- (1) Erik Monroy Barreto. *Extractos líquidos naturales de morinda citrifolia y aloe-vera como posibles inhibidores de la corrosión en aceros industriales*. Centro universitario UAEM Valle de México. Atizapán de Zaragoza, Edo. de México. (2016).
- (2) Juan Pablo Flores de los Ríos. *Comportamiento de inhibidores "verdes" en la corrosión de acero 1018 en medios ácidos*. Centro de investigación en materiales avanzados, S.C. Chihuahua, Chihuahua. (2016).
- (3) Franco Tronco Mara Isabel. *Estudio electroquímico de las interacciones formadas por el extracto activo de las hojas de Morinda citrifolia en la inhibición de la corrosión de acero estructural*. Facultad de Química Maestría en Ciencia de Materiales. Toluca, México. (2017).

Aparato Bio-Inspirado de Pinza de Cierre Rápido para el Estudio del Efecto del Flujo Altamente Turbulento sobre la Corrosión

CTS-P24

R. Mayen-Mondragon¹, F. A. Godínez^{2*}, E. Guzmán³, O. Chávez⁴,
J. Genescá-Llongueras¹, R. Montoya¹

¹Facultad de Química,

²Instituto de Ingeniería, Polo Universitario de Tecnología Avanzada, UNAM, Vía de la Innovación 410, Autopista Monterrey Aeropuerto Km 10, PIIT, Apodaca, N. L. 66629

³Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

⁴División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Chihuahua

*E-mail Responsable de la investigación: fgodinezr@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Se construyó un dispositivo mecánico compacto y económico, inspirado en la pinza de los camarones alféidos (que utilizan generar un chorro de agua de alta velocidad acompañado de ondas de choque). El dispositivo forma un perfil tipo tubo Venturi de área transversal rectangular variable cuando la sección superior de la pinza se cierra sobre la inferior. Al final de dicho canal Venturi, la presión del líquido se eleva generando un chorro de alta velocidad (≈ 14 m/s), además de una serie de estructuras de cavitación que han sido reveladas observando secuencias de video adquirido con una cámara de alta velocidad [1]. Muestras metálicas se pueden colocar en la sección inferior de la pinza para estudiar su respuesta electroquímica al flujo turbulento de cavitación generado durante el cierre de la pinza.

METODOLOGÍA

El dispositivo se sumergió en un tanque con una solución de NaCl de 0.005 M. Se utilizaron electrodos de trabajo de acero de bajo carbono y aluminio. Se insertó en la pinza un electrodo de platino como contraelectrodo y se colocó fuera de esta un electrodo de plata/cloruro-de-plata como referencia. Se capturaron los cambios de potencial a circuito abierto de los metales en función del tiempo durante una serie de cierres secuenciales de la sección superior de la pinza. De igual forma, se registraron las respuestas cronoamperométricas de la mini-celda dentro del dispositivo, durante el cierre de la pinza, por polarización catódica y anódica. Se observaron las superficies metálicas al microscopio óptico y se compararon con la de un testigo (blanco) inmerso en el

tanque.

RESULTADOS

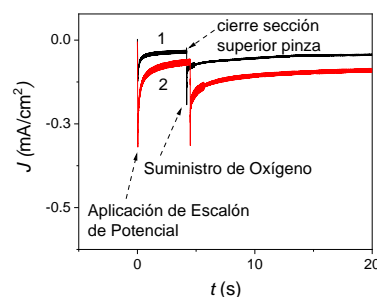


Figura 1. Respuesta cronoamperométrica del acero de bajo carbono a polarización catódica durante el evento de cavitación hidrodinámica. (1) respuesta típica; (2) erosión inducida por cavitación.

CONCLUSIONES

Se pudieron estudiar los efectos del flujo altamente turbulento en la erosión-corrosión (inducidas por cavitación) de superficies metálicas. Se pueden estudiar procesos electroquímicos limitados por transporte de masa, bajo regímenes de flujo de alto número de Reynolds.

REFERENCIAS

[1] F. A. Godínez, M. Navarrete, O. Chávez, E. Guzmán, *Proceedings of the 10th International Symposium on Cavitation, CAV18-05212*, Baltimore, Estados Unidos (2018).

F.A. Godínez agradece apoyo financiero del proyecto DGAPA-PAPIIT UNAM TA100119.

Evaluación electroquímica del acero galvanizado

CTS-P25

G. Lugo Islas¹, J.A. Lagunes Acosta¹, E. Gallado Castán¹, J. A. Ocaña Badillo¹,
J. S. Oseguera López¹, A.E. Galicia Badillo¹, L. Ríos Velasco

¹Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Región Poza Rica-Tuxpan. Av.
Venustiano Carranza S/N Col. Revolución, CP. 93390.

* E-mail Responsable de la investigación: galy_2510@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El galvanizado es un recubrimiento metálico usado en diferentes segmentos para la industria; el zinc al ser unos de los metales con un comportamiento más activo que el hierro, estudios demuestran que su protección es mayor en comparación con el acero normal debido a su película pasiva de protección contra los productos del óxido [1]. Cuando el acero común es expuesto a ambientes tropicales, salinos o industriales, es afectado su composición física y química por acción de agentes contaminantes como la humedad, temperatura, cloruros, sulfatos o partículas suspendidas en el aire.

La corrosión en acero galvanizado es un proceso que comprende mecanismos electroquímicos y físicos que se pueden clasificar en tres etapas. De acuerdo con estudios de Arenas y Damborenea [2], en la primera etapa el acero galvanizado se comporta en relación con la disolución de la capa del óxido de zinc que se forma en su capa superficial.

En la segunda etapa la capa superficial de zinc presenta un óxido de color blanco que permite la corrosión del mismo acero. En este punto, la velocidad de corrosión disminuye rápidamente acompañado por un cambio en el potencial de corrosión por un potencial más noble. En la última etapa, la corrosión del acero avanza por disolución de hierro, por lo tanto, es esta etapa, el recubrimiento de zinc ya no actúa como ánodo de sacrificio.

METODOLOGÍA

Se usaron placas de acero galvanizado comercial de 7.5 cm x 4 cm, se colocó un tubo de metacrilato de 6 cm de altura y 1 pulgada de diámetro interior. Se prepararon 2 electrolitos de NaCl al 3% y Na₂SO₄ al 0.1M, para introducir en los tubos y simular atmósferas agresivas (marina e industrial).

Se evaluaron en un potenciostato a través de las técnicas de Resistencia a la Polarización Lineal (Rp), Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIE) y Curvas de Polarización (CP).

RESULTADOS

De acuerdo con las técnicas electroquímicas aplicadas en las láminas de acero galvanizado se pueden observar algunos de los resultados en la Tabla 1. El recubrimiento en las placas 3 y 4 ofrece mayor resistencia al no tener defectos en su estructura superficial.

Tabla 1. Resistencia a la polarización y Velocidad de corrosión del acero galvanizado.

Placas de acero	Tiempo (días)	Rp, (Ω)	i _{corr} , A/cm ² 10 ⁻³	E _{corr} , mV
Placa 1 con defecto	0	41.3	124.81	-948.623
	40	142	36.38	-928.89
Placa 2 con defecto	0	152	33.92	-964.06
	40	431	11.96	-940.233
Placa 3 sin defecto	0	300	17.19	-954.780
	40	446	11.54	-934.298
Placa 4 sin defecto	0	262	19.67	-996.543
	40	353	14.59	-951.136

CONCLUSIONES

El galvanizado en el acero lo favorece en la protección, cambiando sus características fisicoquímicas con respecto al acero desnudo. Las muestras de acero sin defecto aumentan la resistencia a la corrosión por cloruros y sulfatos.

REFERENCIAS

- [1] R. W. Revie, (2008). Corrosion and corrosion control: an introduction to corrosion science and engineering. John Wiley & Sons.
- [2] R. Javaherdashti, (2008). Microbiologically influenced corrosion (MIC). Microbiologically Influenced Corrosion: An Engineering Insight, 29-71.
- [3] W. Rausch, (1990). The Phosphating of Metals, Ed. Finishing Publications, London, England, pp. 96-123.

Evaluación electroquímica del acero al carbono fosfatado en medio acuoso

CTS-P26

E. Gallado Castán¹, G. Lugo Islas¹, F.J. Merinos Mejía¹, V. N. Bautista Pérez¹, J. S. Oseguera López¹, A.E. Galicia Badillo¹, L. Ríos Velasco

¹Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Región Poza Rica-Tuxpan. Av. Venustiano Carranza S/N Col. Revolución, CP. 93390.

*E-mail Responsable de la investigación: ecastan2008@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La corrosión es un término que se utiliza para describir el proceso de deterioro de materiales metálicos (incluyendo metales puros y aleaciones), mediante reacciones químicas y electroquímicas [1]. Para el caso del deterioro relacionado con otros tipos de materiales, como los polímeros y cerámicos, se utiliza el término degradación.

El fenómeno de la corrosión ocurre debido a que, con el tiempo, dichos materiales tratan de alcanzar su estado natural, el cual constituye un estado energético de menor potencial, lo que les permite estabilizarse termodinámicamente [2].

El fosfatado es una capa de conversión formada por la reacción del metal base con ácido fosfórico. Los cristales de fosfato se forman a expensas del metal base. El tamaño de grano se puede reducir con afinadores de grano.

El fosfatado ofrece una protección temporal contra la corrosión, en este caso en el acero. Esta resistencia a la corrosión se puede mejorar con la utilización de aceites. Por lo tanto, es importante disponer de las condiciones de almacenamiento adecuadas [3].

METODOLOGÍA

Se preparó superficialmente la placa de acero al carbono, la solución fosfatante y el electrolito NaCl al 3%. El fosfatado se realizó sobre el acero al carbono mediante el proceso de inmersión y se evaluó, a través de las técnicas de Resistencia a la Polarización Lineal (Rp), Impedancia Electroquímica y Curvas de Polarización.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de acuerdo a las técnicas electroquímicas Ecorr vs tiempo, Resistencia a la Polarización Lineal del acero al carbono fosfatado en NaCl al 3% se muestran en la tabla 1. El tratamiento

de fosfatado obtenido en la solución al 20% (30 minutos) presenta la mayor resistencia (Tabla 1), y menor velocidad de corrosión.

Tabla 1. Rp y Velocidades de corrosión del acero al carbono fosfatado.

Acero en soln.	Tiempo (minutos)	Rp, (Ω)	i_{corr} , A/cm ² 10 ⁻³	E, mV
100%	30	1652	2.55	-475
	60	1262	3.30	-540
50%	30	1748	2.38	-587
	60	1613	2.58	-551
20%	30	2289	1.82	-573
	60	1118	3.73	-548
10%	30	854	4.88	-547
	60	1636	2.55	-572

CONCLUSIONES

El fosfatado en el acero favorece la rugosidad y la microporosidad, modificando las características electroquímicas y de adherencia con respecto al acero desnudo. Las muestras de acero fosfatadas incrementan su resistencia a la corrosión con respecto al acero sin tratamiento.

REFERENCIAS

[1] R. W. Revie, (2008). Corrosion and corrosion control: an introduction to corrosion science and engineering. John Wiley & Sons.

[2] R. Javaherdashti, (2008). Microbiologically influenced corrosion (MIC). Microbiologically Influenced Corrosion: An Engineering Insight, 29-71.

[3] W. Rausch, (1990). The Phosphating of Metals, Ed. Finishing Publications, London, England, pp. 96-123.

Inhibición de la corrosión del acero API 5L X52 utilizando astaxantina

CTS-P27

J. Aldana-González¹, M. G. Montes de Oca Yemha¹, M. Romero-Romo¹, M. Palomar-Pardavé^{1*}

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

*E-mail Responsable de la investigación: mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Existen varios métodos para la prevención de los efectos de la corrosión en los aceros de la industria del petróleo y del gas. Por excelencia, para disminuir la corrosión interna de los ductos de utilizan los inhibidores de la corrosión. Los más eficaces y eficientes son los compuestos orgánicos que tienen enlaces π , heteroátomos (P, S, N, y O), y compuestos inorgánicos, tales como cromato, dicromato, nitrito, por mencionar algunos [1]. Muchos de estos compuestos tienen varios efectos negativos en el medio ambiente. Los antioxidantes naturales parecen ser candidatos ideales para remplazar a los inhibidores de corrosión tradicionales. El objetivo del presente trabajo es investigar la actividad antioxidante de la Astaxantina sobre el acero API 5L X52 en medio ácido, utilizando métodos electroquímicos.

METODOLOGÍA

Se realizó el estudio electroquímico, mediante espectroscopia de impedancia electroquímica en una celda electroquímica de tres electrodos. Se estudió el efecto de adicionar una concentración constante de dodecil sulfato de sodio (SDS) para mejorar la disolución de la astaxantina en 0.5 M de H_2SO_4 .

RESULTADOS

En la Figura 1, se muestran los resultados correspondientes al sistema API 5L X52/ 0.5 M de H_2SO_4 . Se puede observar en la Figura 1A, el diagrama de Nyquist que corresponde a la respuesta del blanco con su respectivo ajuste. La Figura 1B, muestra la respuesta al adicionar la cantidad correspondiente a la concentración micelar crítica, con lo cual comprobamos que el SDS, sí bien incrementa la resistencia, no lo hace de una manera significativa. Es claro el incremento de la resistencia al adicionar 0.38 g/L de astaxantina, cuya respuesta se muestra en la Figura 1C.

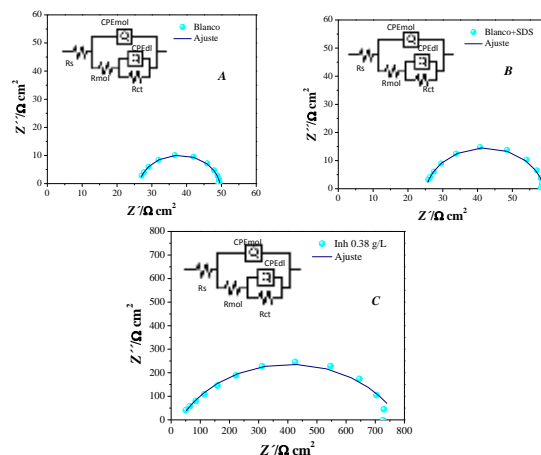


Figura 1. Comparación de datos experimentales EIS para el acero API 5LX52. Respuesta correspondiente a (A) Blanco (B) Blanco + SDS y (C) Astaxantina 0.38 g/L en H_2SO_4 0.5 M. Se muestra el circuito eléctrico equivalente utilizados para el ajuste de los datos experimentales.

CONCLUSIONES

Al utilizar la astaxantina como inhibidor de la corrosión del acero API 5L X52 en presencia de SDS, se logró alcanzar una eficiencia de inhibición de la corrosión superior al 95 % en 0.5 M H_2SO_4 utilizando una concentración de astaxantina de 0.38 g/L. Al llevar a cabo el estudio cinético se determinó que hasta después de 14 días se mantiene la eficiencia de inhibición por encima del 90 %.

REFERENCIAS

- [1] J. Aldana-González, A. Espinoza-Vázquez, M. Romero-Romo, J. Uruchurtu-Chavarin, M. Palomar-Pardavé, *Arabian Journal of Chemistry*, **12**, 3244 (2019).

Estudio de la corrosión por picaduras en medios ácidos de las Superalaciones Inconel 600 e Incoloy 800

CTS-P31

M. Villegas¹, F. Almeraya Calderón^{*1}, C. Gaona Tiburcio¹, J. A. Cabral Miramontes¹,
R. A. Saucedo Acuña², F. Estupiñán López¹, M.A. Baltazar Z³,
P. C. Zambrano Robledo¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME). Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIIA) Aeropuerto Internacional del Norte Carr. Salinas Victoria km 2.3, Apodaca, N.L, México.

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

³Universidad Veracruzana – Facultad de Ingeniería Civil

*E-mail Responsable de la investigación: falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La corrosión en la industria aeronáutica genera pérdidas económicas grandes ya sea por mantenimiento o del mismo componente, además del gran costo que podría llevar la falla de algún elemento corroído mientras la aeronave se encuentra en operación. El papel que juegan las superaleaciones es de suma importancia ya que, al encontrarse en la parte motriz de la aeronave, una falla puede llevar a un gran desastre.

Las superaleaciones base níquel son empleadas para la construcción de turbinas de gas (álabes), turborreactores de avión, toberas y cámaras de combustión, reactores químicos, generadores y prensas de extrusión. Una superaleación de níquel, se fabrica fundiendo una pieza de níquel y agregando cromo, aluminio o el titanio, para formar la fase gamma prima [1].

METODOLOGÍA

El Objetivo de esta investigación fue caracterizar el comportamiento electroquímico de superaleaciones base-níquel en medios ácidos mediante la técnica de ruido electroquímico. Los materiales empleados fueron superaleaciones inconel 600 e incoloy 800. Los experimentos se realizaron por inmersión en una celda de corrosión con un arreglo de 3 electrodos (dos electrodos de trabajo nominalmente idénticos, a una temperatura de 25°C. el electrodo de referencia utilizado fue de calomel saturado (SCE). Los electrolitos consistieron en soluciones ácidas

(H₂SO₄ y NaCl). La técnica Electroquímica empleada fue Ruido Electroquímico, utilizando un potencióstato/galvanostato/ZRA "Gill AC". El número de puntos muestreados fue de 1024 a una velocidad de 1 dato/s.

RESULTADOS

Las demandas de corriente están alrededor de 10⁻³ mA/cm². En las series de tiempo no se presentaron transitorios de alta amplitud y frecuencia de los transitorios y solo se presenta corrosión localizada para la aleación inconel 600 e incoloy 800 en ácido sulfúrico.

CONCLUSIONES

En las series de tiempo se observa que solo hay transitorios que indican corrosión localizada para las aleaciones en estudio.

REFERENCIAS

- [1] R. F. Decker, C. T. Sims. "The Metallurgy of Nickel-Base Alloys, in The Superalloys", New York, USA: John Wiley & Sons. (1972).
- [2] R. A. Cottis, M. A. Al-Ansari, G. Bagley, and A. Pettiti, Materials Science Forum, **741**, 289-292 (1998)
- [3] K. Hladki and J.L. Dawson, Corros. Sci., **21**, 317 (1981).
- [4] F.H. Estupiñán-López, F. Almeraya-Calderón, et. al., Int. J. Electrochem. Sci., **6**, 1785 (2011)

Efecto de los tratamientos térmicos en la corrosión de aleaciones aluminio-litio AA2099 y AA2055

CTS-P32

J. Baena¹, F. Almeraya Calderón^{*1}, C. Gaona Tiburcio¹, J. A. Cabral Miramontes¹, R. A. Saucedo Acuña², F. Estupiñán López¹, M.A. Baltazar Z.³, P. Zambrano Robledo¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (FIME). Centro de Investigación e Innovación en Ingeniería Aeronáutica (CIIIA) Aeropuerto Internacional del Norte Carr. Salinas Victoria km 2.3, Apodaca, N.L, México.

²Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ).

³Universidad Veracruzana – Facultad de Ingeniería Civil

*E-mail Responsable de la investigación: falmeraya.uanl.ciiia@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de Aluminio-Litio (Al-Li) AA2099 y AA2055 son considerados como aleaciones de tercera generación debido a su baja densidad, alta rigidez y resistencia a la corrosión, por ello es usado en estructuras aeronáuticas (componentes de fuselaje y de ala superior e inferior) en donde se requieren alta resistencia mecánica [1]. Además de que estas aleaciones ofrecen un ahorro de peso del 10-25% con respecto a aleaciones convencionales tales como el AA2024 y el AA7055 [2,3]. Estas aleaciones de Al-Li han presentado un problema de anisotropía en las propiedades mecánicas debido al proceso de fundición, al proceso termomecánico y por cuestiones de sus elementos aleantes, este problema se puede reducir realizando un proceso de tratamiento térmico [4].

METODOLOGÍA

El objetivo de este estudio es determinar la susceptibilidad a la corrosión localizada con técnicas electroquímicas de las aleaciones de Aluminio-Litio con distintos tratamientos térmicos y en soluciones ácidas, H₂O, NaCl 3.5%, HCl 1% y H₂SO₄ 2%. Se realizaron los tratamientos térmicos en ambas aleaciones Al-Li, que tienen una condición inicial T8, para obtener condiciones en T6 y O. Se caracterizó electroquímicamente con las técnicas de polarización potenciodinámica cíclica (PPC) y ruido electroquímico (RE).

RESULTADOS

Los resultados mostraron que se tiene un comportamiento más activo en condiciones O y en

H₂SO₄, presentando una i_{corr} de 0.0120 mA/cm², siendo este medio con más tendencia a picaduras en ambas aleaciones, mientras que en condiciones T8 expuesta en H₂O presentó un comportamiento pasivo. Para los resultados de ruido electroquímico muestra que en la aleación AA2099 en HCl la serie de tiempo en potencial muestra un comportamiento de formación y disolución de capa pasiva, mientras que en la aleación AA2055 la serie de tiempo en potencial muestra una tendencia al ennoblecimiento por un corto tiempo, empezando a decrecer a potenciales más activos resultando así un crecimiento exponencial en la serie de tiempo en corriente.

CONCLUSIONES

En el tratamiento de envejecimiento artificial realizado en AA2099 con una condición inicial T83 presenta un refinamiento y disminución en el tamaño de grano (uniforme), en donde los precipitados se concentran en los límites de grano.

Para el tratamiento de envejecimiento artificial en AA2055-T84 se tiene una distribución sobresaturada de precipitados en toda la matriz.

REFERENCIAS

- [1] Dursun T., Soutis C. *Materials & Design*. **56**, 862 (2014).
- [2] Bodily B., Heinemann M., Bray G., Colvin E., Witters J. *SAE* **01**, 1874 (2012).
- [3] J. Rioja R., Liu J., (2012), *Metallurgical and Materials Transactions*. **43**, 3325 (2012).
- [4] N. Eswara Prasad, Amol Gokhale, R.J.H Wanhill. *“Aluminum-Lithium Alloys. Processing, Properties, and Applications”*, 1st Edition. Reino Unido, Butterworth-Heinemann, 461 (2013).

Estudio de la dureza del titanio grado 2 anodizado, utilizando HCl acuoso como solución electrolítica

CTS-P33

A. Maytorena Sánchez¹, L. García González^{1*}, F. López Huerta², S. Hernández Montiel¹, L. Zamora Peredo¹, R. Orozco Cruz³, J. Hernández Torres¹

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

²Facultad de Ingeniería, Universidad Veracruzana.

³Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana

*E-mail Responsable de la investigación: leagarcia@uv.mx

INTRODUCCIÓN

Uno de los óxidos metálicos más estudiados en la actualidad es el óxido de titanio, ya que, por sus excelentes propiedades, posee diferentes aplicaciones como recubrimientos, pinturas, fotocatalisis y sensores [1, 2]. Dentro de los procesos de oxidación anódica, las soluciones electrolíticas utilizadas para el proceso de obtención de recubrimientos nanoestructurados se pueden clasificar en cuatro generaciones, que se correlacionan para el estudio de la anodización del titanio [2]. Para este trabajo, se emplearon electrolitos de la cuarta generación [1, 2], debido a que hay muy poco reportado sobre el estudio de nanoestructuras de TiO₂ obtenidas mediante electrolitos basados en iones cloruro.

METODOLOGÍA

Se utilizaron placas de titanio grado 2, las cuales fueron pulidas con carburo de silicio. Para la preparación del electrolito, se utilizó HCl en solución acuosa a concentraciones de 0.15 M. Para la generación de la celda electrolítica se utilizó el titanio como ánodo y grafito como cátodo, así mismo, se utilizó una fuente de poder GOPHERT, modelo CPS-3205 II. Se varió el voltaje y tiempo de anodización. Posteriormente se sometieron a tratamiento térmico a 550 °C por 4h. Finalmente, se caracterizaron mediante pruebas de Dureza Vickers antes y después del proceso de oxidación térmica.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados obtenidos, la oxidación anódica propició la formación de una capa de óxido de titanio homogénea en toda la superficie del material [1, 2], lo cual, incrementó los valores de

dureza de todas las muestras oxidadas, a continuación, en la Tabla 1, se muestran los valores de dureza obtenidos mediante un Microdurómetro Vickers con una carga aplicada de 50gf [2].

Tabla 1. Valores de dureza de las muestras anodizadas antes y después del proceso de oxidación térmica a 550 °C.

	Sin oxidación térmica	Con oxidación térmica
Condiciones	Dureza (GPa)	Dureza (GPa)
10V, 60min	2.27	3.05
11V, 60min	3.52	3.73
12V, 60min	3.81	4.12
13V, 60min	3.10	3.41
14V, 60min	2.99	3.27

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, los valores de dureza incrementaron con el aumento de voltaje, sin embargo, a partir de 13V, los valores de dureza de la superficie oxidada disminuyeron, lo cual, puede atribuirse a la disminución de la capa de óxido [1, 2] y menor densidad de nanoestructuras en la superficie [2].

REFERENCIAS

- [1] X. Chen, M. Schriver, T. Suen and S. Mao. *Thin Solid Films*, **515**, 8511, (2007).
- [2] S. Hernández, L. García, D. Araujo, J. Hernández, L. Zamora, A. Maytorena and J. Morales. *ECS Transactions*, **94** (1), 239, (2019).

Nanopartículas de Paladio electrodepositadas en carbón vítreo a partir de Reline

CTS-P34

M. Landa-Castro¹, M. G. Montes de Oca Yemha¹, M. A. Romero Romo¹,
E. M. Arce Estrada², M. Palomar Pardavé^{1*}

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

² Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, C.P. 07638 Cd. de México, México.

*E-mail Responsable de la investigación: mepp@azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Las nanopartículas (NPs) de Pd se consideran materiales prometedores para la Reacción de Oxidación de Ácido Fórmico (ROAF) [1]; el uso de los métodos tradicionales de síntesis para las NPs, como impregnación, coloidal, molienda mecánica, etc, requieren un procedimiento costoso y realizarse en condiciones específicas (temperatura o presión). El uso de técnicas electroquímicas en la deposición de metales es favorecido por el control del tamaño, morfología y estructura cristalina al modificar variables experimentales, como potencial, tiempo, temperatura, entre otras. Realizar la deposición de NPs a través de disolventes eutécticos profundos (DEP) sustituye a las disoluciones acuosas ácidas o básicas, evitando con ello la precipitación de especies insolubles [2].

METODOLOGÍA

El DEP de cloruro de colina y urea (ChCl:U, reline) se utilizará en una proporción molar 1:2, ambos se calentarán a 50 °C con agitación constante hasta obtener una mezcla homogénea líquida e incolora. La especie electroactiva de PdCl₂ se empleará en una concentración de 50 mM.

RESULTADOS

La Figura 1 muestra un voltamperograma cíclico (VC) obtenido con un electrodo de trabajo carbón vítreo (CV), a partir del DEP y 50 mM PdCl₂, se observa un pico definido en -0.3 V formado en el barrido catódico, asociado con la reducción de Pd, una vez que el barrido es invertido se presenta un doble cruce antes de los límites de oxidación, característicos

de los procesos de nucleación; por lo tanto, el análisis potenciodinámico indica que la deposición de Pd en CV ocurre por un mecanismo de nucleación controlado por difusión, lo cual se confirma por la forma de los transitorios potencioestáticos (CA), ver inserto en la Figura 1.

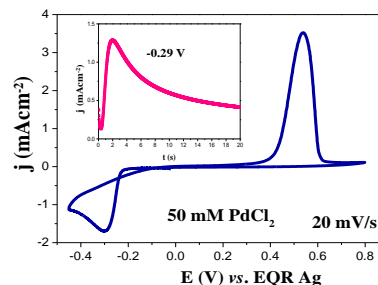


Figura 1. VC y CA a -0.29 V, sobre un electrodo de CV en reline y 50 mM PdCl₂ a 70 °C.

CONCLUSIONES

Las VC muestran la forma típica reportada por otros autores, con un pico de reducción asociado al Pd(II). Además del doble sobre cruce característico de los procesos de nucleación y crecimiento 3D controlado por difusión.

REFERENCIAS

- [1] M. G. Montes de Oca, D. Plana, V. Celorrio, M. J. Lázaro y D. J. Fermín. *J. Phys. Chem.* **116**, 692, 2012.
- [2] I. E. Espino-Lopez, M. Romero-Romo, M. G. Montes de Oca-Yemha, P. Morales-Gil, M. T. Ramírez-Silva, J. Mostany, M. Palomar-Pardave. *J. Electrochem. Soc.* **166**, D3205, 2019.

Evaluación de la corrosión de una aleación Fe-Ni-Al en solución salina

CTS-P35

M. A. Espinosa-Medina ^{1*}, G. Carbajal-De la Torre ¹, N. N. Zurita-Méndez ¹

¹ Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. C.P. 58000, Morelia, Mich., México.

*E-mail Responsable de la investigación: marespm@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones intermetálicas de base Fe-Al con Al de 18% atm o superior y el Ni-Al, han sido estudiados con interés, debido a la excelente resistencia a la corrosión a altas temperaturas, y el sistema Ni-Al ha sido investigado adicionalmente en aplicaciones electrónicas, catalíticas, recubrimientos, y especialmente en aplicaciones estructurales a alta temperatura [1]. La combinación de estos tres elementos en un sistema ternario también ha sido estudiada por las propiedades mecánicas del Ni-Al y [2] y las microestructurales [3] obtenidas con la adición del Fe. En este sentido, se han realizado algunos estudios de corrosión de aleaciones Fe-Ni-Al en sales fundidas [4,5], y en aleaciones binarias de base Fe-Al en alta temperatura [6,7] y algunas más en soluciones acuosas [8-10]. En este trabajo se realizó el estudio de la corrosión de una aleación intermetálica base Fe-Al-Ni, en una solución salina mediante técnicas electroquímicas.

METODOLOGÍA

La aleación Fe-Al-Ni producida mediante fundición en un horno de inducción, se evaluó mediante las técnicas electroquímicas de Tafel y resistencia a la polarización lineal en una solución de agua de mar sintética a diferentes valores de pH. Los resultados fueron complementados mediante la caracterización por Microscopía Electrónica de Barrido y análisis químico por Espectroscopia de Energía Dispersa y Rayos-X.

RESULTADOS

La caracterización microestructural de la aleación de llegada, mostró una morfología homogénea, de fase (Fe,Ni)₃Al en solución sólida, con algunas indicaciones de porosidades formadas durante la

solidificación. Los resultados muestran un E_{corr} más positivo en la solución a pH5, mientras que los resultados de LPR, muestran un comportamiento más activo de la aleación en la solución a pH7, observado en la cinética de i_{corr} con los valores más altos, menor R_p y potenciales más negativos. En contraste el mejor comportamiento ante la corrosión se observó al pH5.

CONCLUSIONES

La aleación de base Fe-Ni-Al presentó una fase (Fe,Ni)₃Al en solución sólida homogénea. A un pH5 se midieron los valores más bajos de i_{corr} , asociados a la formación de una película de productos de corrosión más estables y densos.

REFERENCIAS

- [1] N.S. Stoloff, U.K. Sikka, Physical Metallurgy and Processing of Intermetallic Compounds, Chapman and Hall, (1996).
- [2] Z. Adabavazeh, F. Karimzadeh, M.H. Enayati, *Powder Technol*, 23, 284 (2012)
- [3] A.P. Druzhkov, S.E. Danilov, *et. al.*, *J. Nucl Mater*, 476, 168 (2016)
- [4] T.J. Pan, Y.S. *et. al*, *Corr Sci* 53, 2115 (2011)
- [5] H. Shi, A. Jianu, *et. al*, *J. Nucl Mater*, 524, 177 (2019)
- [6] J.I. Barraza-Fierro, M.A. Espinosa-Medina, *et. al.*, *Corr Sci*, 59, 119 (2012)
- [7] M.A. Espinosa-Medina, G. Carbajal-De la Torre, *et. al.*, *Corr Sci*, 51, 1420 (2009)
- [8] A. Albiter, M.A. Espinosa-Medina, *et. al. Int J Hydrogen Energ*, 30, 1311 (2005)
- [9] A. Albiter, M.A. Espinosa-Medina, *et. al. J Appl Electrochem*, 34, 1141 (2004),
- [10] M. A. Espinosa-Medina, G. Carbajal-De la Torre, M. Villagomez-Galindo, *ECS Trans*, 94, 355 (2019)

Evaluación del comportamiento de corrosión de un intermetálico de base FeAl en solución de NaCl

CTS-P36

G. Carbajal-De la Torre ¹, E. Sosa ², M. A. Espinosa-Medina ^{1*}

¹ Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. C.P. 58000, Morelia, Mich., México.

² Instituto Mexicano del Petróleo, C.P. 07730, Ciudad de México, México.

*E-mail Responsable de la investigación: marespmed@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las aleaciones de base FeAl son de interés tecnológico debido a su menor densidad que las superaleaciones comerciales y las mejores características de resistencia a la corrosión en aplicaciones estructurales. Causa de esto, es la formación pasiva de la película, y aunque las propiedades mecánicas a temperatura ambiente son aceptables [1], estos materiales representan una buena opción para la sustitución de acero inoxidable y aleaciones de base Cr-Ni entre otros en aplicaciones de condición de alto flujo [2,3], y en condiciones estacionarias también han presentado buenos resultados de resistencia a la corrosión [4,5]. En este sentido, en este trabajo se realizó la evaluación el comportamiento electroquímico, de materiales intermetálicos basados en Fe-Al (40% Al) con la adición de Ag y Li, en una solución NaCl (1.0 M) a temperatura ambiente

METODOLOGÍA

Las aleaciones intermetálicas de base FeAl con adiciones de Ag y Li (3% atom.) fueron producidas mediante fundición en horno de inducción [1]. La caracterización electroquímica se realizó mediante voltamperometría (CP) y espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) en una solución acuosa de NaCl 1 M. Las mediciones de EIS y CP se realizaron aplicando una frecuencia de 10 kHz a 0.01 Hz, y una velocidad de polarización de 20 mV/s respectivamente. Los resultados fueron complementados mediante la caracterización por microscopía electrónica de barrido (SEM).

RESULTADOS

La microestructura de la aleación está compuesta por con fase minoritaria de Fe₃Al distribuida homogéneamente en una matriz de la fase FeAl. La adición de Li incremento la resistencia mecánica, mientras que la Ag mejor la plasticidad. Los resultados de CP mostraron un comportamiento de oxidación activa y una región parcialmente pasiva entre los valores de potencial de oxidación. Los resultados del EIS sugieren la presencia de un mecanismo de corrosión activa caracterizado por un mecanismo de corrosión localizado.

CONCLUSIONES

Los resultados de las caracterizaciones mediante CP y EIS de las aleaciones base FeAl, mostraron oxidación activa y un mecanismo de corrosión caracterizado por picaduras. La adición de Ag y Li promovió la disminución de la disolución anódica del material presentando mayores impedancias y un mecanismo acoplado de activación-difusión.

REFERENCIAS

- [1] M. Villagomez-Galindo, G. Carbajal-De la Torre, J.C. Romo-Castañeda, A. Bedolla-Jacuinde, H.A. González-Rojas, M.A. Espinosa-Medina. *J. Mater. Res.*, 31, 2473 (2016)
- [2] J. Kim, R.A. Buchanan, *Corrosion*, 50, 658 (1994)
- [3] S. Frangini, *Corrosion*, 55, 89 (1999)
- [4] J. E. Flores-Chan, A. Bedolla-Jacuinde, C. Patiño-Carachure, G. Rosas M. A. Espinosa-Medina, *Can. Metall. Q.*, 57, 201 (2018)
- [5] J.E. Flores-Chan, A. Torres-Islas, C. Patiño-Carachure, G. Rosas, M.A. Espinosa-Medina, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 11, 7359 (2016)

Extracto de hojas de la *Coccoloba uvifera* como inhibidor verde de la corrosión

CTS-P37

G. V. Estrada Hernández¹, S. J. Figueroa Ramírez^{1*}, J. M. Sierra-Grajeda¹, E. Ramírez Morales², L. Rojas Blanco²

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.

²Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Avenida Universidad S/N, Zona de La Cultura, Col. Magisterial, Centro, Villahermosa, Tabasco 86040, México.

*E-mail Responsable de la investigación: sfigueroa@pampano.unacar.mx
gladys.unacar@outlook.com

INTRODUCCIÓN

El acero API 5L X52 es uno de los materiales más empleados en la industria petrolera. El cual está expuesto a diversos factores que lo hacen susceptibles a sufrir corrosión interna. Para disminuirla y/o prevenirla se han empleado diferentes inhibidores [1]. Sin embargo, tienen una alta toxicidad y nocividad al medio ambiente. Por lo tanto, la tendencia actual es desarrollar nuevos “inhibidores verdes” que muestren buena eficiencia de protección y bajo riesgo de contaminación [2]. En el presente trabajo se estudiará el extracto de las hojas de la planta “*Coccoloba uvifera*” como un inhibidor verde, debido a que es una planta típica de la región y que permitirá dar soluciones alternativas al sector petrolero.

METODOLOGÍA

Para la obtención del extracto, se recolectaron hojas de la planta *Coccoloba uvifera* de Ciudad del Carmen, Campeche. El extracto se obtuvo mediante el método tradicional, se utilizó 25 g de hojas secas y como solvente etanol. Se caracterizó el extracto mediante pruebas de fitoquímicas (shinoda, FeCl₃, 10% NaOH) y de espectroscopia UV-Vis y FTIR con la finalidad de identificar polifenoles. Asimismo, se determinó la eficiencia del inhibidor mediante las técnicas electroquímicas de curvas de polarización (CP) y resistencia a la polarización (Rp), así como la prueba de pérdida de peso. Como medio electrolítico se utilizó 1 M HCl.

RESULTADOS

Las pruebas fitoquímicas del extracto etanólico, mostraron la presencia del grupo fenol (polifenoles). Mediante la prueba de FeCl₃ y la reacción con shinoda se identificó el grupo benzopirano. En espectroscopia UV-Vis se presentaron dos picos máximos en 219 nm y 281 nm; este último se asocia a fenoles con estructuras de tipo flavonoide [3]. Por lo tanto, el extracto contiene flavonoides, los cuales son la base para la formación del inhibidor.

Las pruebas electroquímicas y gravimétricas mostraron que la concentración de 500 ppm presentó una eficiencia del 85% en la inhibición de la corrosión en el medio ácido.

CONCLUSIONES

Las pruebas fitoquímicas y espectroscópicas mostraron la presencia de polifenoles, los cuales brindan buenas características al extracto como un inhibidor verde. Finalmente, mediante la caracterización electroquímica y gravimétrica se mostró que el extracto de la *Coccoloba uvifera* tiene propiedades de inhibición del proceso de corrosión del acero en medio ácido; por lo tanto, el extracto es una buena alternativa verde para inhibir dicho proceso.

REFERENCIAS

- [1] J. M. Malo, *Inhibidores de corrosión*, IMICORR, México (1990).
- [2] H. Ling Kim, *Handbook of Research on Research Development in Materials Science and Corrosion Engineering Education*, E.S. Reference, EUA (2015).

Electrosíntesis de Poli (anilina-co-*o*-metoxianilina) y sus propiedades en la protección contra la corrosión del Acero

CTS-P38

F. Mieres¹, P. Ubilla¹, A. M. R. Ramírez²

¹ Ingeniería en Construcción, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Av. Alemania 0281, 4801043-Temuco, Chile.

² Centro de Nanotecnología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Mayor, Av. Alemania 0281, 4801043-Temuco, Chile.

*E-mail Responsable de la investigación: andres.ramirez@umayor.cl

INTRODUCCIÓN

Este último tiempo se ha estudiado el uso de copolímeros para protección contra la corrosión, mejorando su rendimiento al mezclar las propiedades de los monómeros, debido a las diferentes morfologías [1-2]. El copolímero de anilina (Ani) y *o*-metoxianilina (OMA) (PAni-co-OMA) ha presentado propiedades protectoras de corrosión. Sin embargo, no mejor que sus monómeros por separado, esto debido a que los estudios solo contemplan síntesis química, con lo cual no se tiene control de la morfología del depósito [3].

De esta manera, parece fundamental optimizar y correlacionar la morfología de la capa protectora con la relación Ani: OMA del copolímero PAni-co-OMA, analizando el efecto de las concentraciones (en este caso, la relación entre monómeros) y la perturbación electroquímica.

METODOLOGÍA

La electropolimerización se lleva a cabo en un Autolab PGSTAT 20 con un electrodo de referencia de hidrógeno (HRE), un contraelectrodo de platino y, como electrodo de trabajo un disco de acero AISI 304 de 1,2 cm de diámetro. La modificación se realiza usando una disolución de 0,4 mol·L⁻¹ de anilina:*o*-metoxianilina (Ani:OMA) en la relación 1:0; 3:1; 1:1; 1:3 y 0:1 en 1 mol·L⁻¹ H₂SO₄. La perturbación fue realizada por voltamperometría cíclica (CV) y potencial fijo (FP). Las muestras fueron sumergidas por 168 horas en NaCl al 3% y caracterizadas por técnicas electroquímica, SEM, y microscopía óptica.

RESULTADOS

El crecimiento de los copolímeros presenta un pico anódico correspondiente a la primera oxidación del monómero, característico de la transición del estado

leucoemeraldina a la sal de esmeralda. Por otra parte, la curva de polarización muestra que los copolímeros obtenidos por CV presentaron una deslocalización de 0,285 V y 0,252 V los obtenidos por FP. Mientras que, las Fig. 1 muestran el efecto positivo que presenta la presencia del copolímero sobre la superficie del acero.

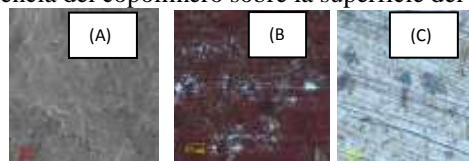


Figura 1. (A) Micrografía SEM de PANi-co-OMA crecido por CV. Micrografía óptica de la superficie acero AISI 304, posterior a ser sumergidas por 168 h en NaCl 3% (B) acero descubierto y (C) Acero recubierto por PANi-co-OMA.

CONCLUSIONES

La electrosíntesis de poli (anilina-co-*o*-metoxianilina) sobre acero AISI 304 mediante diferentes técnicas electroquímicas han confirmado que la perturbación electroquímica tiene un fuerte efecto en la protección contra la corrosión, siendo la voltamperometría cíclica el método de electropolimerización que favorece las condiciones de depósito para una mejor protección bajo estas condiciones.

REFERENCIAS

- [1] I. Inamuddin, R. Boddula, M. I. Ahamed, A. M. Asiri, *Polymers Coatings: Technology and Applications*, John Wiley and Sons, Hoboken, 2020.
- [2] M. Gao, J. X. Wang, Y. Zhou, P. He, Z. Wang, S. Zhao, *J. Appl. Polym. Sci.* 137(36), 49049, (2020)
- [3] D. Huerta-Vilca, B. Siefert, S. R. Moraes, M. F. Pantoja, A. J. Motheo, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 415, 229, (2004).

Los autores agradecen al financiamiento Universidad Mayor I-2019059 y ANID-Chile Fondecyt 11190995.

Estudio de la variación del voltaje y el tiempo en el anodizado de TiO₂ con HCl

CTS-P39

S. Hernández Montiel¹, L. García González^{1*}, D. J. Araujo Perez², J. Hernández Torres¹,
J. Morales Hernández³, L. Zamora Peredo¹, R. Orozco Cruz⁴

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

²Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.

³Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.

⁴Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana.

*E-mail Responsable de la investigación: leagarcia@uv.mx

INTRODUCCIÓN

Las películas de TiO₂ nanoestructuradas han demostrado ser presentar excelentes cualidades en el sentido óptico, eléctrico y mecánico [1]. Una de las técnicas más efectivas para su obtención es el llamado anodizado electroquímico, que debido a su gran versatilidad en lo que a parámetros de trabajo se refiere, es posible indagar su comportamiento por diferentes rutas de investigación. En este trabajo se realizó el estudio mecánico y tribológico de TiO₂ nanoestructurado aplicando una variación de voltaje y de tiempo. Se utilizó HCl como electrolito base puesto que ha sido poco indagado en estos estudios además de ser de fácil neutralización lo convierten en un elemento de menor daño al usuario y al medio.

METODOLOGÍA

Se anodizaron laminas de titanio grado 2 utilizando una concentración de 3.5 M de HCl, en combinación con etilenglicol y agua desionizada. Aplicando una variación de voltaje y tiempo en el proceso, se obtuvieron en total 6 muestras oxidadas anódicamente. Posteriormente se realizó la caracterización por Microscopía Electrónica de Barrido, Perfilometría, Microdureza Vickers (0.05 Kgf de carga) y Nanoindentación (5 y 10 mN de carga); el análisis por Espectroscopía Raman requirió previamente de un recocido de 450 °C durante dos horas para transformar la estructura no cristalina y observar la fase involucrada.

RESULTADOS

Se observó el crecimiento ddesordenado de nanotubos de TiO₂, el cual es típico al emplear HCl en la solución (Figura 1).

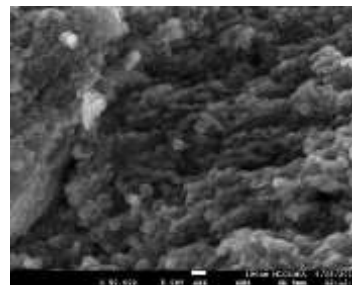


Figura 1. Nanotubos de TiO₂ obtenidos con 3.5 M de HCl, 15 minutos y 21 Volts.

Las películas obtenidas presentaron las bandas correspondientes a la fase anatasa. Los valores de dureza se posicionaron hasta 3 veces sobre el valor de la lámina de titanio. Las películas nanoestructuras disminuyeron el coeficiente de fricción hasta un 75% con respecto al del sustrato, lo que finalmente describe su alta calidad como lubricantes sólidos.

CONCLUSIONES

La variación del voltaje y el tiempo del proceso fueron los factores clave de los resultados obtenidos, dado que existe un aumento en el crecimiento de nanoestructuras y a su vez una capa total de óxido con mayor espesor [2]. Por lo que la muestra con 24 Volts y 60 minutos destacó por presentar los mejores resultados frente a las pruebas.

REFERENCIAS

[1] A. Khataee and G. A. Mansoori. Nanostructured Titanium Dioxide Materials: Properties, Preparation and Applications, p. 5, World Scientific, Singapore (2012).



[2] S. Hernández Montiel, L. García González, D.J. Araujo Pérez, et al. ECS Transactions, 94, 239, (2019).

DIVISIÓN 7.

Conversión y almacenamiento de energía (CAE)

Modificación de Análogos de Azul de Prusia para el Almacenamiento Electroquímico de Energía

CAE-O1

G. Hernández-Cortés¹, J. Vazquez Samperio¹, P. Acevedo Peña^{2*}, E. Reguera¹

¹Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria. C.P. 11500, CDMX, México.

²CONACyT- Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria. C.P. 11500, CDMX, México.

*E-mail Responsable de la investigación: ghciqi@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las baterías de litio revolucionaron los dispositivos portátiles como los conocemos, sin embargo, la demanda de litio y sus reservas no son sustentables, por lo cual es necesario desarrollar materiales que permitan la obtención de baterías que trabajen con otros iones, como Na⁺ y K⁺. Los análogos de azul de Prusia son la familia predilecta para el uso de otros iones alcalinos, debido a sus estructuras metal-orgánicas, que le proporcionan una gran superficie específica, estabilidad térmica y su estructura cristalina porosa que le permite la inserción/extracción de iones de manera reversible [1]. El presente trabajo explora una gama de esta familia de materiales [Ni₃[Fe(CN)₅L]₂] modificándolos para aumentar la capacidad de almacenamiento del ion potasio, ofreciendo una alternativa atractiva y económica.

METODOLOGÍA

Se realizó la incorporación de ligantes orgánicos durante el proceso de síntesis [Fe(CN)₅L]³⁻ y una vez obtenidos los materiales, se evaluó su desempeño, mediante las técnicas de voltamperometría cíclica (CV), cronopotenciometría (CP), espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS); utilizando un arreglo de tres electrodos, como referencia un electrodo de Ag/AgCl [0.1M] y en un electrolito neutro 0.5M K₂SO₄.

RESULTADOS

La incorporación de moléculas orgánicas permitió modificar de forma simple el proceso redox del hierro interno, modulando el potencial en que éste se lleva a cabo, así como la carga almacenada por el mismo. Todas estas modificaciones se correlacionan con alteraciones estructurales inducidas por la molécula

orgánica, y sensadas con técnicas como: FTIR, Raman, XPS y Mossbauer. En la Figura 1 se muestra la respuesta voltamperométrica los materiales sintetizados y la variación causada en la energía de la señal (CN), del análogo de azul de Prusia.

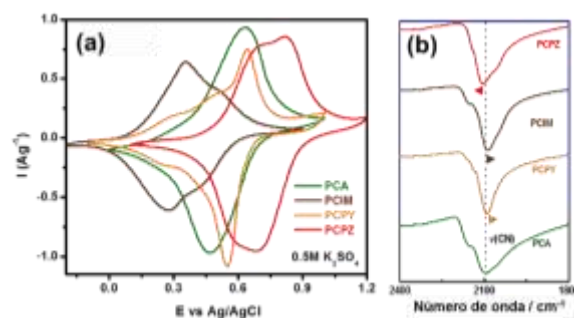


Figura 1. (a) Curvas de voltamperometría cíclicas obtenidas para cada uno de los materiales. (b) señal del grupo (CN) obtenida mediante FTIR.

CONCLUSIONES

El desempeño de los materiales está relacionado con la modificación en la coordinación de los ligantes orgánicos al metal interno (Fe) de la estructura. La incorporación de una molécula orgánica como ligante dentro del complejo, permite la obtención de una nueva familia de materiales con propiedades completamente diferentes, excelente estabilidad electroquímica y propiedades atractivas para el desarrollo de dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía.

REFERENCIAS

[1] Ping Nie, Laifa Shen, Bing Ding, Guiyin Xu, Jie Wang, and Prussian Blue Analogue: a New Class of Anode Material for Lithium Ion Batteries

Impacto del ligante orgánico en electrodepositos de MOF de Ni-Co sobre su desempeño en el almacenamiento electroquímico de energía

CAE-O2

M. González-Montiel^{1*}, J. Vazquez Samperio², P. Acevedo Peña¹, E. Reguera²

¹ CONACyT- Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria. C.P. 11500, CDMX, México.

² Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria. C.P. 11500, CDMX, México.

*E-mail Responsable de la investigación: maglerne@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de dispositivos flexibles de almacenamiento electroquímico de energía está estrechamente relacionado a diferentes variables como: la obtención de electrodos con procesos redox de cinética rápida, su soporte sobre un sustrato conductor y la estabilidad del material. Las MOF han mostrado un excelente desempeño en esta aplicación, gracias a los pares redox de los metales de transición en el material y a la posibilidad de hospedar iones de la solución en sus espacios intersticiales [1]. Sin embargo, su método de obtención es costoso, laborioso y generalmente lleva a la formación de materiales en polvo. Por esta razón en el presente trabajo se explora la electrodeposición de MOF de Ni-Co, y la evaluación de diferentes ligantes orgánicos para su formación.

METODOLOGÍA

Los electrodepositos se formaron a potencial constante ($t = 40s$, $-2.0 V < E < -1.0 V$ vs Ag/AgCl 0.1 M TBACl), en una solución 50 mM del ligante orgánico y 50 mM de $Co(NO_3)_2$ y $Ni(NO_3)_2$. Su obtención se confirmó mediante ATR-FTIR, XRD, XPS y SEM. Las propiedades magnéticas se evaluaron empleando un magnetómetro SQUID 2.0. El almacenamiento electroquímico se evaluó en una celda convencional de tres electrodos, mediante: CV, curvas de carga y descarga y EIS en 1 M NaOH.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestra a modo de ejemplo, el espectro de ATR-FTIR obtenido para el MOF de Ni y Co formado con ácido trimésico. La desaparición de la banda 1710 cm^{-1} asignada al enlace $-COOH$ y la aparición de las señales $1613/1557\text{ cm}^{-1}$ y $1437/1357\text{ cm}^{-1}$ asociadas para un estiramiento antisimétrico y estiramiento simétrico, respectivamente, de los grupos carboxilos, confirma la coordinación del ion metálico.

La adición de cobalto modificó el potencial del proceso redox y mejoró la respuesta a altas corrientes; mientras que el ligante orgánico impactó en la carga y reversibilidad del proceso.

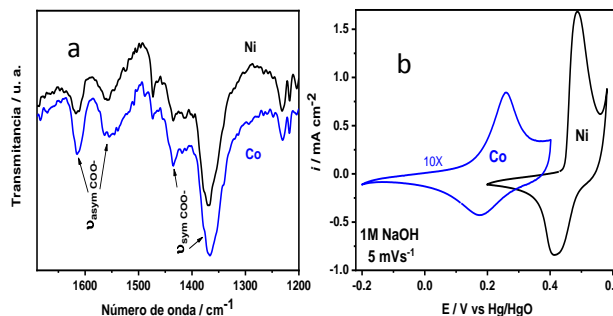


Figura 1. (a) Espectro de ATR-FTIR del MOF obtenido sobre la tela de carbón mediante electrodeposito. (b) Voltamperograma ($v = 5\text{ mVs}^{-1}$) de Ni-MOF y Co-MOF en una solución 1 M NaOH.

CONCLUSIONES

La modificación del ligante orgánico empleado para la coordinación de los metales de transición (Co y Ni) en la MOF, permitió modular las propiedades magnéticas y electroquímicas de las películas para el almacenamiento de energía. Aunque en todos los casos los metales de transición se coordinaron a través de los grupos carboxilos de las moléculas, el mejor desempeño se logró al incrementar la deslocalización de carga a través de los anillos aromáticos del ligante dentro de la estructura.

REFERENCIAS

[1]. Q. Chong, J. Yang, Z. Bote, L. Meilin, *Nano Energy*, **26**, 66 (2016).

Modificación de sustratos tridimensionales de carbón para su aplicación en dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía

CAE-O3

J. Vazquez-Samperio¹, E. Reguera¹, P. Acevedo-Peña^{1,2*}, E. Cordoba-Tuta^{3*}

¹Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA Legaria, IPN, Calzada Legaria No. 694, Col. Irrigación, CDMX, C.P. 11500, México.

²CONACyT- Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria, Calzada Legaria No. 694, Col. Irrigación, CDMX, C.P. 11500, México.

³Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, Facultad de Ingenierías Físicoquímica, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

*Email responsable de la investigación: ecordova@uis.edu.co prosperoster@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Recientemente, el almacenamiento de energía ha sido un tema estratégico a nivel mundial debido a los problemas causados por los combustibles fósiles y la aparición de nuevas tecnologías como dispositivos electrónicos y vehículos eléctricos, donde requieren sistemas de almacenamiento de energía confiable y versátiles, en los que los dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía, baterías y supercapacitores, juegan un papel protagónico y fundamental. En este trabajo se presenta una estrategia económica para obtener electrodos 3D a base de carbón y diferentes estrategias de modificación exploradas en nuestro laboratorio, para su aplicación como electrodos en dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía.

METODOLOGÍA

Los sustratos tridimensionales de carbón se fabricaron por el método de réplica sobre esponja polimérica. El dopaje (N, F, B) y el depósito de películas de análogos de azul de Prusia sobre la superficie del sustrato, se realizó por métodos químicos y electroquímicos. Los sustratos se caracterizaron mediante SEM, Raman, XPS; y se evaluó la capacidad de almacenamiento en medio neutro, por diferentes técnicas electroquímicas.

RESULTADOS

La obtención de los diferentes sustratos modificados a base de carbón se corroboró por: SEM, espectroscopía Raman, FT-IR, XPS, entre otras. En la figura 1 se muestran las corrientes originadas por

procesos faradáicos y por doble capa, las cuales llevan el almacenamiento electroquímico de energía en una espuma de carbón modificada con NiPBA. Los sustratos modificados presentan una alta capacidad de almacenamiento, reversibilidad y estabilidad. Además, se logró incrementar en más de 40 veces, la capacidad de almacenamiento del sustrato inicialmente obtenido.

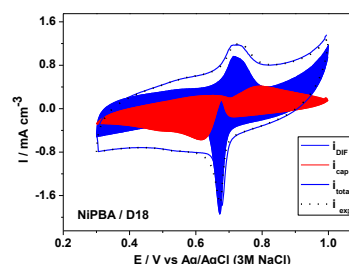


Figura 1. Deconvolución de las corrientes faradáicas y por doble capa en una espuma de carbón modificada con NiPBA.

CONCLUSIONES

Los sustratos 3D de carbón obtenidos por el método de réplica, representan una alternativa económica para el desarrollo de dispositivos estacionarios de almacenamiento de energía. La combinación de dopaje y modificación superficial con depósitos de otros compuestos, mostró ser la estrategia más atractiva para la obtención de dispositivos estables al ciclado y, con alta densidad energética y de potencia.

REFERENCIAS

[1] Y. Xu, S. Zheng, H. Tang, X. Guo, H. Xue, H. Pang, *Energy Storage Materials*, **9**, 11, (2017).

Desarrollo de Capacitores Híbridos Empleando Compuestos de Polianilina y Cianoferratos de Zinc

CAE-O4

D. I. Villalva Mejorada¹, J. Vazquez Samperio¹, P. Acevedo Peña^{2*}, E. Reguera¹

¹Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria. C.P. 11500, CDMX, México.

²CONACyT- Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria. C.P. 11500, CDMX, México.

*E-mail Responsable de la investigación: prosperoster@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los cianoferratos de metales de transición son una familia atractiva de materiales porosos para ser empleados en dispositivos de almacenamiento electroquímico de energía [1]. Sin embargo, debido a su baja conductividad, presentan poca estabilidad a altas velocidades de carga y descarga, lo que limita su uso en dispositivos tipo supercapacitores. Buscando superar este inconveniente, en este trabajo se evalúa la formación de compuestos híbridos de cianoferratos de zinc con polianilina.

METODOLOGÍA

Se obtuvo una familia de cianoferratos de zinc mediante precipitación química y se evaluó el impacto de la polimerización in-situ de anilina, para dar formación a compositos etiquetados como ZnPCF@PANI. Los materiales se caracterizaron mediante FTIR, Raman, XRD, SEM y XPS, y se evaluó su desempeño mediante CV, CP y EIS; utilizando un arreglo de tres electrodos, en un electrolito 1.0 M H₂SO₄ y 0.5 M K₂SO₄. Finalmente, se ensambló un dispositivo híbrido empleando un carbón activado comercial como electrodo negativo.

RESULTADOS

La incorporación de PANI al cianoferrato causó modificaciones estructurales, evidenciadas por distintas técnicas de caracterización. Estas variaciones impactaron en el desempeño electroquímico del composito, ofreciéndole mayor estabilidad durante el ciclado y una ventana de trabajo más amplia. Así mismo, la presencia de PANI favoreció los procesos faradáicos independientes de la difusión de iones. Esto permitió el ensamble de un dispositivo híbrido con una ventana de trabajo de 1.45 V, ver Figura 1. El dispositivo presenta una densidad de energía de 49 Whkg⁻¹ a una potencia específica de 171 Wkg⁻¹. Éste

se sometió a 1000 ciclos de carga y descarga a una corriente de 2.5 Ag⁻¹, conservando el 87% de su capacitancia inicial.

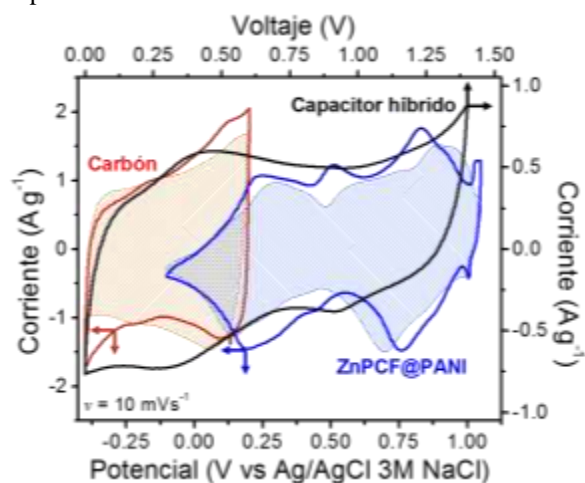


Figura 1. Caracterización voltamperométrica de: electrodo negativo (carbón), positivo (ZnPCF@PANI) y el capacitor híbrido ensamblado.

CONCLUSIONES

La incorporación de PANI al cianoferrato de zinc mejoró su estabilidad, aumentó la ventana de trabajo y favoreció los procesos redox independientes de la difusión, lo que permitió la obtención de un dispositivo tipo pseudocapacitor, con excelente estabilidad al ciclado.

REFERENCIAS

- [1] A. Paoletta. A review on hexacyanoferrate-based materials for energy storage and smart windows: challenges and perspectives. *J. Mat. Chem.* A5, 18919 (2017).

Modificación de los sitios de intercalación de Li en Li_2CuO_2 por medio de la incorporación de Fe, Mn y Ni como dopantes

CAE-O5

M. A. Martínez-Cruz^{1*}, A. Yañez-Aulestia², M. Oliver-Tolentino¹, M. Vera¹, H. Pfeiffer²,
D. Ramírez-Rosales³, I. González¹, G. Ramos-Sánchez¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

²Instituto de Investigación en Materiales, UNAM.

³Instituto Politécnico Nacional-ESFM

*E-mail Responsable de la investigación: miguee.cm@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Las baterías de iones litio (LIB) han avanzado rápidamente, convirtiéndose en dispositivos prometedores para el almacenamiento de energía, ya que cumplen con las aplicaciones comerciales en dispositivos móviles. Sin embargo, el material limitante es el cátodo, ya que sus propiedades restringen considerablemente la capacidad de la batería. Uno de los materiales que ha sido estudiado como cátodo para LIB es el Li_2CuO_2 , debido a su alta capacidad teórica; desafortunadamente, sufre transiciones de fase irreversibles después del primer ciclo de carga [1]. Además, como muchos otros óxidos, es propenso a los procesos redox asociados al oxígeno, en lugar de la desintercalación de litio [2]. La inclusión un ion metálico dentro de la red cristalina, es una forma eficiente de mejorar las propiedades de varios materiales; por lo tanto, en este trabajo, se utiliza esta estrategia mediante la incorporación de Fe, Mn y Ni.

METODOLOGÍA

Se utilizó el método de reacción química de estado sólido para la síntesis de Li_2CuO_2 y Li_2CuO_2 modificado parcialmente con metales de transición M- Li_2CuO_2 , donde M: Mn, Fe y Ni. Los materiales obtenidos fueron caracterizados por XRD, EPR y NMR, y evaluados como cátodos para LIB. El cátodo fue preparado a partir de una mezcla de M- Li_2CuO_2 , carbón super-P y PVDF.

RESULTADOS

Los patrones de DRX revelaron que todos los materiales cristalizaron en una estructura ortorrómbica con grupo espacial *Immm*, sin la presencia de una fase secundaria. Los espectros de EPR y de NMR confirmaron que efectivamente los iones metálicos

están dentro de la red cristalina de Li_2CuO_2 . Por otro lado, el perfil de dQ/dV obtenido a partir de las curvas galvanostáticas de carga-descarga (figura 1) mostró que el material modificado con Mn presentó una mejora en la estabilidad electroquímica. Mediante XRD *ex situ* se demostró la estabilidad estructural del Mn- Li_2CuO_2 durante la inserción/deinserción de Li, con una retención en la capacidad de 87%, comparada con el Li_2CuO_2 de 42%.

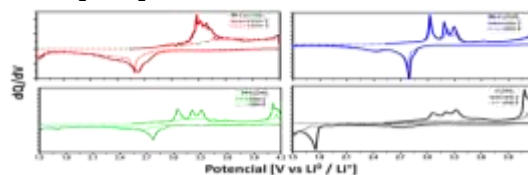


Figura 1. Perfil de dQ/dV del segundo y quinto ciclo de las celdas $\text{Li}^0|1\text{M LiPF}_6 \text{ EC:DMC:EMC } 1:1:1| \text{M-Li}_2\text{CuO}_2\text{-CSP-PVDF}$ ciclada a C/15 a temperatura ambiente (25°C).

CONCLUSIONES

La caracterización estructural y espectroscópica de los M- Li_2CuO_2 reveló que se forma una solución sólida sin la presencia de fases secundarias. El material modificado con Mn ofrece una estabilidad electroquímica y estructural superior a los demás, lo que resulta muy prometedor para aplicaciones de LIB.

REFERENCIAS

- [1] R. E. Ruther, et al, *Chemistry of Materials*, **27**, 6746, (2015).
- [2] G. Ramos-Sánchez, et al, *Solid State Ionics*, **303**, 89, (2017).

Se agradece el apoyo del CONACyT ciencia básica 2017-2018 A1-S-15770, proyecto PN2016 No. 2551, INFR-2011-1-163234.

Supramolecular assembly of nanostructured conducting polymer hydrogels by hydrotropic agents for energy storage applications

CAE-O6

J. J. Alcaraz-Espinoza¹, G. Ramos-Sánchez¹ and I. González¹

¹ Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No. 186, 09340 Mexico City, Mexico

*E-mail Responsable de la investigación: josejarib@gmail.com

INTRODUCTION

Recently, nanostructured conducting polymer hydrogels (CPHs) demonstrated competitive advantages over their bulk and nano-powder counterparts for energy storage applications. One of the main reasons for the enhanced performance is related to their straightforward processing and three-dimensional architecture that provides hierarchical pores [1]. Up to now, only a few strategies have been developed to synthesize pure CPHs, a recent survey identified only three strategies to physically crosslink the CPs[2]. In spite of the progress, it is necessary to find new crosslinkers and techniques to produce pure CPHs with higher conductivity. In the present work, we propose and explore the formation of CPHs by using a supramolecular based on hydrotropes.

METHODOLOGY

In order to produce the CPHs, we employed an aqueous solution containing the monomer and the hydrotropic agent-dopant (P-Toluene sulfonic (PTS) or Camphor-sulfonic acid (CPSA) in water to produce the supramolecular assembly. After that, we briefly mixed with ultrasonic assistance the afore mentioned solution with an equivalent amount of an aqueous solution of ammonium persulfate... CPHs were characterized by Scanning electron microscopy, point probe electronic measurements, electrochemical characterization, and FTIR spectroscopy.

RESULTS

It was possible to produce CPHs by using both hydrotropes PTSA, and CPSA. However, the CPHs produced with CPSA exhibit a poor electronic conductivity, the best sample offered a value of 0.11 S.cm^{-1} for a dopant to monomer ratio of 0.75. On the other hand, the CPHs with PTSA revealed a higher electronic conductivity when compared with the aforementioned CPSA, with a maximum value of 2.3

S.cm^{-1} for the dopant to monomer ratio of 0.75. In the three electrode configuration, the best CPHs PTSA with a dopant to monomer ratio of 0.75 in H_2SO_4 revealed a value of 1 F.cm^{-2} at a current density of 2 mA.cm^{-2} . We produce a two electrodes cell with the CPHs PTSA with the 0.75 dopant to monomer ratio and a polymeric electrolyte. The resulting cell revealed an unreal capacitance of 340 mF.cm^{-2} .

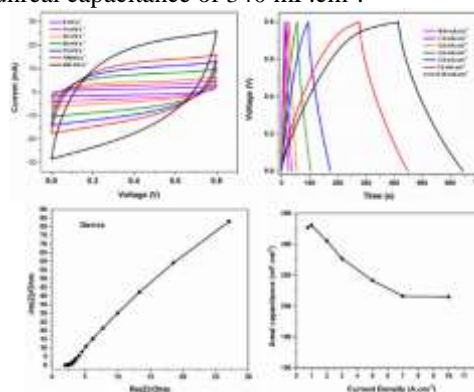


Figure 1. Cyclic voltammetry, charge-discharge curves, capacitance as a function of current density and impedance from a full cell SC with the CPHs -PTSA 0.75 dopant to monomer ratio (clockwise direction from the left to right).

CONCLUSIONS

In this work, we proposed a new route to synthesize CPHs by using hydrotropic agents that also work as doping agents. The best CPHs was produced with PTSA because of the high doping degree, good electronic conductivity and mechanical resistance. The resulting capacitance of the CPHs when assembled in a symmetric cell was 325 mF.cm^{-2} at a current density of 1 mA.cm^{-2} .

REFERENCIAS

- [1] F. Zhao, J. Bae, X. Zhou, Y. Guo, G. Yu, *Advanced Materials*, **30**, 1801796, (2018).
- [2] Z. Ma, W. Shi, K. Yan, L. Pan, G. Yu, *Chemical science* **10.25**, 6232, (2019).

A graphical approach for the identification of the limiting processes on the Li ion battery cathode using electrochemical impedance spectroscopy

CAE-O7

R. Suarez¹, G. Sánchez¹, G. Guzmán³, I. O. Santos², I. González^{1*}

¹Departamento de Química.

²Lab. of Reactor Engr. Applied to Chemical and Biological Systems. UAM-Iztapalapa, México.

³POLYMAT Univ. of the Basque Country Jose Mari Korta Center, San Sebastián, Spain

*E-mail responsable de la investigación: igm@xanum.uam.mx

INTRODUCCIÓN

La Espectroscopia de Impedancia Electroquímica (EIS) se ha propuesto como una estrategia *in-situ* para el análisis de sinergia de los componentes y la determinación de los cambios específicos inducidos por los materiales que constituyen los electrodos aplicados a baterías de iones de litio (LIB)^[1]. Sin embargo, el número y la naturaleza física de los procesos que se producen simultáneamente y la interpretación típica de los espectros EIS hacen que el estudio sea un reto. Con la finalidad de interpretar los espectros de EIS de una forma sencilla, en este trabajo se propone una *deconvolución* gráfica utilizando constantes de tiempo τ (R-CPE) con dos objetivos principales: 1) representar los procesos afectados por la modificación del electrodo, 2) evitar el laborioso análisis de los parámetros eléctricos del ajuste de los datos experimentales.

METODOLOGÍA

Los electrodos basados en LFP-PVDF y LFP-Lithium Ion conducting binder (SLICB) son fabricados con el método reportado en^[2]. Las pruebas de impedancia se llevaron a cabo en una celda comercial de tres electrodos. Los espectros obtenidos se ajustaron con un *ec* específico para LIBs^[3], posteriormente las constantes de tiempo se grafican utilizando los valores obtenidos del ajuste, primero se construye el circuito para obtener el espectros de una τ_1 y su contribución se compara con la impedancia experimental; a continuación, se agrega una τ_2 y se observan los cambios; se añaden elementos adicionales hasta que se obtiene el circuito eléctrico que ajusta los espectros experimentales. Las τ son analizadas en función del SOC y el potencial utilizando solo el diagrama de bode-Ángulo de fase.

RESULTADOS

Con la celda de tres electrodos se eliminó la influencia del CE, lo que permitió solo analizar el WE-LFP-PVDF y WE-LFP-SLICB. La Deconvolucion gráfica separa la contribución de cada τ y los elementos

eléctricos asociados con las reacciones en los electrodos de la batería. La grafica para SLICB (Fig. 1) muestra 1) La separación en los dominios de frecuencia entre la primera y la segunda constante, 2) La superposición de constantes de tiempo dos y tres, relacionada con las propiedades de conducción del SLICB y 3) la respuesta obtenida al añadir el elemento C_{Li+} la cual sugiere una alta concentración de iones debido al comportamiento capacitivo (80°). Con el análisis algunas propuestas fueron planteadas para explicar el significado físico de los elementos del *ec*.

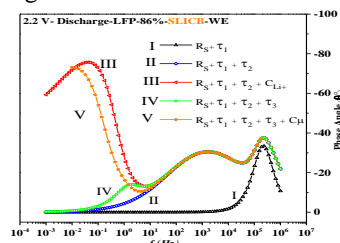


Figura 1. Espectros Bode-fase construidos con valores del *ec* obtenidos del ajuste de EIS experimentales para LFP-SLICB.

CONCLUSIONES

La deconvolución gráfica es capaz de determinar de una manera visual y directa las variaciones causadas por los cambios en los componentes del electrodo y por lo tanto puede servir como una herramienta *in-situ* para detectar su influencia.

REFERENCIAS

- [1] M. Itagaki, K. Honda, Y. Hoshi and I. Shitanda, *Jol of Electroanalytical Chemistry* **737**, 78, (2015).
- [2] G. Guzmán, J. Vazquez-Arenas, G. Ramos-Sánchez, M. Bautista-Ramírez and I. González, *Electrochimica Acta*, **247**, 451, (2017).
- [3] N. Vicente, M. Haro, D. Cíntora-Juárez, C. Pérez-Vicente, J. L. Tirado, S. Ahmad and G. Garcia-Belmonte, *Electrochimica Acta*, **163**, 323 (2015).

Proyecto financiado por PRODEP. R. Suarez agradece el apoyo financiero y facilidades a UAM-ICA-34 Electroquímica, proyecto 12413379 y proyecto CONACYT CB 2017-2018 A1S-15770.

Efectos de la temperatura, voltaje aplicado, y concentración en la producción electroquímica simultánea de óxido de cobre (I)

CAE-O8

K. F. Genaro-Saldivar, E. Ramirez Meneses, C. Juarez-Balderas, D. A. Garcia-Najera, G. R. Negrete-Reyes, F. Avendano-Sanjuan, J. G. Ibanez*

Universidad Iberoamericana, Depto. de Ing. Química, Industrial y de Alimentos. Prol. Reforma 880, 01219 Ciudad de México

*E-mail Responsable de la investigación: jorge.ibanez@ibero.mx

INTRODUCCIÓN

Aunque presenta una eficiencia de conversión más baja que el silicio, el óxido de cobre (I) – que es un semiconductor tipo p ($p\text{-Cu}_2\text{O}$) – se ha considerado para la captación y transformación de energía solar en electricidad debido principalmente a que presenta: a) facilidad de producción, b) estabilidad, c) bajo costo, d) baja toxicidad, d) facilidad de manejo. Los métodos de producción han sido varios, [1-3] entre los cuales destaca la producción electroquímica tanto anódica (por oxidación de Cu(0), [4,5]) como catódica (por reducción de iones de Cu(II), [4,6]).

METODOLOGÍA

Como electrodos se utilizaron láminas de 5 cm x 1 cm de Cu electrolítico de un grosor de 0.7 mm, previa limpieza con 50% v/v HNO_3 . Se usó agua desionizada en toda la experimentación. Todos los reactivos fueron grado reactivo, excepto el ácido láctico (80% de pureza). Los potenciales de celda se aplicaron con una fuente de poder TES-6100 y se midieron con un multímetro Steren Mul-630. Para potenciales individuales se introdujo un electrodo de referencia de Ag/AgCl (Bioanalytical Systems, BAS). Las micrografías se obtuvieron con un microscopio electrónico de barrido Hitachi modelo SU3500 (SEM), y los difractogramas con un difractorómetro Bruker modelo D8 Advance ECO X-ray (XRD).

RESULTADOS

En experimentos exploratorios logramos la producción simultánea de dicho semiconductor en ambos lados de una celda electrolítica en soluciones: a) básicas, con Cu(II) en presencia de agentes complejantes para la producción catódica, [4,7] y b) en soluciones ácidas en presencia de un electrolito inerte

para la producción anódica. Los agentes complejantes son necesarios pues de otra manera el intervalo de pH para la producción del Cu_2O a un potencial dado es muy limitado. Hemos estudiado el efecto de la temperatura, encontrando que una $T = 65\text{ }^\circ\text{C}$ es la más adecuada de entre las condiciones analizadas. Asimismo, la concentración de CuSO_4 en el catolito tiene que ser mayor a 0.2 M, pues de otra forma no se genera el semiconductor deseado. El ácido láctico (2.5 M) fue fundamental para la generación catódica en presencia de 0.3 M CuSO_4 . Para la producción simultánea fue necesaria una celda dividida, pues una no dividida no produce el semiconductor deseado en el cátodo, debido posiblemente a la formación de un gel azulado (probablemente de $\text{Cu}(\text{OH})_2$) observado en la solución.

CONCLUSIONES

Aunque la cantidad de posibles reacciones en este sistema lo hacen un sistema complicado, la caracterización por RDX y SEM muestra que las condiciones que utilizamos generan Cu_2O en ambos lados de la celda dividida, libre de CuO.

REFERENCIAS

- [1] K. Kosugi; S. Kaneko, *J. Am. Ceram. Soc.* **81**, 3117, (1998).
- [2] T. J. Richardson; J. L. Slack; M. D. Rubin, 4th Int. Meet. Electrochrom. LBNL-46510, OM-418. August 21-23, 2000, Uppsala, Sweden.
- [3] K. Ogura; K. Nakaoka; M. Nakayama; S. Tanaka, *J. Electroanal. Chem.* **511**, 122, (2001).
- [4] Fortin E.; Masson, D. *Sol. St. Electron.* **25**, 281, (1982).
- [5] W. M. Sears; E. Fortin, *Sol. En. Mater.* **10**, 93, (1984).
- [6] J. Eskhult; M. Herranen; L. Nyholm, *J. Electroanal. Chem.* **594**, 35, (2006).

Estudio de carga y descarga de una celda de electrodiálisis con membrana bipolar

CAE-O9

A. Laureano Abarca¹, T. A. Maya Godínez, F. A. Rodríguez Pérez^{1*}, E. P. Rivero Martínez¹,
I. González²

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Química

*E-mail responsable de la investigación: ica1_alicia@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento eficiente de energía eléctrica es un tema clave para el suministro de energía eléctrica a partir de fuentes sostenibles, tales como aerogeneradores o dispositivos fotovoltaicos. La conversión de energía a formas más convenientes o económicamente almacenables es un reto hoy en día. La electrodiálisis con membrana bipolar consiste en separar especies iónicas para formar el ácido y la base correspondiente (carga) y después el proceso puede invertirse para formar nuevamente la sal (descarga). Por lo tanto, las baterías basadas en una electrodiálisis con membrana bipolar son buenos candidatos como sistema de almacenamiento de energía a gran escala [1, 2]. Con la finalidad de utilizar fuentes de energía alternativa de bajo costo y buena eficiencia, se presenta el siguiente trabajo con un estudio de una celda de electrodiálisis con membrana bipolar.

METODOLOGÍA

El montaje del sistema electroquímico está compuesto por una celda de electrodiálisis con 3 compartimentos, cada compartimento contiene una membrana catiónica, aniónica y bipolar. Se adaptaron 4 recipientes cada uno conectado a una bomba, un rotámetro para ajustar el flujo. Se prepararon 1.5 L de las siguientes soluciones con agua desionizada: 0.25 M H₂SO₄, 0.25 M Na₂SO₄, 0.25 M NaOH y la solución de enjuague 0.05 M FeSO₄/0.05 M Fe₂(SO₄)₃ en 0.25 M Na₂SO₄. Se utilizó un potencióstato para controlar las condiciones galvanostáticas de pruebas de carga y descarga. Se midió la conductividad y el pH durante la experimentación.

RESULTADOS

Las pruebas de carga y descarga se realizaron con

control galvanostático. En el ciclo de carga, la corriente aplicada proporciona la energía necesaria para que se lleve a cabo la disociación de las moléculas de agua en la membrana bipolar. Los protones e hidroxilos liberados son recuperados en forma de ácido y base. En el ciclo de descarga estos ácidos y bases se utilizan para generar electricidad, haciendo este sistema un proceso reversible. La figura 1 muestra los resultados de potencial obtenidos durante el ciclo de carga y descarga en la celda de ED con membrana bipolar.



Figura 1. Carga y descarga de la celda de electrodiálisis con membrana bipolar a un flujo de 5 GPH.

CONCLUSIONES

El ciclo de carga y descarga muestra el incremento y disminución del potencial en el sistema, esto permite establecer la viabilidad de la ED, con membrana bipolar, para el almacenamiento de energía.

REFERENCIAS

- [1] J. Xia, G. Eigenberger, H. Strathmann, U. Niekem, *Journal of Membrane Science*, **565**, 157, (2018).
- [2] X. Liu, et. al., *Journal of Membrane Science*, **482**, 76, (2015).

Estudio Comparativo entre Catalizadores a base de Pt y Pd para su Aplicación en la Reacción de Oxidación de Hidrógeno

CAE-O10

M. Beltrán-Gastélum, R. M. Félix-Navarro, O. Morales-Soto, F. J. Anaya-Castro, S. Pérez-Sicairos, M. I. Salazar-Gastélum*.

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

*E-mail Responsable de la investigación: moises.salazar@tectijuana.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible son reactores electroquímicos separados por una membrana de intercambio iónico, que se emplean para la conversión de energía. Entre los diferentes tipos de combustibles, el hidrógeno se vislumbra como el combustible más amigable para el ambiente, ya que solo genera agua y calor durante el proceso de conversión de energía. Existen 2 tecnologías de celda de combustible basada en el uso de hidrógeno como combustible, las celdas de combustible con membrana de intercambio protónico y aniónico (PEMFC y AEMFC, respectivamente). La ventaja de la tecnología AEMFC sobre la PEMFC es que puede utilizar catalizadores más baratos, sin embargo, la velocidad de la reacción anódica es alrededor de 100 veces más lenta en medio alcalino. Ambas tecnologías requieren de metales del grupo platino en la reacción de oxidación de hidrógeno (ROH), ya que una etapa crucial de la ROH es que el hidrógeno pueda adsorberse sobre los sitios activos del catalizador. La estrategia en este trabajo consistió en utilizar materiales con cargas bajas de metales nobles y alearlos con metales de naturaleza oxofílica, los cuales provean de especies oxigenadas adsorbidas y que induzcan cambios electrónicos/geométricos, que favorezcan la ROH.

METODOLOGÍA

Se sintetizaron materiales basados en Pt-M/NTC y Pd-M/NTC (Donde M=Co, Cu, Fe y Ni), para estudiarlos como catalizadores de la ROH. La preparación de los catalizadores partió de plantillas M/NTC, las cuales se prepararon por el método de reducción química directa, donde el metal noble se incorporó en una segunda etapa por el método de desplazamiento galvánico [1], estos materiales se evaluaron en la ROH, mediante pruebas de polarización en régimen hidrodinámico en medios saturados de hidrógeno. Los aspectos mecánicos y cinéticos se calcularon de los análisis de Koutecky-

Levich y Tafel [2].

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran las curvas de polarización bajo régimen hidrodinámico para la ROH, es importante señalar que el catalizador de Pt-Fe/NTC mostró valores de potencial de media onda ($E_{1/2}$) más bajos (asociado con una energía de activación menor) y densidad de corriente límite (J_{lim}) más alta (relacionado con una constante de velocidad mayor y/o una cantidad de sitios activos alta).

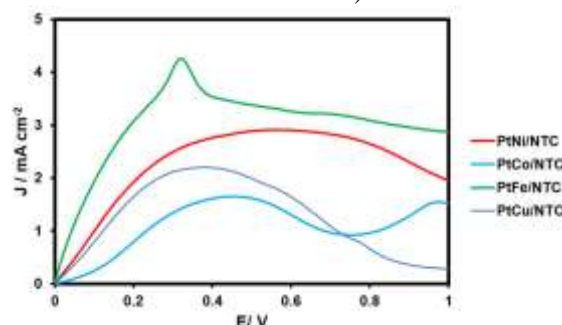


Figura 1. Curvas de polarización en régimen hidrodinámico (1600 rpm) de los catalizadores Pt-M/NTC en NaOH 0.1 M saturado en hidrogeno.

CONCLUSIONES

Los materiales de Pt-M/NTC y Pd-M/NTC tienen cargas de metales nobles bajas en comparación con Pt/C comercial, sin embargo, es importante determinar aspectos mecánicos para elegir el catalizador anódico adecuado para aplicaciones en AEMFC.

REFERENCIAS

- [1] B. G. Pollet, *Int. J. Hydrogen Energy* **35(21)**, 11986 (2010).
- [2] Z. Zhuang, S. A. Giles, J. Zheng, G. R. Jenness, S. Caratzoulas, D. G. Vlachos, Y Yan, *Nat. Commun.* **7**, 1 (2016).

Síntesis y caracterización de un nanocompuesto de ZnO-rGO para su posible aplicación en baterías de iones Li

CAE-O11

G. Pérez-Zúñiga¹, G. Herrera-Pérez², Y. Verde-Gómez¹, M. E. Zi-Chi¹,
A. M. Valenzuela-Muñiz^{1*}

¹ TECNM / Instituto Tecnológico de Cancún, Av. Kabah Km. 3, Cancún, Q.R., México, 77500.

² Departamento de Ingeniería en Materiales, TECNM/Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carretera Irapuato-Silao Km. 12.5, El Copal, Irapuato, Guanajuato, C. P. 36821, México.

*E-mail Responsable de la investigación: anavalenzuelam@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Las baterías actualmente son la mejor opción como sistema de almacenamiento de energía por su alta eficiencia, principalmente las baterías de iones Li (BIL) [1]. En la actualidad, el grafito es aún utilizado en las BIL que usan la mayoría de los dispositivos móviles, principalmente por su estabilidad y seguridad con una capacidad teórica de 372 mAh/g [2]. Sin embargo, hay óxidos metálicos que tienen una mayor capacidad, como el ZnO con 978 mAh/g [3] lo que lo hace un material de interés en almacenamiento de energía. Cabe mencionar que los óxidos metálicos tienen dos desventajas: i) la expansión volumétrica y ii) baja conductividad eléctrica. Por tal motivo, suelen ser utilizados en materiales compuestos, principalmente con materiales a base de carbono, como el grafeno oxidado reducido (rGO) que parece ser una de las mejores opciones a los problemas del ZnO [4]. Dicho lo anterior, en este trabajo se plantea obtener un compuesto de ZnO-rGO cuyas características estructurales, favorezcan las propiedades de conductividad eléctrica.

METODOLOGÍA

Los compuestos fueron obtenidos a condiciones ambientales, controlando pH y cantidad de agente ligante. Después se realizó un tratamiento térmico. Como precursores se utilizaron grafeno oxidado (GO) e ϵ -Zn(OH)₂ sintetizado por precipitación química, con morfología controlada. La caracterización electroquímica se realizó por espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) a 1 V vs. Ag/AgCl/KCl (sat'd) en KOH 1M, dentro de un rango de frecuencia de 0.01-100 KHz.

RESULTADOS

Los resultados de difracción de rayos X (DRX) y análisis Rietveld mostraron que se lograron obtener compuestos con tamaños de cristalita para el ZnO de hasta 8 nm y 5 láminas para el rGO. En microespectroscopía Raman, se observaron las bandas características D y G asociadas al rGO y la relación I_D/I_G asociada a los defectos de las láminas. Los resultados de EIS mostraron los semicírculos típicos de un diagrama de Nyquist relacionados a la transferencia de carga. Se observó una tendencia de aumento en la conductividad eléctrica de 1 a 5 mS/m con relación a las características estructurales, como el tamaño de cristalita, morfología y defectos presentes en las láminas del rGO.

CONCLUSIONES

Se logró sintetizar un nanocompuesto de ZnO-rGO de características estructurales controladas que influyen en el incremento de la conductividad eléctrica. Con dicho incremento, se espera mejorar la capacidad de almacenamiento y difusión de iones Li, para su posible aplicación en BIL.

REFERENCIAS

- [1] G. Zubi, et al., *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 89, 292, (2018).
- [2] L. Li et al., *Ind. Eng. Chem. Res.*, 53, 13348, (2014).
- [3] Y. Feng, Y. Zhang, X. Song, Y. Wei, and V. S. Battaglia, *Sustain. Energy Fuels*, 1, 767, (2017).
- [4] H. Li et al., *Ionics*, 22, 1387, (2016).

Se agradece al Fondo "CONACyT-SENER-Sustentabilidad Energética" (Clave 254667) por el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto.

Descifrando el mecanismo de almacenamiento de K^+ en hexacianometalatos $M_3[Co(CN)_6]_2$ ($M=Co, Ni, Cu, Zn$)

CAE-O12

E. J. Canto-Aguilar*, M. A. Oliver-Tolentino, I. González

Departamento de química, UAM-Iztapalapa, Ciudad de México 09340, México.

*Email responsable de la investigación: esdrasreynolds@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las baterías de ion-litio (LIB) se han posicionado como la alternativa más prometedora para el almacenamiento de energía eléctrica. Sin embargo, la baja cantidad de litio presente en la corteza terrestre (<20 ppm), limita su uso a dispositivos electrónicos portátiles. Como alternativa, gran atención ha surgido en el desarrollo de baterías recargables de ion-potasio (KIB), debido a su abundancia. Además de estas ventajas, el potencial del par K/K^+ en electrolitos no acuosos (-0.09 V vs Li/Li^+ en PC), puede aumentar el voltaje de la celda [1]. Este trabajo tiene como objetivo evaluar una serie de análogos de azul de prusia (PBA) en base a hexacianocobaltatos de metales de transición como ánodos de inserción en baterías de ion-potasio.

METODOLOGÍA

Hexacianocobaltatos de Co, Ni, Cu y Zn fueron preparados por el método de coprecipitación en medio acuoso y analizados por difracción de rayos-X, termogravimetría (TGA) y espectroscopía-IR para determinar composición y estructura. La caracterización electroquímica se ha llevado a cabo por voltamperometría cíclica y carga/descarga galvanostática en una celda electroquímica de dos electrodos (K^+ / 1 M KPF_6 en 1:1:1 DMC:EMC:EC/ $M_3[Co(CN)_6]_2$:(CSP):(PVDF) 70-20-10 % m/m) a 25 °C.

RESULTADOS

Hexacianocobaltatos de metales de transición fueron sintetizados por el método de coprecipitación. Dichos materiales presentan estructuras cristalinas cúbicas, con 8 cavidades por celda, en teoría disponibles para la inserción de K^+ , de acuerdo con la resolución de la estructura por el método Rietveld. No obstante, la caracterización electroquímica por voltamperometría cíclica muestra que solamente el $Co_3[Co(CN)_6]_2$ y el $Ni_3[Co(CN)_6]_2$ presentan actividad electroquímica debido a múltiples procesos redox en el metal de la esfera interna o externa (Fig. 1), lo que da

lugar al almacenamiento de carga. Por otra parte, se ha observado una dependencia entre la ciclabilidad y los potenciales de corte usados durante la carga y descarga, lo que abre la posibilidad de mejorar la ciclabilidad a expensas de la capacidad específica.

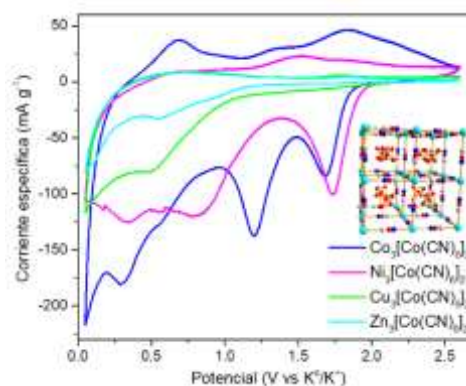


Figura 1. Voltamogramas para electrodos de trabajo preparados con los PBAs sintetizados y estructura cristalina determinada por el método Rietveld.

CONCLUSIONES

El almacenamiento de carga debido a la inserción de K^+ , ha sido observado en hexacianocobaltatos de Co y Ni en una ventana de potencial de 0.2 a 2.6 V vs K/K^+ , debido a un complejo mecanismo que involucra varios procesos de redox, lo que resulta en elevadas capacidades específicas en los primeros ciclos de carga/descarga del electrodo. La ciclabilidad se ha relacionado con los potenciales de corte, abriendo la posibilidad de mejorar su desempeño, al encontrar la ventana de potencial adecuada.

REFERENCIAS

[1] T. Hosaka, K. Kubota, A.S. Hameed, S. Komaba, Chemical Reviews, DOI: 10.1021/acs.chemrev.9b00463.

Trabajo apoyado por CONACyT ciencia básica 2017-2018 A1-S-15770, PN2016 proyecto 2551, INFR-2011-1-163234 proyecto 300311.

Polymer electrolyte membrane of trimethylsulfonium bis (trifluoromethylsulfonyl) imide- NaClO_4 -PEO for sodium batteries

CAE-O14

J. Guzmán Torres¹, L. L. Garza-Tovar¹, L. C. Torres González¹, I. González Martínez², E. M. Sánchez Cervantes^{1*}.

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Materiales II

² Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

*Email responsable de la investigación: eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx

INTRODUCTION

Rechargeable batteries are based on the storage of electrochemical energy. As for Na ion batteries, safety problems may be related to the high vapor pressure of organic liquid electrolytes. Therefore, their use is not suitable for outdoor/extreme conditions. Present research is aimed to reduce safety risks in ion sodium batteries in order to develop a all solid-state battery developing new polymer electrolyte membranes (PEM) with acceptable electrochemical performance [1].

METHODOLOGY

To synthesize the M_3STFSI ionic liquid (IL), two precursors were used, trimethylsulfonium iodide (M_3SI) and bis(trifluoromethane)sulfonimide lithium salt (LiTFSI) in a 1: 1.3 molar ratio using water as a solvent. PEM preparation was carried out using a ternary system: $\text{M}_3\text{STFSI}/\text{NaClO}_4/\text{PEO}$. Finally, the active material known as Eldfellite ($\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$) was synthesized using two precursors iron sulfate (FeSO_4) and sodium sulfate (Na_2SO_4) in a 1: 1 molar ratio in water an used as cathode in ion-sodium batteries [3].

RESULTS

A wide variety of membranes with compositions along the ternary system were prepared. They were all tested for thermal (DSC and DTA), structural (FTIR/Raman/XRD) and their ion transport properties were assessed as well (conductivity and ion transport). The best membrane was chosen to built asymmetric Na-ion prototype batteries ($\text{Na}/\text{PEM}/\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$). Cycling voltammetry and galvanostatic cycling were performed on the constructed devices. Rate capacity test resulted in a specific capacity of 73 mAh/g at C/10 after 60 cycles (Figure 1).

On the other hand, the present Na-ion battery

($\text{Na}/\text{PEM}/\text{Na}$) resulted with a sodium ion transport number (t_{Na^+}) of 0.15 with a coulombic efficiency $\sim 96\%$. In general, the present membrane values is suitable for low current applications (C/10) with avoidance of high temperature issues related to the use of traditional organic liquid electrolytes.

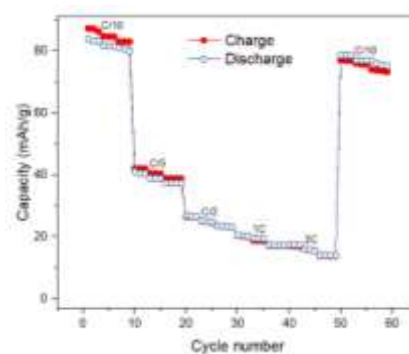


Figure 1. Battery capacity at different C rates.

CONCLUSIONS

It was possible to synthesize and characterize the PEM samples based on the ternary system $\text{M}_3\text{STFSI}/\text{NaClO}_4/\text{PEO}$. Competitive conductivity values ($\times 10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$) and electrochemical excellent stability ($\sim 4.6\text{V}$) was achieved on the 12:3:1 (molar ratio) sample. They are highly competitive compared to those of the reported organic liquid electrolytes for sodium batteries, particularly for low current applications.

REFERENCES

- [1] C Delmas, *Adv. Energy Mater.*, **8**, 1703137, (2018)
- [2] P. Singh, et. al., *Energy Environ. Sci.*, **8**, 3000, (2015).

Estudio de la incorporación de yoduro de tetrabutilfosfonio (TBPI) en el rendimiento fotovoltaico de una celda tipo perovskita

CAE-O15

E. González Juárez, K. L. Valadez Villalobos, S. M. de la Parra-Arciniega, D. García Gutiérrez, E. M. Sánchez Cervantes*

Universidad Autónoma de Nuevo León

*Email responsable de la investigación: eduardo.sanchezcv@uanl.mx

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha demostrado que las celdas solares de perovskita son un candidato ideal para superar la crisis energética [1], debido a su método de preparación simple, coeficiente de absorción alto y baja densidad de defectos. Los materiales de perovskita convencionales como MAPbX₃ y FAPbX₃, MA= CH₃NH₃, X = Cl, Br o I) generalmente sufren el problema de la baja estabilidad ambiental. El presente trabajo se realizó un estudio de la incorporación de yoduro de tetrabutilfosfonio en la capa activa de una celda solar.

METODOLOGÍA

Se preparó el TBPI de acuerdo con la literatura [2]. Se añadió en diferentes concentraciones como aditivo de solución a la mezcla de PbI₂, MAI, DMSO y DMF. Se realizaron caracterizaciones de capa delgada (UV-Vis y DRX) y se fabricaron celdas solares tipo perovskita de un solo paso mediante la siguiente configuración de la celda: FTO/TiO₂-c/TiO₂-m/MAPI:TBPI/Spiro-OMeTAD/ Ag. Se realizaron caracterizaciones fotovoltaicas a las celdas fabricadas.

RESULTADOS

Los resultados muestran que la incorporación del TBPI en la capa activa de la celda tiene un efecto significativo en el rendimiento fotovoltaico. La composición MAPI:TBPI 1.5% dio el mejor rendimiento fotovoltaico con una eficiencia del 15.5% con un V_{oc} = 957 mV, una J_{sc} = 23.6 mA cm⁻² y un factor de llenado de 68.4%.

Este rendimiento puede ser atribuido a la homogeneidad de la película. Es bien conocido que la calidad de la película es un factor muy importante que determina la eficiencia de conversión eléctrica. La figura 1 muestra la curva J-V del rendimiento fotovoltaico de cada una de las celdas fabricadas.

Tabla 1. Parámetros fotovoltaicos de las celdas

Celda	Voc (mV)	Jsc (mA cm ⁻²)	FF (%)	Eff (%)
MAPI	945.7	23.6	64.6	14
MAPI-TBPI 1.5%	957.4	23.6	68.4	15.5
MAPI-TBPI 3%	940.3	22.4	52.3	11
MAPI-TBPI 5%	956.2	19.9	53.2	10.1
MAPI-TBPI 10%	943.9	23.68	58.5	13
MAPI-TBPI 20%	963.3	20.16	51.5	10

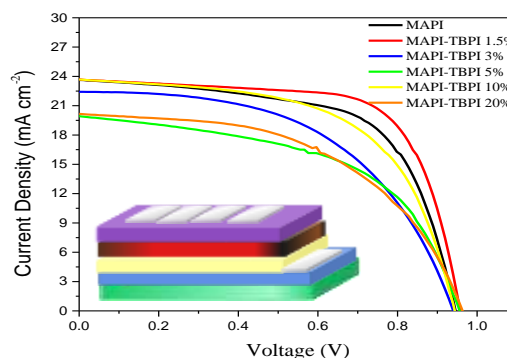


Figura 1. Curva J-V de los dispositivos fotovoltaicos

CONCLUSIONES

Se fabricaron celdas tipo perovskita y se logró mejorar la eficiencia mediante la incorporación del yoduro de tetrabutilfosfonio en un porcentaje del 1.5 % en peso. Las celdas fabricadas mostraron mayor estabilidad cuando fueron expuestas a la humedad.

REFERENCIAS

- [1] E. González-Juárez, D.X.J. González-Quijano, D.F. García-Gutiérrez, D.I. García-Gutiérrez, J. Ibarra-Rodríguez, E.M. Sánchez, *Journal of Alloys and Compounds* **817**, 153076, (2020).
- [2] D.F. García-Gutiérrez, D.I. García-Gutiérrez, D.X.J. González-Quijano, I.A. Abarca-Villarreal, S.F. Galindo-Garza, E.M. Sánchez, *MRS Communications* **83**, 878, (2018).

Incorporación del yoduro de tetrabutilfosfonio (B₄PI) en la interfaz TiO₂-MAPI para mejorar la estabilidad de las celdas solares de perovskita.

CAE-O16

K. L. Valadez Villalobos¹, E. González Juárez¹, S. M. de la Parra-Arciniega¹,
D. García Gutiérrez¹, E. M. Sánchez Cervantes^{*1}

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

*E-mail Responsable de la investigación: eduardo.sanchezcv@uanl.edu.mx

INTRODUCCIÓN

A pesar de su extraordinario desempeño, la viabilidad comercial de las celdas solares basadas en compuestos tipo perovskita se ha visto afectada por la inestabilidad característica de los dispositivos en condiciones ambientales de alta humedad. Recientemente se ha explorado la introducción de aditivos interfaciales con el potencial de brindar mayor estabilidad, ya sea mediante la pasivación de defectos o actuando como una barrera de protección contra las condiciones ambientales [1-2]. En el presente trabajo hemos introducido el compuesto yoduro de tetrabutilfosfonio (B₄PI) como aditivo en la interfaz entre la capa mesoporosa de TiO₂, que funge como la película transportadora de electrones, y la perovskita (CH₃NH₃PbI₃), obteniendo resultados favorables en la estabilidad de los dispositivos.

METODOLOGÍA

Se depositó una película de B₄PI sobre el TiO₂ mesoporoso a partir de soluciones con diferentes porcentajes en peso del aditivo disuelto en isopropanol (0.3% al 1.0%). Se caracterizó el desempeño de las celdas recién fabricadas y se realizaron mediciones de espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) para determinar la resistencia a la recombinación. El efecto del B₄PI en la estabilidad de celdas y películas de perovskita fue monitoreado en muestras expuestas a una humedad relativa del 30% durante varios días mediante la caracterización por difracción de rayos X y espectroscopia UV-Vis, en el caso de películas, y mediante la medición periódica de curvas IV, en el caso de las celdas solares.

RESULTADOS

Las eficiencias más altas obtenidas fueron de 15.2% para celdas estándar, y de 14.4% para celdas

conteniendo B₄PI como aditivo interfacial en la concentración más baja estudiada. El decaimiento en los valores de la eficiencia para celdas expuestas a una humedad relativa del 30% se muestran en la Figura 1.

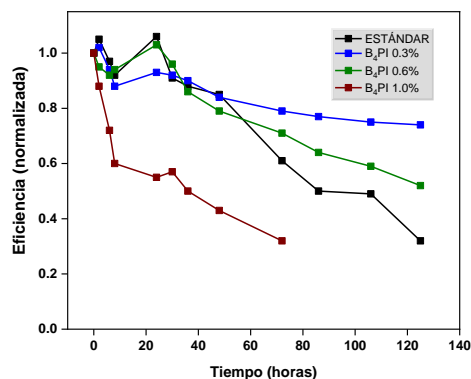


Figura 1. Comportamiento en los valores de eficiencia para celdas expuestas a 30% de humedad.

CONCLUSIONES

La incorporación del B₄PI como aditivo interfacial resultó en celdas con eficiencias muy cercanas a la de las celdas estándar al mismo tiempo que mejoró la estabilidad de los dispositivos expuestos a condiciones de humedad ambiental, manteniendo más del 70% de la eficiencia inicial tras 150 horas de exposición a la humedad en el ambiente, mientras que las celdas estándar mantuvieron sólo el 40% de la eficiencia inicial.

REFERENCIAS

- [1] D. Yang, et. al., *Energy and Environmental Science*, **10**, 3071, (2016).
- [2] Q. He, et. al., *Journal of Materials Chemistry A*, **8**, 2039, (2020).

Acoplamiento de Celdas de ion-Li a Espectrometría Diferencial de Masas Electroquímica

CAE-O18

C. Juárez Yescas^{1*}, J. Olmedo González³, A. Manzo Robledo³, M. Oliver-Tolentino¹,
I. González¹, G. Ramos-Sánchez^{1,2}

¹Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa, Departamento de Química, ²Departamento de IPH, ³Instituto Politécnico Nacional - IPN – ESIQIE, Ciudad de México

*E-mail responsable de la investigación: carlosjy@xanum.uam.mx

INTRODUCCIÓN

El almacenamiento de energía en sistemas a base de Li se acerca a su límite teórico con respecto a capacidad específica y voltaje de operación. Esto se debe a características inherentes de los materiales catódicos. En la búsqueda de nuevos materiales para baterías de intercalación es indispensable la implementación de técnicas para estudiar a los materiales en tiempo real, siguiendo sus estructuras y la formación de especies no deseadas, permitiendo un mejor entendimiento de los mecanismos de degradación. Este trabajo detalla el acoplamiento de una celda modificada ECC-Std (El-Cell) a un equipo de espectrometría diferencial de masas electroquímica (DEMS) [1]. Este arreglo permite la detección de especies generadas durante las pruebas electroquímicas de una BIL de Li_2CuO_2 . También se utiliza DEMS para evaluar Li_2CuO_2 dopado con F, para determinar si la inclusión de este anión inhibe la evolución de oxígeno gaseoso.

METODOLOGÍA

Para acoplar la BIL al espectrómetro de masa se construyeron tres prototipos. El primero (CP1) consiste en un sistema de arrastre con Ar para llevar los gases producidos en la celda al detector de masas. El prototipo CP2 consiste en una configuración de apertura de válvula pulsada, con una válvula electrónica de 2 vías controlada por un Arduino Uno con un microcontrolador ATmega328P. El prototipo CP3 utiliza una válvula de aguja con función de control de flujo unidireccional de 4 mm. Las baterías evaluadas se ensamblaron en una celda modificada ECC-Std (El-Cell) con Li^0 como ánodo, separador de fibra de vidrio y 1 M LiPF_6 en EC/DMC/EMC (1:1:1 v/v) como electrolito. La voltamperometría de barrido lineal se realizó con una vel. de barrido de 0.20 mV s^{-1}

¹, iniciando en la dirección positiva desde el OCP.

RESULTADOS

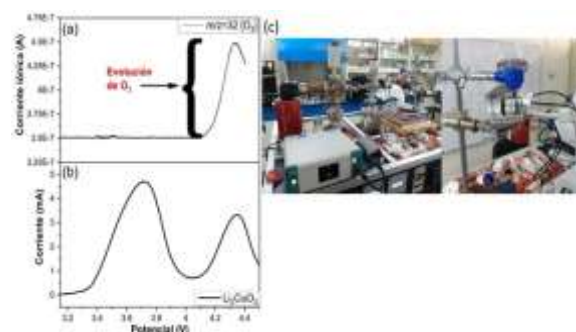


Figura 1. (a) Corriente de iónica de oxígeno ($m/z = 32$), (b) LSV (0.2 mV s^{-1}) de $\text{Li}^0/1 \text{ M LiPF}_6/\text{Li}_2\text{CuO}_2$: Carbon Black: fluoruro de polivinilideno (PVDF) (75:15:10 wt.%) iniciando en la dirección positiva desde el OCP y (c) imagen del equipo DEMS (izda.) y la celda electroquímica (dcha.)

Se logró el acoplamiento de una BIL a un espectrómetro de masas DEMS, con la capacidad de llevar a cabo estudios *in situ* a potenciales selectos (CP2) o *in operando* (CP3). Además, en los sistemas estudiados, los resultados de DEMS indican que a pesar de que los iones O^{2-} de la estructura del cuprato dopado con F participan en los procesos de oxidación, no hay evolución de O_2 .

CONCLUSIONES

El acoplamiento de la celda electroquímica al espectrómetro de masas representa un logro importante para el estudio de materiales novedosos en el ámbito de almacenamiento de energía, dando nuevas perspectivas de los materiales durante su operación.

REFERENCIAS

[1] C. Juárez-Yescas, et. al., *ACS Applied Energy Materials*, **3**, 2771, (2020)

Mejora en el diseño y fabricación de un electrolizador de prueba de membrana de intercambio protónico para aumentar la eficiencia farádica del sistema

CAE-O19

A. Martínez Séptimo^{1,2}, M. A. Valenzuela Zapata¹, R. de G. González Huerta^{2*}

¹Instituto Politécnico Nacional-ESIQIE, Lab. Catálisis y Materiales, UPALM, CP07738, CDMX.

²Instituto Politécnico Nacional ESQIE, Lab. Electroquímica, UPALM, CP07738, CDMX.

*E-mail Responsable de la investigación: rosgonzalez_h@yahoo.com.mx

INTRODUCCIÓN

Recientemente, se ha propuesto al hidrógeno como un vector energético viable. El método más adaptable y limpio para su generación, es la electrolisis de agua mediante membrana de intercambio protónico (PEMWE) [1]. Entonces, la eficiencia y la estabilidad de la PEMWE debe ser mejorada [2]. En este trabajo, se diseñó un nuevo electrolizador de prueba (TE) de fabricación propia y se utilizó un sistema automático de aplicación de tinta para depositar la capa catalítica anódica del ensamble membrana electrodos (MEA), mejorando la eficiencia farádica en comparación a un diseño antiguo.

METODOLOGÍA

El diseño antiguo tenía una placa perforada de acero inoxidable como capa difusora de gases (GDL), mientras que el nuevo diseño contiene una GDL hecha de Ti poroso. En ambos casos, se utilizó Nafion® 115 como membrana de intercambio protónico y Pt/C 40% wt%. en el cátodo. El lado anódico del MEA fue recubierto mediante un sistema automático de atomización de líquidos ValveMate 8040. Se prepararon varios MEA con diferentes proporciones en % peso de RuO₂-IrO₂. Los MEA's fueron probados en el TE antiguo y nuevo.

RESULTADOS

El nuevo TE mostró un menor potencial de celda a la misma densidad de corriente para todos los MEAs (Figura 1). Esto implica una eficiencia farádica más alta que el diseño antiguo. El MEA que obtuvo el mejor desempeño fue el de 25IrO₂-75RuO₂ % wt. Este resultado se atribuye a que las GDL's de acero inoxidable del TE antiguo generaron una resistencia considerable por su pasivación/corrosión, además, estas GDL's no tenían buen contacto eléctrico con el MEA; debido a la inclusión de una piscina de agua. Por

otro lado, las GDL's de Ti poroso del nuevo TE son más estables a la pasivación/corrosión en las condiciones de la PEMWE (pH<1, E>1.48 V/RHE) [3] adicionalmente, el contacto entre las capas catalíticas y los GDL's, reducen las resistencias óhmicas y de transporte de masa [4].

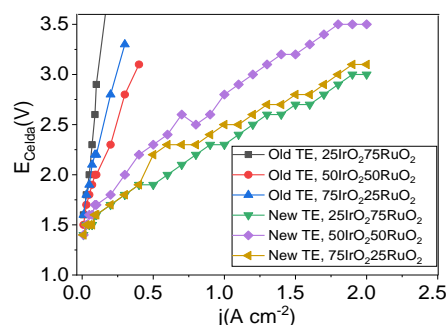


Figura 1. Curvas de polarización

CONCLUSIONES

Se desarrolló un nuevo diseño de TE de fabricación propia, con GDL's de Ti poroso y un sistema de aplicación automática de tinta catalítica, mejorando el rendimiento del sistema, reduciendo la corrosión/pasivación, así como resistencias óhmicas y de transporte de masa. Es necesario realizar más análisis y mejoras en el diseño del TE para establecer la contribución de cada variable del proceso y factores de diseño.

REFERENCIAS

- [1] J. O. Abe *et al.*, *Int. J. Hydrogen Energy*, **44**, 29, 15072, (2019)
- [2] U. Babic *et al.*, *J. Electrochem. Soc.*, **164**, F387, (2017)
- [3] P. Lettenmeier *et al.*, *Sci. Rep.*, **7**, 1, (2017)
- [4] J. C. Garcia-Navarro *et al.*, *J. Power Sources*, **431**, 189, (2019)

Supercapaterías en medio acuoso ensambladas con carbón activado obtenido en un horno solar y materiales faradáicos con cinética rápida

CAE-O20

D. R. Lobato-Peralta¹, J. Vazquez-Samperio², O. Pérez², E. Reguera², A. K. Cuentas-Gallegos¹, P. Acevedo-Peña^{3*}

¹Instituto de Energías Renovables, UNAM, Priv. Xochicalco s/n, Col. Centro, Temixco, CP 62580, Morelos, México.

²Instituto Politécnico Nacional, Laboratorio Nacional de Conversión y Almacenamiento de Energía, CICATA-Legaria, Calzada Legaria 694, col. Irrigación, 11500, Ciudad de México, México.

³CONACYT-Instituto Politécnico Nacional, CICATA Legaria, Calzada Legaria 694, Col. Irrigación, 11500, CDMX., México

*E-mail Responsable de la investigación: prosperoster@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El constante incremento de tecnologías móviles ocasiona un incremento en la demanda de dispositivos de almacenamiento de energía. Las supercapaterías han surgido como alternativa emergente, combinando la alta potencia de un supercapacitor y alta densidad energética de una batería. Estos dispositivos emplean electrodos que almacenan energía mediante diferentes mecanismos como doble capa eléctrica y procesos faradáicos [1,2].

METODOLOGÍA

Carbón solar activado y materiales faradáicos de cinética rápida fueron obtenidos empleando métodos que permiten reducir su impacto ambiental. Estos materiales se emplearon como electrodos negativo y positivo en dispositivos híbridos, tipo supercapatería en electrolito acuoso. Dichas supercapaterías fueron caracterizadas por medio de CV, GCD y EIS.

RESULTADOS

Carbones activados en horno solar muestran una gran superficie específica, superando incluso 2800 m²/g, y capacitancia mayor a 250 Fg⁻¹ en sistema de 3 electrodos, a través de doble capa eléctrica. Materiales faradáicos obtenidos mediante química suave, alcanzaron una capacidad de más de 220 Cg⁻¹ en sistema de media celda, mediante procesos tipo batería.

Se ensamblaron supercapaterías empleando estos materiales como electrodos. Las principales

propiedades de una de estas supercapaterías obtenidas son mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de supercapatería de carbón solar y hexacianoferrato de Zn-Ni.

Energía específica (Whkg ⁻¹)	Potencia (Whkg ⁻¹)	Eficiencia coulombica (%)	Eficiencia energética (%)
9.163	153	98.6	71.68

Se determinó la estabilidad de los dispositivos después de 5000 ciclos de carga y descarga. Se registró una retención de capacitancia cercana al 85%.

CONCLUSIONES

Carbón solar activado y materiales faradáicos de cinética rápida demostraron propiedades aptas para el almacenamiento de energía. Una de las supercapaterías ensamblada con estos materiales demostró energía específica de 9.163 Whkg⁻¹ junto con potencia de 153 Wkg⁻¹. Este dispositivo demostró retención de capacitancia de 85% después de 5000 ciclos con eficiencia coulombica cercana al 100%.

REFERENCIAS

[1] L. Yu, G.Z. Chen, *Electrochemical Energy Reviews*, **3**, 271 (2020).

[2] L. Wan, D. Chen, J. Liu, Y. Zhang, J. Chen, C. Du, M. Xie, *Journal of Alloys and Compounds*, **823**, 153747 (2020).

Caracterización electroquímica de películas de carbón activado proveniente del *Sargassum spp.* como soporte

CAE-O21

D. A. Pantoja Velueta¹, S. J. Figueroa Ramírez^{1*}, J. M. Sierra-Grajeda¹, B. Escobar-Morales².

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.

²Centro de Investigación Científica de Yucatán, Carretera Sierra Papacal - Chuburná Puerto, Km 5. Sierra Papacal, Mérida, 97302, Yucatán, México.

*E-mail Responsable de la investigación: sfigueroa@pampano.unacar.mx
dapv.pantoja@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En investigaciones recientes se han enfocado el estudio a la obtención de carbón a partir de la biomasa. En este caso, el sargazo es una fuente de materia prima para la producción de carbón, obtenido a través del proceso termoquímico de pirólisis [2]. El carbono se usa ampliamente como soporte para la conversión de energía electroquímica en celdas de combustible, baterías y en otros procesos de reducción [1,2]. En el presente trabajo se evaluará el comportamiento electroquímico de películas de carbón obtenido a partir de *Sargassum spp* en diferentes electrolitos.

METODOLOGÍA

El polvo de carbón proveniente del *Sargassum spp* (SKPH) se obtuvo mediante pirólisis y funcionalizo en medio alcalino. Asimismo, se evaluó un carbón activado DLC comercial y carbón Vulcan como electrodos de referencia. En la caracterización electroquímica se empleó la técnica de voltamperometría cíclica, se utilizó una celda electroquímica de tres electrodos: electrodo de trabajo (película de SKPH), auxiliar (barra de grafito) y referencia (calomel) y como electrolitos: 0.01 M $K_3 [Fe(CN)_6]$, 1M KCl, 2) 0.1 M KOH y 3) 1 M H_2SO_4 a diferentes velocidades de barrido. Asimismo, se evaluó en el sistema 5×10^{-2} M $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, 1 M NH_4OH , 1 M KCl a pH=10.

RESULTADOS

En las respuestas voltamperométricas obtenidas sobre las películas SKPH y DLC en el sistema de

$[Fe(CN)_6]^{-3}$ se mostró una forma rectangular asociada a un comportamiento capacitivo acoplado al proceso redox. En cambio, en los sistemas en ausencia de una especie electroactiva, se describieron comportamientos capacitivos, el cual es típico sobre este tipo de materiales. En el sistema de Cu(II), se describió que el depósito de cobre se lleva a cabo en dos etapas (Cu(II) a Cu(I) y de Cu(I) a Cu), donde no se describe el sobrecruce característico del proceso de electrocristalización debido a la presencia capacitiva.

CONCLUSIONES

La película SKPH mostró un comportamiento capacitivo en los sistemas KOH y H_2SO_4 . Asimismo, en los sistemas de $[Fe(CN)_6]^{-3}$ y Cu(II) se describió el proceso de transferencia de carga acoplado con un comportamiento capacitivo. Siendo más notorio este efecto en el sistema $[Fe(CN)_6]^{-3}$. Con este estudio se mostró que el electrodo de película SKPH responde como un material capacitivo que se puede emplear como electrodo para almacenamiento de energía o como soporte de metales, el cual será utilizado para la preparación de electrocatalizadores de Cu soportados sobre películas SKPH para la reducción electroquímica del CO_2 .

REFERENCIAS

[1] Al-Hamamre, Z., Saidan, M., Hararah, M., Rawajfeh, K., Alkhasawneh, H. E., & Al-Shannag, M. Renewable and Sustainable Energy Reviews, **67**, 295, (2017).

[2] R. Li, Z. Wei, and X. Gou, ACS Catal., **5**(7), 41332, (2015).

Fabricación de electrodos de carbón activado a partir de granos de café para su aplicación en supercapacitores

CAE-O22

A. Pérez Aguirre, E. del Ángel Meraz*, A. E. Cruz Pérez, M. A. Pantoja Castro
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Posgrado en Ciencias en Ingeniería.

*E-mail Responsable de la investigación: ebelia.delangel@ujat.mx

INTRODUCCIÓN

Los Supercapacitores (SCs) son sistemas de almacenamiento de energía electroquímica, más prometedores que las baterías recargables [1]. Tienen diversas aplicaciones en los campos de transporte, aeroespacial, defensa nacional, información y tecnología de comunicación, a causa de la alta densidad de potencia, un largo ciclo de vida y una alta fiabilidad, incluyendo supercapacitores eléctricos de doble capa (EDLCs) y pseudocapacitores (PCs), que se clasifican de acuerdo a dos diferentes mecanismos de almacenamiento de carga [2,3]. El trabajo analiza la sinergia del óxido de níquel (NiO) depositado en el carbón activado (CA), para evaluar la capacitancia específica de los composites en forma de electrodos y su aplicación en supercapacitores.

METODOLOGÍA

Las muestras de CA se obtuvieron a partir de residuos de granos de café, se utilizaron soluciones de KOH Y K_2CO_3 como agentes de activación, con tiempos de impregnación de 24 y 48 h. La calcinación de las muestras se realizó a temperaturas de 600 y 700 °C. Las muestras de CA fueron dopadas con NiO y se compactaron para elaborar los composites de CA/NiO como electrodos. La capacitancia específica de los electrodos se evaluó mediante la técnica electroquímica de ciclos de carga y descarga Galvanostática, utilizando una celda de dos electrodos conectada a un Potenciostato.

RESULTADOS

En la Figura 1 se aprecian los ciclos de carga y

descarga Galvanostática aplicados a los composites en forma de electrodos a partir de CA/NiO-48-700 °C impregnados con KOH y K_2CO_3 , estos muestran ciertas distorsiones por fenómenos pseudocapacitivos y sucede al principio de las cargas y al final de las mismas [3].

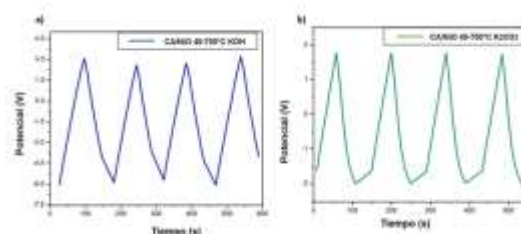


Figura 1. Ciclos de carga-descarga Galvanostática de los composites: a) CA/NiO-48-700 °C KOH, b) CA/NiO-48-700 °C K_2CO_3 .

CONCLUSIONES

Los composites de carbón activado dopados con óxido de níquel mostraron altas capacitancias específicas de 405.40 F/g y 394.73 F/g usando como agentes activantes KOH Y K_2CO_3 , para su aplicación como supercapacitores.

REFERENCIAS

- [1] Q. Xie, R. Bao, C. Xie, A. Zheng, S. Wu, Y. Zhang, P. Zhao. *Journal of Power Sources*, **317**, 133 <http://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2016.03.099>, (2016)
- [2] M. Lamine, C. Ridha, M. Mahfoud, C. Mouad, B. Lotfi, H. Al-Dujaili. *Energy Procedia*, **50**, 393. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.047>, (2014).
- [3] Y. Cao, Y. Xiao, Y. Gong, C. Wang, and F. Li. *Electrochim Acta*, **127**, 200, (2015).

Evaluación electroquímica de carbones activados preparados con bagazo de caña de azúcar

CAE-O23

E. Del Angel Meraz, A. Pérez Aguirre, M. A. Pantoja Castro, Ma. G. Rivera Ruedas
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Posgrado en Ciencias en Ingeniería.

*E-mail Responsable de la investigación: ebelia.delangel@ujat.mx

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre nuevas fuentes de almacenamiento de energía, utilizando desechos lignocelulósicos se han desarrollado en diversos países, por lo general están orientadas a la producción de carbón activado, para la fabricación de electrodos de supercapacitores. Los supercapacitores son una fuente de almacenamiento energía de atractivo potencial para aplicaciones en equipo electrónico y para vehículos híbridos [1,2]. De acuerdo con los mecanismos de carga y descarga, estos se dividen en capacitores de doble capa eléctrica y los pseudo capacitores basados en reacciones redox reversibles que ocurren en la superficie [3]. El desarrollo y la construcción de vehículos eléctricos requieren de sistemas de almacenamiento de la energía eléctrica adecuados para lograr el óptimo desempeño del vehículo

METODOLOGÍA

Los supercapacitores fueron preparados con el método químico, utilizando 80% en peso del carbón (carbón activado de bagazo de caña de azúcar), 10% en peso de carbón black y 10% en peso de polyvinylidene- fluoride (PVDF), esta mezcla se utiliza para conformar el electrodo del supercapacitor. La evaluación electroquímica se realizó en un Potenciostato AUTOLAB con técnicas Galvanostaticas utilizando de rangos de 50 a 1000 mA^g⁻¹.

RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestran los valores de la capacitancia específica del supercapacitor para celdas de dos electrodos y tres electrodos, se observa que a menor corriente hay un mayor voltaje a un mayor tiempo de análisis.

Tabla 1. valores de la capacitancia específica del supercapacitor para celdas de dos electrodos y tres electrodos

Corriente (A)	Voltaje (V)	Tiempo (seg)	C _{3E} (F/g)	C _{2E} (F/g)
0.05	0.97	492	25.16	100.62
0.1	0.96	231.2	23.93	95.71
0.5	0.83	31.4	18.88	75.51
1	0.91	11.01	11.99	47.99
2	0.85	2.92	6.86	27.44
5	0.71	0.70	4.88	19.53
10	0.71	0.70	9.76	39.06

CONCLUSIONES

El Supercapacitor alcanzó valores de capacitancia específica en el rango de 11.99 – 100.62 F/g, para áreas superficiales de los carbones activados (SBET) en el rango de 274.17 m²/g-1041m²/g. Se puede observar que a mayor área superficial es mayor la capacitancia específica. Por lo que para trabajos futuros se continuará con la preparación de carbones activados mejorando sus propiedades texturales

REFERENCIAS

- [1] M. Carrier, A. G. Hardie, Ü. Uras, J. Görgens, J. Knoetze, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **96**, 24, (2012).
- [2] P. Yu, Y. Liang, H. Dong, H. Hu, S. Liu, L. Peng, M. Zheng, Y. Xiao, and Y. Liu, *CS Sustainable Chem. Eng.*, **6** (11), 15325, (2018).
- [3] K. O. Oyedotun, F. Barzegar, A. A. Mirghni, Abubakar A. Khaleed, Tshifhiwa M. Masikhwa, and Ncholu Manyala. *CS Sustainable Chem. Eng.*, Article ASAP, (2018).

Estudio de la electro-oxidación de metanol en películas delgadas de níquel por voltamperometría de corriente muestreada

CAE-O24

M. P. Salinas Quezada, A. Crespo Yapur, M. Videá*

¹Departamento de Química y Nanotecnología, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey.

*E-mail Responsable de la investigación: mvidea@itesm.mx

INTRODUCCIÓN

Motivados por el interés en materiales con actividad electrocatalítica comparable al platino para la electro-oxidación de metanol [1], Salinas y col. [2] mostraron que las películas de Ni depositadas en Au bajo control galvanostático presentan una alta actividad en comparación con materiales similares sintetizados por métodos más complejos. En el presente trabajo se encontró que la rugosidad del electrodo jugó un papel determinante en la nucleación de los depósitos, identificándose depósitos con actividad distinta, denominados Tipo A y Tipo B. La actividad electrocatalítica para la electrooxidación de metanol de estos depósitos se evaluó mediante voltamperometría cíclica (CV) y voltamperometría de corriente muestreada (SCV) [3].

METODOLOGÍA

Los depósitos de Ni fueron generados por un pulso de 4 mA cm^{-2} durante dos segundos. Adicionalmente, los voltamperogramas de corriente muestreada fueron contruidos a partir de cronoamperometrías con pulsos de polarización desde 0.1 hasta 0.75 V vs. Ag|AgCl en incrementos de 50 mV; cada pulso de potencial con una duración de 5 s.

RESULTADOS

Los CVs de Ni en presencia de metanol (líneas continuas en la Figura 1) muestran un par de picos que corresponden a la formación y reducción de NiOOH (picos I_{af} y I_{cb}) y dos picos de oxidación de metanol, II_{af} y II_{ab} . Según la intensidad electrocatalítica, i.e. la suma de las corrientes de II_{af} y II_{ab} , el depósito denominado Tipo B (Fig. 1b) es el mejor catalizador con un valor de 136 mA cm^{-2} , en comparación con los 115 mA cm^{-2} del Tipo A. Sin embargo, los SCVs (líneas punteadas) que los depósitos tipo B presentan una mayor actividad para la evolución de oxígeno, lo

que limita su uso en dispositivos comerciales. En cambio, el SCV del depósito Tipo A no muestra una significativa actividad para la reacción de evolución de oxígeno en el rango estudiado, haciéndolo por tanto un mejor catalizador para la oxidación de metanol por su especificidad.

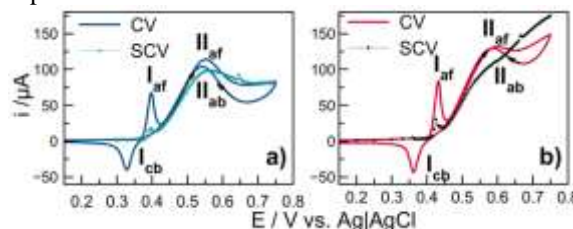


Figura 1. Velocidad de barrido: 200 mVs^{-1} , electrolito: $1 \text{ M KOH} + \text{ metanol } 0.5 \text{ M}$. (a) y (b) voltamperogramas cíclicos (líneas continuas) y voltamperogramas de corriente muestreada (líneas punteadas) de películas de níquel Tipo A y Tipo B.

CONCLUSIONES

En conclusión, se identificaron al menos dos tipos de depósitos de Ni en función de la rugosidad del electrodo de oro. Los depósitos del Grupo A presentan mayor especificidad para la oxidación de metanol, mientras que los clasificados dentro del grupo B, muestran actividad electrocatalítica tanto para la oxidación de metanol, como para la reacción de evolución de oxígeno.

REFERENCIAS

- [1] K. I. Ozoemena, *RSC Adv.*, **6**, 89523 (2016).
- [2] M. P. Salinas- Quezada, D. A. Crespo- Yapur, A. Cano- Marquez, M. Videá, *Fuel Cells*, **19**, 587 (2019).
- [3] S. C. Perry, L. Al. Shandoudi, and G. Denuault, *Analytical Chemistry*, **86**, 9917 (2014).

Estudio de Voltamperometría de Eliminación de la Oxidación de Metanol por Depósitos Galvanostáticos de Ni

CAE-O25

D. A. Crespo Yapur, A. P. Hernández González, Z. E. Ángeles Olvera,
M. P. Salinas Quezada, M. Videa *

Departamento de Química y Nanotecnología, Tecnológico de Monterrey.

*E-mail Responsable de la investigación: mvidea@tec.mx

INTRODUCCIÓN

La voltamperometría de eliminación de barrido lineal (ELSV) es una técnica que, a partir de la combinación lineal de voltamperogramas obtenidos a diferentes velocidades de barrido (una de referencia y múltiplos de ésta), permite separar las contribuciones: difusional (i_d), capacitiva (i_c) y cinética (i_k) a la corriente total. [1].

En el presente trabajo se utilizó ELSV para estudiar la oxidación electrocatalítica de metanol sobre depósitos de níquel en medio alcalino.

METODOLOGÍA

El electrodo de trabajo fue un disco de Au de 0.5 mm de diámetro. La electrodeposición de Ni se realizó aplicando un pulso de 2 segundos de duración con una densidad de corriente de de 4.0 mA cm^{-2} en un baño de NiSO_4 y Na_2SO_4 siguiendo el procedimiento descrito por Salinas-Quezada [2].

Luego de la activación del depósito 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 velocidades de barrido desde 10 hasta 400 mV s^{-1} .

RESULTADOS

El voltamperograma en la Fig.1a corresponde al barrido anódico a 200 mV s^{-1} en metanol. El pico I corresponde a la oxidación de Ni(OH)_2 a NiOOH . El pico II, a la oxidación de metanol, seguida por un incremento de corriente, normalmente asociado a la evolución de oxígeno [2]. La Fig.1b muestra las componentes i_d , i_c y i_k del pico II. En ELSV las componentes que contribuyen a la corriente total reproducen su forma. La mayor contribución a la corriente del pico II es i_k , mientras que el incremento posterior se debe a una combinación de i_d y i_k . Esto sugiere que la oxidación de metanol sobre NiOOH es

un proceso controlado principalmente por la cinética de la reacción. Además, el análisis por ELSV indica que un proceso difusional ocurre paralelamente al proceso cinético de oxidación de metanol, que comienza alrededor de $0.55 \text{ V vs. Ag|AgCl}$, y continúa a potenciales más positivos que el fin del pico II.

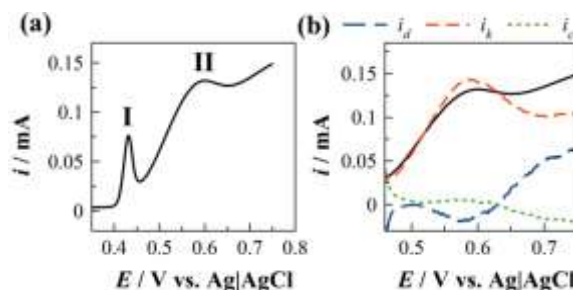


Figura 1. (a) barrido anódico a 200 mV s^{-1} en 1 M KOH + 0.5 M metanol. (b) Descomposición de la corriente total (línea negra) en sus componentes (líneas discontinuas).

CONCLUSIONES

En análisis de ELSV permitió separar la corriente de oxidación de metanol en sus componentes difusional, capacitiva y cinética. De acuerdo con este análisis, la corriente del pico II es controlada por la cinética de la reacción, con contribución de un proceso difusional que empieza alrededor del máximo del pico. El proceso posterior tiene contribuciones significativas de la corriente difusional y cinética.

REFERENCIAS

- [1] R. Oriňáková, M. Strečková, L. Trnková R. Rozik, M. Gálová, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **594**, 152, (2006).
- [2] M. P. Salinas- Quezada, D. A. Crespo- Yapur, A. Cano- Marquez, M. Videa, *Fuel Cells*, **19**, 587, (2019).

Un cátodo bicapa Ag/Pt soportado en grafeno para la reacción de reducción de oxígeno tolerante en altas concentraciones de etanol

CAE-O26

M. J. Estrada-Solis¹, B. López-González¹, M. Guerra-Balcazar², F. M. Cuevas-Muñoz^{1*}

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

²Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Universitario, Cerro de las Campanas S/N, Santiago de Querétaro, Querétaro, 76010, México.

*E-mail Responsable de la investigación: fcuevas@cideteq.mx

INTRODUCCIÓN

La reacción de reducción de oxígeno, RRO, es una reacción interesante debido a que es un buen ejemplo de una reacción electrocatalítica que muestra gran sensibilidad hacia la superficie del electrodo y la presencia de otras especies adsorbidas. (1) Se han realizado diversos procedimientos para investigar los efectos de los diferentes materiales del electrodo, (2) diferentes fases cristalinas y arreglos geométricos, y la influencia de los diferentes electrolitos para comprender la complejidad de su mecanismo de reacción, su cinética lenta y su pronunciada irreversibilidad. (3)

Otro factor importante en las investigaciones es el tamaño de las partículas del catalizador, demostrándose que los materiales de tamaño nanométrico (4) ofrecen un alto desempeño debido a la mayor área activa que presentan, sin embargo, la actividad electrocatalítica de los materiales no solo depende del tamaño de la partícula, (5) sino también de la naturaleza del soporte y del método de preparación; existen varios métodos de síntesis tales como sol-gel, sputtering, pirólisis química, entre otros. Las reacciones electroquímicas están relacionadas con la transferencia de carga eléctrica a través de la interface electrodo/electrolito. Los portadores de carga son los iones en la solución y los electrones en el metal. En el caso de los iones, la superficie del electrodo en ocasiones está cambiando continuamente, bien sea por el depósito de iones en la superficie del electrodo, o bien por la disolución del material del electrodo. Los aditivos que se agregan al electrolito y que no se consumen durante la reacción pueden incrementar la velocidad de transferencia de los iones. Por ejemplo, pequeñas cantidades de especies orgánicas o inorgánicas pueden acelerar la disolución o el depósito de los metales. El catalizador provee a los electrones como portadores de carga y estos pueden ser consumidos o generados en la reacción neta. La superficie del electrodo permanece sin cambio después

de que la reacción haya alcanzado el estado estacionario. (6)

ELECTROCATÁLISIS

El uso de este concepto se extendió a los sistemas que se comportan como un interfaz sólido/líquido. En esta interfaz se llevan a cabo las reacciones electroquímicas. De ahí que la catálisis en sistemas electroquímicos se llame electrocatálisis. Así, este fenómeno puede definirse como el estudio o la determinación de la cinética de una reacción en función de parámetros macroscópicos como potencial aplicado al electrodo, concentración y temperatura. La electrocatálisis constituye una fuente de información de las reacciones heterogéneas multielectrónica que implican especies reactivas y productos que transfieren sus electrones en la interfaz electrodo (catalizador)/solución electrolítica (E/E). En la electrocatálisis se varía la energía de activación de la reacción modificando el potencial de la interface electrodo/solución que determina junto con otros parámetros, la velocidad de los procesos de transferencia de carga. (7) La cinética del proceso electrocatalítico está determinada en alto grado por la estructura de la doble capa electroquímica. Cualquiera que sea el sistema heterogéneo, podemos definir nuevamente, y en forma general, que la electrocatálisis trata con reacciones entre las especies que se adsorben sobre la superficie de un catalizador. Los experimentos a nivel microscópico en interfaces: sólido/gas o sólido/líquido permiten observar que la superficie electrocatalítica provee un camino energéticamente favorable para la reacción, además, estos tipos de experimentos han recibido un impulso importante en la última década. La reacción con los sitios de superficie puede dar lugar a la formación de complejos de superficie. (8)

METODOLOGÍA

SÍNTESIS

Los materiales catalizadores se sintetizaron sobre grafeno modificado en carbón vítreo. La tinta de grafeno (G) se preparó dispersando 3 mg de polvo de grafeno (Goodfellow, GK00NK10) en 440 ml de alcohol isopropílico (Baker, 99.9%) y sonificado en un baño ultrasonico durante 20 minutos, 42 μl de solución de Nafion® 117 (5% en peso, Aldrich) se agregaron a la mezcla y esto se sonicó para otros 20 min. La tinta de grafeno resultante fue depositada de manera homogénea en la superficie del carbón vítreo (2 $\mu\text{l cm}^2$) usando una micropipeta (Finnpipette F1) y fue secado con aire durante 20 min.

Los materiales fueron depositados por la técnica electroquímica de cronoamperometría, la síntesis se realizó en dos pasos, el depósito de Pt se realizó por la técnica de cronoamperometría a un potencial de 0.04 V vs ENH con el soporte de Vulcan y a un potencial de 0.09 V vs ENH para el soporte de grafeno, durante 30 segundos. Se usó una sal de K_2PtCl_4 a 5 mM en 0.5 M de H_2SO_4 como electrolito.

Para el segundo depósito del compuesto, el depósito de Ag se usó la misma técnica a un potencial de 0.53 V vs ENH durante 30 segundos. Se usó una sal de AgNO_3 a 5 mM en 0.5 M de H_2SO_4 como electrolito.

Se realizaron mediciones de electrodo de disco giratorio (RDE) utilizando electrodos de carbono vítreo (CV) modificados con grafeno. Para esto, se cortaron piezas de 0,25 cm^2 de una placa CV (suministros SPI, Glas 22, 3 mm grosor). La tinta de grafeno se depositó en la superficie de cada punta de GC y se dejó secar al aire. Las capas de Pt y Ag fueron depositadas en el CV modificado con grafeno usando el mencionado anteriormente condiciones.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Fig. 1 Muestra la vista superior de las imágenes SEM de los materiales Ag/Pt/G sintetizados por vía electroquímica sobre CV modificado con grafeno se puede observar como ambas especies Pt y Ag se encuentran depositados en la tinta de grafeno de manera homogénea, sin embargo, el G posee una morfología porosa por lo cual crea mayor cantidad de sitios activos.

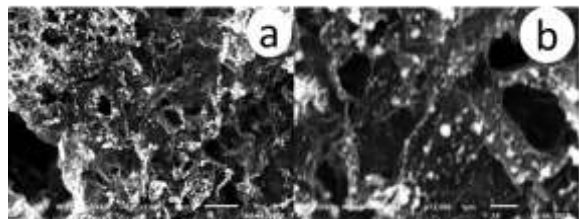


Figura 1. Micrografías SEM a) Ag/Pt/G x3000 b) Ag/Pt/G x12000

ELECTROACTIVIDAD HACIA LA RRO

Teóricamente, el RRO avanza a través de la transferencia de dos o cuatro electrones, y este parámetro es un indicador importante del rendimiento catalítico. Ya que se obtuvo la actividad catalítica se realizaron voltamperogramas lineales a diferentes velocidades de rotación de 1600 rpm, a una velocidad de exploración de 5 mV s^{-1} . Se observa que el potencial de RRO tiene un valor de 0.92 V, aproximadamente.

El OCP del sistema prácticamente se mantuvo invariable independientemente de la concentración de etanol, y no se observan corrientes anódicas en las curvas, por lo tanto, es evidente que la EOR no es promovida sobre este material. Cuando se adicionó la concentración más alta, el potencial de reducción de oxígeno disminuyó únicamente 13 mV con respecto al sistema sin etanol.

Es claro que las propiedades de tolerancia son conferidas por el recubrimiento de Ag, sin embargo, es evidente que, aunque la Ag fue depositada de la misma manera con el soporte Vulcan el Grafeno demostró que el incremento de sitios activos ayudó a un mayor desplazamiento de la Ag sobre el soporte, por lo cual se obtuvieron mejores resultados.

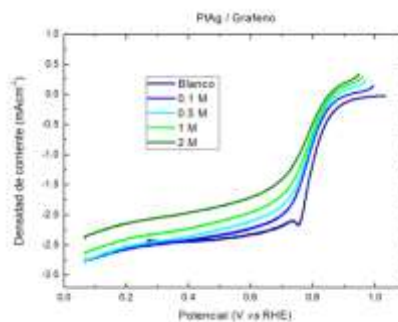


Figura 2. Voltamperograma EDR de la RRO en presencia de ETOH a 1600 rpm en 1M KOH + O₂ (sat) Ag/Pt/G (V= 5 mV s^{-1})

CONCLUSIONES

El depósito electroquímico, es un método de síntesis efectivo que permite obtener electrocatalizadores nanométricos de Pt, para la RRO, los catalizadores tienen su mejor actividad a potencial a -0.15 V vs ENH para obtener electrocatalizadores con la mejor actividad electrocatalítica. Se observa que la adición del Ag mejora la actividad electrocatalítica de Pt hacia la RRO, por efectos difusionales y electrónicos.

La caracterización electroquímica demuestra que los materiales estudiados son activos hacia la reacción de reducción de oxígeno. La RRO, procede preferentemente por una transferencia

multielectrónica global de 4e⁻ (ruta directa) para la formación de agua. También la actividad hacia la RRO muestra una relación con el tamaño de partícula.

Además, se demostró que este cátodo es tolerante al etanol y es capaz de realizar selectivamente la RRO en presencia de etanol en concentraciones tan altas como 2 M. La característica de tolerancia al alcohol se atribuye a la capa de Ag, mientras que la capa de Pt es responsable de la RRO.

REFERENCIAS

- [1] Shao M, Chang Q, Dodelet J, Chenitz R. Recent Advances in Electrocatalysts for Oxygen Reduction Reaction. 2016;
- [2] Wang Y, Zhao N, Fang B, Li H, Bi XT, Wang H. Carbon-Supported Pt-Based Alloy Electrocatalysts for the Oxygen Reduction Reaction in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells: Particle Size, Shape, and Composition Manipulation and Their Impact to Activity. 2014;
- [3] Urgeghe C. Oxygen evolution and oxygen reduction in electrochemical energy conversion. Univesità degli Studi de Ferrara; 2006.
- [4] Solange Llanos Jara E. Estudio De La Producción De Hidrógeno a Partir De Metanol Sobre Catalizadores Soportados De Cobre (2007)
- [5] Mejía AE-, López JMH. Electrocatalytic Properties of Bimetallic Surfaces for the Oxygen Reduction Reaction 7, 8940 (2012).
- [6] Hagen J. Industrial catalysis: A Practical Approach. Wiley and sons; p. 520 (2006).
- [7] Bard AJ, Faulkner LR, Swain E, Robey C. Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications. 2nd Editio. Harris D, editor. New York: JOHN WILEY & SONS, INC.; p. 850 (2001).
- [8] Alonso-Vante N. Electroquímica y electrocatalisis Materiales: aspectos fundamentales y aplicaciones, volumen Ib.(eBook). Vol. 1a, Santa Fe, New México, USA. El Cid Editor; p.429 (2003).

Estudio del rendimiento electroquímico de la espinela $\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$ para baterías de ion-litio

CAE-O27

J. Olmedo-González^{1,2*}, M. Oliver-Tolentino², G. Guzman-González^{2,3}, R de G. González-Huerta¹, I. González², G. Ramos-Sanchez²

¹Instituto Politécnico Nacional-ESIQIE, Lab. Electroquímica, UPALM, 07738, CDMX.

²Universidad Autónoma Metropolitana- Izt. Dep. Química, 09340, CDMX.

³POLYMAT Universidad del País Vasco, Centro Jose Mari Korta, 20018, Donostia-San Sebastián, España.

*E-mail Responsable de la investigación: jorgeolmedog@outlook.com

INTRODUCCIÓN

La mejora de los materiales de tecnologías de almacenamiento de energía electroquímicas, como las baterías de ion litio, es crucial para una diversificación en su implementación y operación tanto en aplicaciones móviles como fijas, donde sea posible aprovechar y regular la energía proveniente de energías renovables variables. Los materiales catódicos de alto voltaje como el $\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$ (LMNO), resultan ser atractivos para aplicaciones de media y alta potencia. Sin embargo, existen diferentes retos por resolver dentro de este tipo de materiales, como la presencia de iones Mn^{3+} y/o cambios en su estado de oxidación, así como la degradación cíclica de este material sobre los 4.2 V. Resulta relevante comprender el impacto que tiene el ordenamiento de la espinela y la estabilidad que puede brindarle un recubrimiento [1]. En este trabajo se estudia el desempeño electroquímico conforme al ordenamiento del material o estequiometría y el uso de un recubrimiento polimérico de conducción única de iones litio basado en boro sp^3 y etilenglicol (BEG).

METODOLOGÍA

Para evaluar la espinela desordenada ($\text{LiMn}_{2-x}\text{Ni}_x\text{O}_4$ $x < 0.5$) denominada LMNO-S fue preparada por síntesis de estado sólido en dos pasos. La espinela intermedia $\text{Ni}_{0.67}\text{Mn}_2\text{O}_4$ fue sintetizada a 900°C por 5 horas con precursores de acetato y el segundo paso se llevó a cabo con Li_2CO_3 a 950°C por 24 horas.

Para el material ordenado (LMNO-MTI) y el recubierta (LMNO-BEG) fue utilizado LMNO (MTI, $\approx 100\%$). La preparación del recubrimiento se realizó en dos etapas [2]. La primera etapa consistió en la preparación del compuesto tetracoordinado de boro. En la segunda etapa, el BEG fue preparado por policondensación in situ.

RESULTADOS

Se evaluó y comparó el desempeño electroquímico de los materiales a través de voltamperometría cíclica (CV) en una ventana de potencial de 3.5. a 5V a 0.1mV s^{-1} . Al comparar los diferentes procesos redox de las CVs, figura 1, se encontró que para los procesos de $\text{Ni}^{2+/4+}$ y $\text{Ni}^{3+/4+}$ el material ordenado y recubierto presentan una corriente pico similar en contraste con la espinela desordenada que es menor. En cuanto al proceso redox atribuido al $\text{Mn}^{3+/4+}$ no se observa diferencia significativa entre el material ordenado y el recubierto, mientras que para el desordenado se observa una corriente pico mayor.

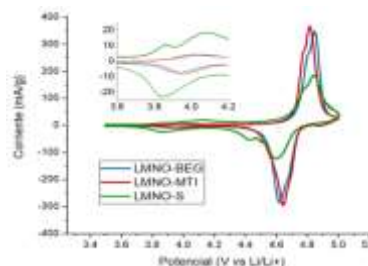


Figura 1. Voltamperograma cíclico 1 M LiPF_6 /LMNO-S y MTI:CSP:PVDF (80:10:10%w) para LMNO-BEG, LMNO-MTI:CSP:BEG (80:10:10%w).

CONCLUSIONES

El material sintetizado al ser una espinela con menor cantidad de níquel muestra una mayor participación del proceso redox $\text{Mn}^{3+/4+}$ lo cual es un aspecto crucial dentro de la vida de ciclo de la batería.

REFERENCIAS

- [1] H. Duncan, B. Hai, M. Leskes, C. P. Grey, and G. Chen, *Chem. Mater.*, **26(18)**, 5374, (2014).
- [2] G. Guzmán-González, H. J. Ávila-Paredes, E.



Rivera, and I. González, *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **10(36)**, 30247, (2018).

Los autores agradecen al proyecto de ciencia básica A1-S-15770 y al proyecto Sectei/063/2020. Jorge Olmedo-González agradece a CONACYT por la beca otorgada CVU 876718.

Efecto de soportes carbonáceos (NTC, OG, C) sobre perovskitas de tipo LaNiO_3 dopadas con metales de transición sobre la actividad catalítica para la RRO y REO en medio alcalino

CAE-O28

K. I. Martínez-Soto¹, M. Beltrán-Gastélum², S. Velraj³, J. Zhu³, M. I. Salazar-Gastélum^{1,2*}

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

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

³Tennessee Technological University, Department of Mechanical Engineering, Cookeville, TN 38505, USA

Responsable de la investigación: moises.salazar@tectijuana.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La energía es un componente vital para el ser humano, sin embargo, la demanda de energía ha aumentado considerablemente en los últimos años. Para satisfacer todas las necesidades de la sociedad, deben desarrollarse nuevas fuentes de energía y dispositivos de almacenamiento de energía que sean respetuosos con el medio ambiente. Existen fuentes de energía ilimitadas como la energía solar, eólica, geotérmica, etc., sin embargo, la desventaja de estas fuentes es la falta de capacidad para almacenar la energía y poder integrarlas a la red de distribución energética, por lo tanto, estas fuentes de energía requieren de un sistema de almacenamiento de energía eficiente y de bajo costo. Entre los sistemas de almacenamiento de energía conocidos, las baterías metal-aire emergen como una tecnología amigable con el medio ambiente, debido al uso de oxígeno del aire como reactivo, que muestra una mayor densidad de energía en comparación con otro tipo de baterías. Sin embargo, los principales inconvenientes de las baterías metal-aire son la estabilidad de los electrodos, la reversibilidad y la selectividad de las reacciones. La investigación de diferentes grupos de investigación se centra en el catalizador y el mecanismo de las reacciones que ocurren en el electrodo de aire en la batería metal-aire, (i) la reacción de reducción de oxígeno y (ii) la reacción de evolución de oxígeno (RRO y REO, respectivamente), ambas reacciones muestran una cinética lenta y requieren un sobrepotencial considerablemente alto (lo cual se asocia a una alta energía de activación), lo que provoca una disminución de la eficiencia del dispositivo. Es ampliamente reportado que los metales del grupo platino son de los catalizadores más efectivos para la RRO, sin embargo, el costo y la limitada actividad

hacia la REO son aspectos a considerar para el uso como electrodos de aire. Los catalizadores basados en óxidos de perovskita han mostrado flexibilidad química y estructural, que son características prometedoras en la catálisis bifuncional de la RRO/REO. Los óxidos de perovskitas poseen una estructura ABO_3 , donde el sitio B puede ser parcialmente reemplazado por metales de transición, mediante procesos de dopado, exhibiendo cambios en la catálisis de la RRO [1]. Además, es posible mejorar las propiedades catalíticas de estos óxidos de perovskita mezclándolos con soportes carbonáceos, aumentando la actividad catalítica hacia el REO [2]. El objetivo principal de esta investigación es evaluar catalizadores basados en LaNiO_3 dopados con diferentes metales de transición (Fe, Mn y Pd) y diferentes soportes carbonosos (nanotubos de carbono de pared múltiple, óxido de grafeno y carbono), para evaluarlos en la RRO y la REO, pensando en una potencial aplicación como electrodos de aire en baterías de metal-aire.

METODOLOGÍA

Los nanotubos de carbono de pared múltiple (NTC) y el óxido de grafeno (OG) se sintetizaron mediante el método de spray-pirólisis [3] y el método de Hummers modificado [4], respectivamente, mientras que el polvo de carbono comercial se adquirió de Fuel Cell Store[®]. Los óxidos de perovskita fueron sintetizados mediante el proceso de nitrato-glicina (PNG) [5]. La fase estructural, el tamaño de partícula y la morfología de las perovskitas sintetizadas se caracterizaron por SEM-EDS y espectroscopía de difracción de rayos X. La actividad catalítica de la RRO y REO se realizó mediante curvas de polarización en una celda típica de tres electrodos unida a un potenciostato/galvanostato Biologic VMP

300, los electrodos en la celda fueron un electrodo de disco rotatorio de carbón vítreo (área geométrica de 0.2 cm²), un contra electrodo de espiral de platino y un electrodo de referencia de Ag/AgCl/KCl_{sat}.

RESULTADOS

Los catalizadores de óxidos de perovskita se evaluaron para determinar las curvas de polarización en condiciones hidrodinámicas para RRO, todos los catalizadores realizaron la RRO por la ruta de 4 electrones, lo cual es deseable para aplicaciones de baterías metal aire (no mostrado). Las perovskitas exhibieron valores similares para el coeficiente de transferencia electrónica y la densidad de corriente de intercambio. Sin embargo, el catalizador de La(Ni_{0.9}Pd_{0.1})O₃/C exhibió la densidad de corriente límite más alta y el potencial de media onda más positivo que los otros catalizadores, lo que se atribuye a una mayor cantidad de sitios activos disponibles y a una menor energía de activación en la RRO.

Tabla 1. Densidad de corriente límite (J_{lim}), potencial de media onda ($E_{1/2}$), pendiente Tafel, coeficiente de transferencia de carga (α) y densidad de corriente de intercambio (J_0) de los catalizadores basados en perovskita en la RRO.

Perovskita	J_{lim} (mA cm ⁻²)	$E_{1/2}$ (V vs. ERH)	Pend Tafel (mV dec ⁻¹)	α	J_0 (mA cm ⁻²)
LaNiO ₃ /C	4.50	0.53	69	0.63	0.006
La(Ni _{0.9} Fe _{0.1})O ₃ /C	4.21	0.48	84	0.69	0.008
La(Ni _{0.9} Mn _{0.1})O ₃ /C	4.33	0.46	89	0.71	0.006
La(Ni _{0.9} Pd _{0.1})O ₃ /C	5.17	0.61	42	0.40	0.006

Con respecto a REO, los catalizadores se evaluaron mediante curvas de polarización bajo condiciones hidroestáticas. En esta reacción, el catalizador de La(Ni_{0.9}Pd_{0.1})O₃/C mostró la mayor

densidad de corriente de intercambio, sin embargo, La(Ni_{0.9}Fe_{0.1})O₃/C exhibió un valor ligeramente menor de pendiente Tafel y $E_{J=5 \text{ mA cm}^{-2}}$, esto se relaciona con una menor energía de activación para la REO en este catalizador.

Tabla 2. Pendiente Tafel, potencial a 5 mV cm⁻² ($E_{J=5 \text{ mA cm}^{-2}}$), coeficiente de transferencia de carga (α) y densidad de corriente de intercambio (J_0) de los catalizadores basados en perovskita en el REO.

Perovskita	Pend Tafel (mV dec ⁻¹)	$E_{J=5 \text{ ma}}$ cm ⁻² (V vs. ERH)	α	J_0 (mA cm ⁻²)
LaNiO ₃ /C	117	-	0.22	0.099
La(Ni _{0.9} Fe _{0.1})O ₃ /C	87	1.66	0.30	0.139
La(Ni _{0.9} Mn _{0.1})O ₃ /C	112	1.82	0.23	0.133
La(Ni _{0.9} Pd _{0.1})O ₃ /C	97	1.72	0.26	0.144

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados, La(Ni_{0.9}Pd_{0.1})O₃/C exhibió el mejor desempeño para RRO, por otro lado, La(Ni_{0.9}Pd_{0.1})O₃/C y La(Ni_{0.9}Fe_{0.1})O₃/C exhibieron buenos parámetros cinéticos para la REO, por lo tanto, se puede establecer que La (Ni_{0.9}Pd_{0.1})O₃/C es un catalizador bifuncional con posible aplicación en las baterías metal-aire.

REFERENCIAS

- [1] D. Zhang, Y. Song, Z. Du, L. Wang, Y. Li, J. B. Goodenough, *J. Mater. Chem. A.*, **3**, 9421–9426, (2015).
- [2] M. Sakhivel, S. Bhandari, J.-F. Drillet, *ECS Electrochem. Lett.*, **4**, A56–A58, (2015).
- [3] A. Aguilar-Elguézabal, W. Antúnez, G. Alonso, F. Paraguay-Delgado, F. Espinosa, M. Miki-Yoshida, *Diam. Relat. Mater.*, **15**, 1329–1335, (2006).
- [4] D. Wang, W. Yan, S. H. Vijapur, G. G. Botte, *Electrochim. Acta*, **89**, 732–736, (2013).
- [5] S. Velraj, A. K. Estes, B. L. Bates, J. H. Zhu, *Electrochim. Acta*, **292**, 446–457, (2018).

Preparación de ensamblajes membrana-electrodo para celdas de combustible alcalinas: efecto de la solución ionomérica

CAE-O29

A. Hernández-Flores¹, S. Pérez-Sicairos², M. I. Salazar-Gastélum^{1,2}, T. Romero-Castañón³, J. R. Flores-Hernández³.

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Posgrado en Ciencias de la Ingeniería/Blvd. Alberto Limón Padilla S/N Col. Otay Tecnológico, CP 22500, Tijuana, BC.

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Centro de Graduados e Investigación en Química/Blvd. Alberto Limón Padilla S/N Col. Otay Tecnológico, CP 22500, Tijuana, BC.

³Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, Ave. Reforma 113 Col. Palmira. Cuernavaca, Morelos, 62490, México

*E-mail Responsable de la investigación: sperez@tectijuana.mx
tromero@ineel.mx

INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible son dispositivos electroquímicos que generan electricidad a partir de reacciones químicas entre un combustible y un oxidante, convirtiendo la energía química del combustible a energía eléctrica [1]. Actualmente estas tecnologías se desarrollan en medio ácido, como las celdas de combustible de membrana de intercambio protónico (PEMFC), este tipo de tecnología tiene un costo de fabricación elevado, debido a que requieren catalizadores a base de platino, así como membranas de intercambio protónico basadas en un ionómero perfluorado denominado Nafion[®], cuyo costo puede llegar a representar el 30 % del costo total del dispositivo. Ante esta situación, se ha propiciado que se desarrollen otras tecnologías que permitan la conversión de energía química a eléctrica en medios menos costosos, abriendo paso a las celdas de combustible de membrana de intercambio aniónico (AEMFC) [2].

Las AEMFC tienen el beneficio de generar energía eléctrica a un menor costo, en comparación a las celdas de combustible tipo PEM, por lo que las AEMFC han recibido especial interés en investigación y desarrollo, debido a las ventajas que presentan sobre las PEMFC. En esta tecnología de AEMFC la operación bajo transferencia de iones alcalinos permite que la cinética de la reacción del electrodo pueda ser mejorada, especialmente en la parte del cátodo lo cual permite que la selección de los materiales utilizados como catalizadores electroquímicos pueda ser extendida a la parte de los metales no nobles o incluso a los óxidos metálicos que suelen ser más económicos, resultando en la reducción del costo de dicha tecnología. Sin embargo la difusión de los iones

hidróxido es más lenta que la difusión de los iones protónicos debido a la inapropiada disociación de los iones hidróxidos en los grupos de conducción aniónico.

Además, las recientes membranas de intercambio aniónico (AEM) presentan algunos inconvenientes como: baja conductividad de iones hidróxido, baja estabilidad térmica, mecánica y química a largo plazo, aunado a la incorporación de un ionómero incompatible con los componentes de esta tecnología representan puntos limitantes para su aplicación en una AEMFC [3]. Gran parte del progreso del rendimiento de esta tecnología está directamente vinculado con la mejora en la interfaz entre el ionómero de intercambio aniónico, los materiales utilizados como catalizadores y los materiales utilizados como soporte del catalizador.

La estabilidad *in situ* de polímeros catiónicos presentes como ionómero en la tecnología AEM, que sea tolerante al medio alcalino, resistente a las impurezas de CO₂, junto con un buen catalizador y buena compatibilidad entre estos componentes impacta positivamente en el desempeño de la capa catalítica, lo cual representaría un avance importante para la tecnología AEMFC [4].

En este trabajo se desarrolla el estudio de la composición de un ionómero comercial (IONOMR) para la preparación de tintas catalíticas para mejorar la interacción en la interfase membrana-capas catalíticas. El impacto se medirá en la actividad catalítica de la

Reacción de Reducción de Oxígeno (RRO) y la Reacción de Oxidación del Hidrógeno (ROH) en medio alcalino.

METODOLOGÍA

Se prepararon soluciones ionoméricas con diferentes concentraciones, disolviendo un ionómero comercial (IONOMR) en una mezcla metanol/etanol (50:50 %vol) con agitación. Posteriormente, se prepararon tintas catalíticas añadiendo el catalizador Pt/Carbon vulcan (contenido metálico 10%) comercial (Fuel Cell Store®), y la solución ionomérica, variando la concentración del ionómero añadido. La caracterización electroquímica de las tintas se realizó por medio de la técnica del electrodo de disco rotatorio (EDR) para su evaluación en la RRO y ROH; en estas pruebas se empleó un potenciostato marca Biologic modelo VMP-300 y un potenciostato marca BASi modelo Epsilon, respectivamente. La celda electroquímica consistió de un electrodo de trabajo de carbón vítreo (área 0.2 cm²), un contra electrodo de espiral de Pt y un electrodo de referencia de Ag/AgCl/KCl_{sat}. Todas las pruebas se corrieron bajo condiciones hidrodinámicas en una solución de KOH 0.1 M saturada en oxígeno (para RRO), e hidrógeno (para ROH). Antes de cada análisis se realizó un proceso de activación a los electrodos modificados con las tintas catalíticas, imponiendo 30 ciclos voltamperométricos, desde -0.5 V hasta 1.5 V, en KOH saturado con nitrógeno, a una velocidad de barrido de 100 mV s⁻¹.

RESULTADOS

Las pruebas realizadas mediante la técnica de EDR, de las tintas catalíticas preparadas con solución ionomérica al 15% y 10%, indican nula o muy poca actividad catalítica hacia la RRO, ya que alcanzan valores bajos de intensidad de corriente (asociado con la constante de velocidad de reacción) y tienen valores de potenciales de activación más negativos (relacionado con alta energía de activación). Conforme se disminuye la concentración de la solución ionomérica, los potenciales de activación se vuelven más positivos, mientras que las intensidades de corriente aumentan su valor, lo cual se asocia a una sustancial mejora del desempeño de la tinta catalítica en la RRO, como se observa en la figura 1.

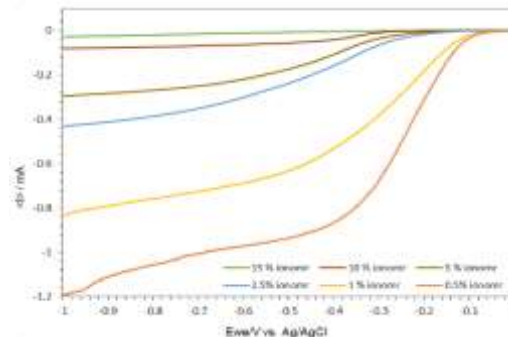


Figura 1. Curvas de polarización para la RRO del catalizador Pt/C comercial (contenido metálico 10%) con diferentes concentraciones de ionómero a 1600 RPM en KOH 0.1 M saturado en oxígeno y velocidad de barrido de 5 mV s⁻¹.

CONCLUSIONES

Una concentración alta del ionómero en la preparación de la tinta catalítica provoca un bajo desempeño en la RRO, lo cual sugiere que no hay buena interacción entre el catalizador y el ionómero. Se puede inferir que no hay buena conductividad eléctrica (aumento de la resistencia óhmica de la tinta catalítica) y/o incremento del espesor de la capa límite de difusión (disminución de la concentración de oxígeno en la superficie del electrodo). En el intervalo evaluado de concentraciones del ionómero, la del 0.5% favorece mayor corriente.

REFERENCIAS

- [1] N. Hikosaka Behling, *Fuel Cells: Current Technology Challenges and Future Research Needs*, pag. 657, Elsevier, Oxford, 2012.
- [2] F. Ali, R. Chetty, *Electroanalysis*, **26**, 1, (2014).
- [3] K. Vandenbroucke, M. Metzlafl, *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, 12678 pág, Springer, New York, (2012).
- [4] A. G. Wright, J. Fan, B. Britton, T. Weissbatch, H-F. Lee, E. A. Kitching, T. J Peckham, S. Holdcroft, *The Royal Society of Chemistry*, **9**, 2130, (2016).

Electrochemical properties of $\text{Ca}_{2.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Co}_{4-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9-\delta}$ ($x = 0$ and 0.1) as cathode materials for intermediate temperature SOFCs

CAE-P1

K. P. Padmasree^{1*}, Keyu-Lai², A. Manthiram²

¹Cinvestav Unidad Saltillo, Parque Industrial, Ramos Arizpe, Coahuila 25900, México

²Texas Materials Institute, The University of Texas at Austin, TX 78712, USA

*E-mail Responsable de la investigación: padmasree@cinvestav.edu.mx

INTRODUCTION

Solid oxide fuel cells (SOFCs) convert the chemical energy of fuel and oxidant gases directly to electrical energy at high operating temperatures, 1000°C [1]. Reducing this temperature to an intermediate range 600-800 °C is important to attain longevity of SOFC cell. Much effort has been given to develop new cathode materials with high electrocatalytic activity for oxygen reduction reaction (ORR) in the intermediate-temperature (IT) range [2]. Recently, misfit-layered cobaltite $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9-\delta}$ has been studied as cathode materials for IT-SOFCs. Its structure consists of distorted rock-salt layer Ca_2CoO_3 located between two CdI_2 -type CoO_2 layers [3]. $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9-\delta}$ also exhibit lower thermal expansion coefficient (TEC) ($9.10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), good chemical stability and electrochemical performance [3]. In this study we report the electrochemical performance of the cobaltite oxide $\text{Ca}_{2.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Co}_{4-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9-\delta}$ ($x = 0$ and 0.1).

METHODOLOGY

$\text{Ca}_{2.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Co}_{4-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9-\delta}$ ($x = 0$ and 0.1) samples were prepared by conventional solid-state reaction [4]. Obtained samples were characterized by X-ray diffraction, thermogravimetric analysis, thermal expansion coefficient, chemical stability, and electrical conductivity. The ORR was characterized by electrochemical impedance spectroscopy by using symmetric cell configuration, $\text{Ca}_{2.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Co}_{4-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9-\delta} + \text{GDC}$ composite cathode/GDC electrolyte/ $\text{Ca}_{2.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Co}_{4-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9-\delta} + \text{GDC}$ composite cathode.

RESULTS

XRD pattern shows a monoclinic crystalline structure. Thermogravimetric analysis exhibits a weight loss around 550 °C is due to the loss of surface oxygen. Thermal expansion studies have given a TEC value around $10 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ from room temperature to 800 °C. Chemical compatibility between electrolyte

and cathode exhibits no reaction products which shows good chemical stability. The Cu substitution decreases the electrical conductivity. The cathode polarization resistance (R_p) was obtained from the impedance spectra of the symmetric cells. The Cu doped composite cathode material exhibits a slight increase in cathode polarization resistance compared to undoped sample. Similarly, R_p decreases with the increase in measuring temperature.

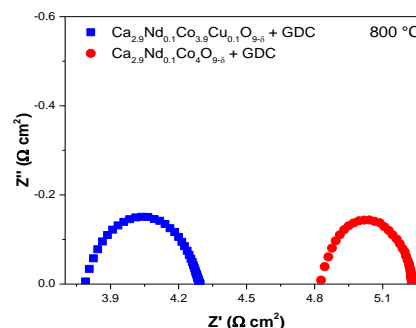


Figure 1. Impedance spectra of symmetric cells measured with different composite cathodes.

CONCLUSIONS

The above results indicate that $\text{Ca}_{2.9}\text{Nd}_{0.1}\text{Co}_{4-x}\text{Cu}_x\text{O}_{9-\delta}$ oxides are promising as cathode material for IT-SOFCs.

REFERENCES

- [1] KT Lee, A. manthiram, *J. Electrochem Soc.* 153, 794 (2006).
- [2] K.P. Padmasree, K. Lai, W. Kaveevivitchai, A. Manthiram, *J. Power Sources* 374, 249 (2018).
- [3] S. Yu, S. He, H. Chen, L. Guo, *J. Power Sources*, 280, 581 (2015).
- [4] K.P. Padmasree, K. Lai A.F. Fuentes, A. Manthiram, *Int J Hydrogen Energy* 44, 1896 (2019).

Estudio de electrocatalizadores a base de carbono con potencial aplicación en baterías de flujo de vanadio

CAE-P2

J. Cruz-Ibarra¹, M. Beltrán-Gastélum², L. J. Salazar-Gastélum², S. Pérez-Sicairos²,
M. I. Salazar-Gastélum^{2*}.

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tijuana/Ingeniería en Nanotecnología. Tijuana, B. C. 22500, México.

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

*E-mail Responsable de la investigación: moises.salazar@tectijuana.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El interés en las energías renovables como la energía solar y eólica ha incrementado en los últimos años, debido a la preocupación a nivel mundial sobre la contaminación ambiental y la crisis energética. La batería de flujo de vanadio (VFB, por sus siglas en inglés) es un tipo de batería recargable que emplea iones de vanadio en diferentes estados de oxidación (V^{2+} , V^{3+} , VO^{2+} , VO_2^+) para almacenar energía potencial química en soluciones acuosas.¹ Desde que se propuso por primera vez en la década de los ochentas, las VFB son excelentes candidatas para sistemas de almacenamiento de energía a gran escala, debido a su alta eficiencia energética, vida útil prolongada, simplicidad de operación, diseño ecológico y alta estabilidad. Los materiales a base de carbono son materiales importantes para la aplicación en electrodos para la VFB, por su disponibilidad, estabilidad, resistencia a la corrosión, economía y presentan alta conductividad eléctrica. Sin embargo, la reversibilidad de las reacciones no es adecuada.²

METODOLOGÍA

Se emplearon diferentes tintas comerciales a base de carbono con una proporción del 20% de metal. Las tintas se prepararon con una relación de 1 mg de material/275 μ L EtOH/75.0 μ L Nafion. Estas tintas se utilizaron para modificar un electrodo de carbón vítreo (CV, 0.07 cm^2), inmerso en una celda electroquímica que contiene al electrolito de $VOSO_4$, el electrodo de referencia fue de Ag/AgCl y como electrodo auxiliar se empleó un espiral de Pt. Se impusieron 10 voltamperogramas cíclicos a diferentes velocidades de barrido (20-200 $mV s^{-1}$) con el objetivo de medir las intensidades de corriente y potenciales de pico, para la

evaluación de los electrocatalizadores.

RESULTADOS

Los electrocatalizadores mostraron picos anódicos a 1.25 V, el cual se relaciona con la oxidación de VO^{2+} a VO_2^+ . El pico catódico que se observa a -0.95 V, se relaciona con la reacción de V^{3+} a V^{2+} , sin embargo, este proceso ocurre a potenciales a la reacción del solvente (evolución de hidrógeno).

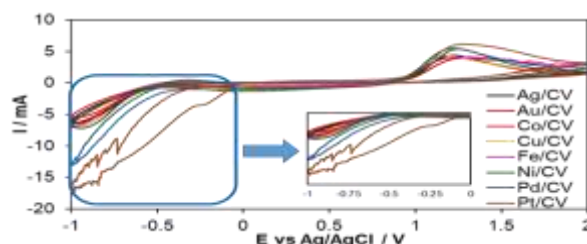


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos de diferentes electrocatalizadores para las reacciones de especies de vanadio en el electrolito de $VOSO_4$ a 100 $mV s^{-1}$.

CONCLUSIONES

Los electrocatalizadores mostraron desempeños similares, sin embargo, el Pt/CV presentó intensidades de pico más alta en ambas reacciones, lo cual sugiere una mayor actividad catalítica en ambas reacciones con respecto a los otros electrocatalizadores.

REFERENCIAS

- [1] Lourenssen, K.; Williams, J.; Ahmadpour, F.; Clemmer, R.; Tasnim, S. *Journal of Energy Storage*. **25**, 100844, (2019).
- [2] Wang, W.; Luo, Q.; Li, B.; Wei, X.; Li, L.; Yang, Z. *Advance Functional Materials*. **23(8)**, 970, (2012).

Almacenamiento electroquímico de energía en cianoferratos mixtos ($M_1M_2[Fe(CN)_5H_2O]$, $M = Cu, Co$ y Fe)

CAE-P3

D. Avila-Monroy, J. Vazquez-Samperio, P. Acevedo-Peña, E. Reguera.
Instituto Politécnico Nacional, CICATA-Legaria. C.P.11500. CDMX, México.

*E-mail Responsable de la investigación: daniel_avila@comunidad.unam.mx

INTRODUCCIÓN

El mundo actual es dependiente de los combustibles fósiles, lo cual ha derivado en la escasez de energía, así como el aumento de emisiones de carbono, y como consecuencia han aumentado las preocupaciones ambientales críticas [1]. Además, la utilización de energías como: la energía solar, la eólica y la de hidrógeno, no solamente requiere de dispositivos de conversión de energía, sino que también se necesita de dispositivos de almacenamiento de energía, como por ejemplo: baterías de ion alcalinos (Li, Na y K), baterías de metal-aire y supercapacitores [2]. Los PBA's y sus derivados son materiales de electrodo prometedores para los dispositivos de almacenamiento de energía electroquímica, tales como las baterías recargables y supercapacitores híbridos [3], ya que su estructura zeolítica provee poros y un gran número de sitios activos para la inserción y transporte de iones.

METODOLOGÍA

Se sintetizaron compuestos simples y mixtos de Análogos de Azul de Prusia de Co, Fe y Cu, mediante el método de síntesis de precipitación. Posteriormente, se caracterizaron mediante técnicas analíticas estructurales. Finalmente se evaluó su desempeño en el almacenamiento de energía mediante técnicas electroquímicas.

RESULTADOS

A partir de los gráficos de IR y Raman, se observó el desplazamiento de la señal correspondiente grupo ciano, en función de la composición del material, y además se mostraron las señales correspondientes a las interacciones de los metales externos (Cu, Co y Fe) con el N del grupo ciano.

Por otra parte, a partir de los voltamperogramas

obtenidos, se mostró que el almacenamiento electroquímico de energía varía en función de la composición de los metales de transición en los PBA's y del electrolito del metal alcalino ($NaNO_3$ y KNO_3).

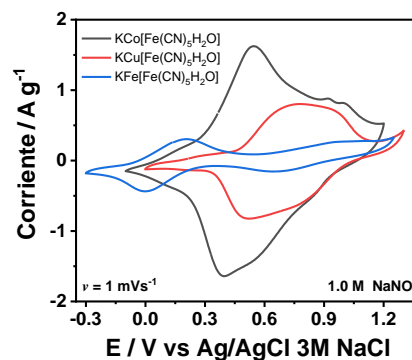


Figura 1. Voltamperogramas ($\nu = 1 \text{ mVs}^{-1}$) obtenidos para los materiales base, en una solución 1 M NaNO_3 .

CONCLUSIONES

Se logró sintetizar los compuestos de PBA's por separado y mixtos mediante el método de precipitación, y se evaluó el desempeño en el almacenamiento electroquímico de energía de cada uno de los PBA's en diferentes electrolitos ($NaNO_3$ y KNO_3)

REFERENCIAS

- [1] J. Chen, L. Wei, A. Mahmood, Z. Pei, Z. Zhou, X. Chen, Y. Chen (2019), *Energy Storage Materials*, 1-28, (2019).
- [2] W. Li, C. Han, G. Cheng, S.L. Chou, H.K. Liu and S. X. Dou, *Small*, 15, 1900470, 1-21, (2019).
- [3] J. A. Wang, Z. Zhang, X. Zhang, X. Yin, X. Li, X. Liu, F. Kang, B. Wei, *Nano Energy*, 39, 647-653.

Síntesis perovskitas de CsPbI₃ y CsPbBrI₂ para su aplicación en celdas solares fotovoltaicas

CAE-P4

C. M. Díaz Acosta¹, A. Martínez Luévanos^{1*}, E. N. Aguilar Gonzales¹, L. F. Cano Salazar¹, T. E. Flores Guía¹.

¹ Universidad Autónoma de Coahuila

*Email responsable de la investigación: aml15902@uadec.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Las celdas solares de tipo perovskita han presentado gran avance en los últimos años. Estas se componen esencialmente de tres capas (n-i-p), la primera es una película portadora de electrones conformada por materiales semiconductores de tipo n, la segunda capa (i) se constituye de perovskitas de haluros de plomo y un catión orgánico como el metil amonio o inorgánico como el Cs⁺ y una tercera capa semiconductor portadora de huecos (p). se ha reportado que las perovskitas orgánicas presentan menor estabilidad que las inorgánicas [1,2]. Por lo que este trabajo, se enfoca en la obtención y caracterización de películas semiconductoras compactas tipo n y las películas de perovskitas inorgánicas, para su aplicación en celdas solares de tipo perovskita.

METODOLOGÍA

La obtención de películas compactas de TiO₂, se realizó por spin coating, utilizando una disolución precursora de TiO₂ por la técnica de sol-gel, con precursor de tetraisopropóxido de titanio en medio ácido. Las películas porosas de TiO₂ se obtuvieron usando una dispersión de nanopartículas en etanol por rotación sobre la capa compacta. El tratamiento térmico aplicado fue de 450°C por 4 h. Seguido del depósito una capa de perovskitas de CsPbBrI₂ y CsPbI₃ mediante la técnica de un paso, con precursores de PbI₂, CsI y PbBr en DMSO. La caracterización de las películas de perovskitas/TiO₂/FTO, se realizó mediante difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y reflectancia difusa.

RESULTADOS

En la figura 1 se muestran los difractogramas obtenidos para las películas de perovskita sobre TiO₂ y FTO; se muestran los picos correspondientes a substratos, a las perovskitas inorgánicas, en la Figura

1, estas señales corresponden a una fase tetragonal inactiva de CsPbI₃ en 12.9°, 22.7° y 27.1° mientras que los observados en 14.4°, 25.6° y 28.8° corresponden a la perovskita cúbica fotoactiva. La banda prohibida se calculó mediante reflectancia difusa, la cual es de 1.73 eV misma que cambia a 2.4 eV cuando cambia a su fase inactiva para CsPbI₃. También se muestra la perovskita CsPbBrI₂ con picos asociados a la fase fotoactiva en 15.2° y 30.4°, con una banda prohibida de 1.9 eV la cual aumenta a 2.3 eV al pasar a una fase inactiva. [2].

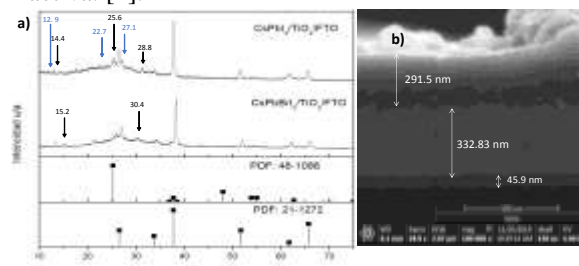


Figura 1. a) Difractogramas de CsPbI₃/TiO₂/FTO, CsPbBrI₂/TiO₂/FTO y patrones de difracción de FTO, y anatasa. b) micrografía de películas de TiO₂/FTO.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron perovskitas de CsPbI₃ y CsPbBrI₂, estas últimas presentaron mayor estabilidad a lo largo del tiempo bajo condiciones medioambientales, sin embargo, la estabilidad de ambos compuestos debe ser mejorada para su aplicación en celdas fotovoltaicas.

REFERENCIAS

- [1] J. Zhang, W. Liang, W. Yu, S. Yu, Y. Wu, X. Guo, *Small*, **14**, 1, (2018).
- [2] L. Zhang, B. Li, J. Yuan, M. Wang, T. Shen, *The Journal of Physical Chemistry Letters*, **9**(13), 3643, (2018).

Evaluación electroquímica de nanoestructuras de Pd con Cu, Co y Rh soportadas en óxido de grafeno para la electrooxidación de ácido fórmico

CAE-P5

V. A. Medina Rojano¹, M. G. Montes de Oca Yemha¹, M. A. Romero Romo¹, M. E. Palomar Pardavé¹, E. M. Arce Estrada².

¹ Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 180 Col. Reynosa-Tamulipas, Cd. de México, C.P. 02200, México.

² Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESIQIE-IPN, C.P. 07638 Cd. de México, México.

E-mail responsable de la investigación: mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se evalúa la actividad electrocatalítica de nanoestructuras de paladio aleado con Cu, Co y Rh, soportadas en óxido de grafeno (GO) por el método de impregnación, como electrocatalizadores para la reacción de electrooxidación del ácido fórmico (REAF) en medio ácido, los cuales tiene aplicación en las celdas de combustible (CsC) [1]. Las CsC son una opción de generación limpia, confiable y de alta eficiencia (40-90%) de energía, en comparación con el motor de combustión interna [2]. Las CsC de ácido fórmico directo (DFAFCs) son reconocidas ampliamente como dispositivos atractivos para la obtención de energía eléctrica directamente de la combustión de un producto químico y parecen ser capaces de ser utilizadas en una amplia gama de aplicaciones. Un reto en el desarrollo de la tecnología de las DFAFCs es la necesidad de preparar electrocatalizadores con propiedades atractivas para ser comercializados [3].

METODOLOGÍA

Síntesis y caracterización de nanoestructuras: Los electrocatalizadores fueron sintetizados por el método de impregnación (método químico). La evaluación electroquímica se efectuó mediante las técnicas de voltamperometría cíclica (VC) en 0.1 M HClO₄ a una velocidad de 20 mVs⁻¹. El área electroactiva se analizó mediante la oxidación de CO en 0.1 M HClO₄ a 20 mVs⁻¹. La REAF fue estudiada en 0.1 M HClO₄ + 1.0 M HCOOH, 20 mVs⁻¹ y posteriormente se realizaron los transitorios de densidad de corriente a 0.2 V en 0.1 M HClO₄ + 1.0 M HCOOH, como se muestra en la Figura 1.

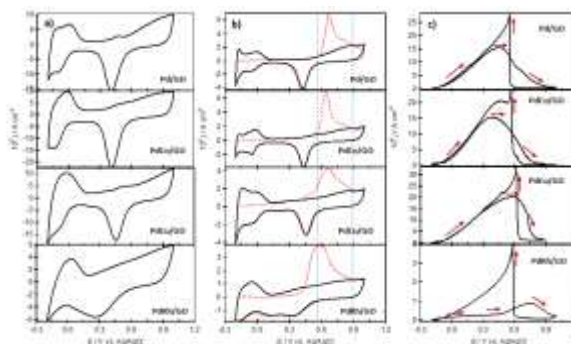


Figura 1. Evaluación electroquímica de los electrocatalizadores de Pd/GO, PdCu/GO, PdCo/GO y PdRh/GO. a) VC en 0.1 M HClO₄. b) Oxidación de CO en 0.1 M HClO₄. c) VC en 0.1 M HClO₄ + 1.0 M HCOOH.

CONCLUSIONES

La actividad electrocatalítica para la REAF fue evaluada a través de la densidad de corriente en estado estacionario de los electrocatalizadores. La mayor actividad electrocatalítica fue obtenida para PdCu/GO en relación con los demás electrocatalizadores sintetizados y un electrocatalizador comercial.

REFERENCIAS

- [1] N. Hoshi, K. Kida, M. Nakamura, M. Nakada, K. Osada, *Structural Effects of Electrochemical Oxidation of Formic Acid on Single Crystal Electrodes of Palladium*, *J. Phys. Chem.*, **110**, 12480, (2006)
- [2] N. M. Aslam, M. S. Masdar, S. K. Kamarudin, W. R. W. Daud, *Overview on Direct Formic Acid Fuel Cells (DFAFCs) as an Energy Sources.*, *Procedia APBEE*, **3**, 33, (2012).
- [3] A. O. Elnabawy, J. A. Herron, J. Scaranto, M. Mavrikakis, *Structure Sensitivity of Formic Acid Electrooxidation on Transition Metal Surfaces: A First-Principles Study*, *J. Electrochem. Soc.*, **165**, J3109, (2018).

Diseño de baterías ion litio para aplicaciones personalizadas

CAE-P6

M. Bautista Ramírez¹, H. J. Ávila Paredes², I. González Martínez²,
G. Ramos Sánchez^{1,2,3*}

¹Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, ²Catedrático CONACYT, ³Departamento de Química. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Av. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, C.P. 09340 Ciudad de México.

*Email responsable de la investigación: gramos@xanum.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Las baterías Ion-Li (BIL) han sido la tecnología dominante para el almacenamiento de energía en dispositivos móviles; sin embargo, para otras aplicaciones deben ser modificadas para lograr el fin específico. Por ejemplo, en los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT's), la BIL sólo permite un tiempo de vuelo de 20-40 min aprox., lo cual limita su funcionamiento como sistemas autónomos [1]. Para lograr mayor autonomía, en el presente trabajo se propone diseñar baterías para VANT con las características demandadas por el mercado actual. Partiendo de la modificación de parámetros de diseño en el compartimiento catódico (limitante del almacenamiento de energía); espesor, porosidad y tamaño de partícula. Además, con el apoyo de herramientas de simulación se propone determinar el efecto de otras variables que no sean fácilmente controlables durante los experimentos [2].

METODOLOGÍA

Este trabajo consta de 3 etapas: 1) Desarrollo de una metodología para la selección de materiales (cátodo, ánodo, electrolito y aditivos) y componentes de la BIL (colectores de corriente, y separador) 2) Preparación de electrodos variado parámetros de diseño como: porosidad, espesor y tamaño de partícula. Caracterización electroquímica y estructural 3) Simulación numérica (utilizando el modelo desarrollado por Newman (REF)).

RESULTADOS

Se han realizado avances en las 3 etapas de las que consta el proyecto. En este escrito sólo se abarcará la primera; elección de los diferentes componentes de la batería. El componente crítico es el material catódico, este determinará las propiedades de energía y potencia. Dentro de características deseadas de la BIL de VANT está la capacidad (2375 mAh), potencial (11.5 V),

densidad de energía (27.4 Wh), potencia (60 W), masa (140 g) y volumen (480 cm³). Se realizó una valoración cuantitativa de los materiales utilizados comercialmente.

Tabla 1. Valoración cuantitativa de los materiales para cátodos.

Material catódico	Capacidad real [mAh/g]	Voltaje nominal [V]	Conductividad electrónica [Scm ⁻¹]
LiNiMnCoO ₂ (NMC)	160	3.7	~10 ⁻⁴
LiNi _{0.5} Mn _{1.5} O ₄ (LNMO)	~103	4.7	10 ⁻⁵
LiCoPO ₄ (LCP)	125	4.8	<10 ⁻⁹

20% Desempeño	40% Desempeño	60% Desempeño	80% Desempeño	100% Desempeño
------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

El NMC ha sido seleccionado como material catódico debido a la mayor densidad energética y conductividad que permitirá el uso de altas tasas de carga/descarga. El proceso de elección fue automatizado, tomando en cuenta estas y otras propiedades, facilitando la extrapolación de los requerimientos específicos de la batería.

CONCLUSIONES

Se seleccionaron los materiales y componentes de la BIL para VANT, los cuales serán utilizados en las pruebas experimentales y comparados con las simulaciones numéricas hasta alcanzar las características deseadas de la batería.

REFERENCIAS

- [1] T. Campi, S. Cruciani, F. Maradei, M. Feliziani, *Journal energies*, **12**, 1, (2019).
[2] E. Hosseinzadeh, J. Marco, P. Jennings, *Applied Mathematical Modelling*, **61**, 107, (2018).

Agradecimientos: Este trabajo fue financiado por CONACYT, CB 2017-2018 A1-S-15770, PN2016 project 2551, INFR-2011-1-163234, Project 300311.

Caracterización electroquímica de electrolitos líquidos para celdas de ion litio, sodio y potasio

CAE-P7

A. González-Gutiérrez¹, G. Ramos-Sánchez^{1,2,3}, E. J. Canto-Aguilar^{1*}, I. González¹.

¹ Departamento de química, ² Departamento de IPH, UAM-Iztapalapa, Ciudad de México 09340, México. ³ CONACYT

*Email responsable de la investigación: esdrasreynolds@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las baterías de ion-litio han dominado el mercado de dispositivos de almacenamiento de energía, debido a su alta densidad energética gravimétrica como volumétrica; sin embargo, el alto costo de la materia prima y la pequeña cantidad del litio en la corteza terrestre han limitado su uso en aplicaciones a gran escala. Lo anterior motiva la necesidad de diseñar nuevos sistemas basados en iones de metales alcalinos, abundantes y de bajos costos como el sodio y potasio. El electrolito es el principal componente para que ocurra transporte de carga dentro de una batería, y es el que determina los potenciales límite de operación. En el siguiente trabajo se realiza la evaluación electroquímica de diferentes soluciones electrolíticas de sales de Li, Na y K, en diferentes solventes orgánicos. A partir de los datos obtenidos se determinó la ventana de estabilidad electroquímica, conductividad iónica y solubilidad de la sal, entre otros parámetros.

METODOLOGÍA

Se ha preparado una serie de electrolitos en base a hexafluorofosfatos, percloratos y bistriflimidas de litio, sodio y potasio, en una mezcla de carbonatos (etilen carbonato/etil metil carbonato/dimetil carbonato 1:1:1 v/v) o tetraglyme (tetraetilenglicol dimetil eter), a una concentración 1M. La caracterización electroquímica de dichas soluciones se realizó mediante voltamperometría cíclica (sobre láminas de Al-carbón o Cu-carbón como electrodos de trabajo y Li, Na o K como contra electrodo) y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) con electrodos bloqueantes. Se ha evaluado la solubilidad de las sales en las mezclas de solventes de forma visual, lo cual ha sido seleccionado como el primer criterio a cumplir para su caracterización y uso en baterías.

RESULTADOS

Durante la preparación de los electrolitos, se ha observado una alta solubilidad de los hexafluorofosfatos de Li, Na y K en carbonatos, no así en el caso del tetraglyme en el cual el NaPF₆ y el KPF₆ mostraron mala solubilidad. Los percloratos de Li y Na tienen buena solubilidad en carbonatos al igual que en tetraglyme, mientras que el perclorato de K no es soluble. La bistriflimida de Li se disolvió en ambos solventes. De la caracterización por voltamperometría cíclica se observa que los electrolitos en base a carbonatos muestran un proceso de reducción a valores cercanos a 1 V vs M/M⁺, lo que causa procesos irreversibles en la superficie del electrodo y disminuye la corriente en los ciclos siguientes. Por otra parte, la oxidación de los electrolitos a potenciales mayores a 4 V vs M/M⁺ no ha sido observada, salvo para el LiPF₆. Diferente a lo anterior, los electrolitos en base a tetraglyme no muestran reducción apreciable, pero si oxidación a 4-4.5 V vs M/M⁺ con densidades de corriente de 5 a 10 veces mayores a las observadas en los electrolitos en base a carbonatos.

CONCLUSIONES

Se han preparado electrolitos en base a diferentes sales de Li, Na y K y solventes orgánicos para su aplicación en baterías de ion-alcalino. Se observó una fuerte dependencia de la solubilidad de las sales con el solvente utilizado, y de forma más importante, sobre la ventana de estabilidad electroquímica, en donde los carbonatos muestran ser más propensos a reducirse a 1 V vs M/M⁺, mientras que el tetraglyme en oxidarse a potenciales cercanos a 4 V vs M/M⁺.

Este trabajo fue apoyado por el CONACYT, a través de ciencia básica 2017-2018 A1-S-15770, PN2016 proyecto 2551, INFR-2011-1-163234 proyecto 300311.

Electrocatalizadores de Pd, PdCu y PdCo soportados en óxido de grafeno sintetizados por el método SHS para la reacción de electrooxidación de ácido fórmico

CAE-P8

V. A. Medina Rojano¹, M. G. Montes de Oca Yemha¹, M. A. Romero Romo¹, M. E. Palomar Pardavé¹, E. M. Arce Estrada².

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

² Departamento de Ingeniería Metalúrgica. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, ESQIE-IPN, C.P. 07638 Cd. de México, México.

E-mail responsable de la investigación: mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación, se evalúa la actividad electrocatalítica de nanoestructuras base Pd sintetizados por el método SHS (Self-Propagating High-Temperature Synthesis) [1], el cual consistió en la obtención de materiales de tamaños nanométricos con el mínimo aporte energético sin aplicar elevadas temperaturas. El método de síntesis está sujeto a las reacciones químicas que se producen al mezclar un reactivo con otro ya sea sólido-sólido o sólido-gas. Los mecanismos que rigen la generación de la nueva fase en la mayoría de los casos sólido-sólido, es la difusión y para el caso de sólido-gas, la relación de superficies (quimisorción) [2].

METODOLOGÍA

Los electrocatalizadores fueron sintetizados por el método SHS con proporciones 80% óxido de grafeno y 20% metal. La evaluación electroquímica se efectuó mediante las técnicas de voltamperometría cíclica (VC) en 0.1 M HClO₄ a una velocidad de 20 mVs⁻¹. El área electroactiva se analizó mediante la oxidación de CO en 0.1 M HClO₄ a 20 mVs⁻¹. El estudio de la electrooxidación de ácido fórmico fue estudiado en 0.1 M HClO₄ y 1.0 M HCOOH, 20 mVs⁻¹. Posteriormente, se realizaron los transitorios de densidad de corriente a 0.2 V en mismo electrolito que la voltamperometría cíclica para la REAF.

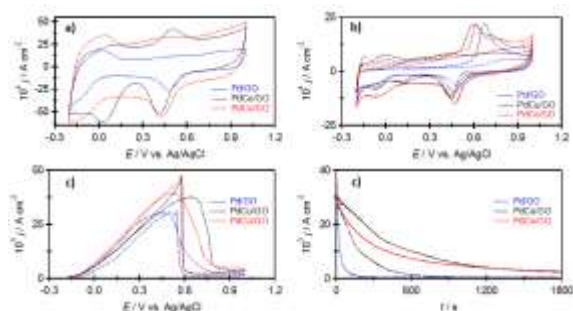


Figura 1. Evaluación electroquímica de los electrocatalizadores de Pd/GO, PdCu/GO y PdCo/GO. a) VC en 0.1 M HClO₄, 20 mVs⁻¹. b) Área electroactiva a través de la oxidación de CO en 0.1 M HClO₄, 20 mVs⁻¹. c) Electrooxidación de ácido fórmico en 0.1 M HClO₄ + 1.0 M HCOOH, 20 mVs⁻¹. d) Transitorios de densidad de corriente a 0.2 V en el mismo electrolito que el inciso c).

CONCLUSIONES

La actividad electrocatalítica para la REAF fue evaluada para Pd/GO, PdCu/GO y PdCo/GO, a través de la densidad de corriente en estado estacionario. LA mayor actividad catalítica fue observada para PdCu/OG y PdCo/OG para 0.2 y 0.4 V, respectivamente.

REFERENCIAS

- [1] J. Subrahmanyam, M. Vijayakumar, *Self-propagating high-temperature synthesis*, *J. Mater. Sci.*, **27**, 6249 (1992).
- [2] A. G. Merzhanov, *The Chemistry of self-propagating high-temperature synthesis*, *J. Mater. Chem.*, **14**, 1779, (2004).

Fabricación de Ánodos Nanoestructurados de Zinc para Baterías Zinc-Aire

CAE-P9

R. Mayén-Mondragón^{1*}, M. Navarrete², J. Genescá-Llongueras¹

¹Facultad de Química, ²Instituto de Ingeniería,

Polo Universitario de Tecnología Avanzada, Universidad Nacional México, Vía de la Innovación
420, Autopista Monterrey Aeropuerto Km 10, PIIT, Apodaca, N. L. 66629, México

*E-mail responsable de la investigación: rmayen@unam.mx

INTRODUCCIÓN

Las baterías metal-aire se han mostrado sumamente prometedoras debido a su elevada densidad de energía por unidad de peso. Están constituidas por un metal ligero y fuertemente reductor (electrodo negativo) que típicamente es litio, hierro, aluminio, magnesio o zinc, y por una estructura de material carbonoso donde tiene lugar la reacción de reducción del oxígeno del aire (electrodo positivo). Al no necesitar almacenar uno de los reactivos en el cuerpo de la batería, se reduce su volumen y peso, aumentando así su capacidad de almacenamiento de energía por kilogramo (comparando con baterías convencionales). [2] Las baterías litio-aire, que se han investigado abundantemente presentan, sin embargo, problemas de recarga, seguridad y costo. En comparación, las baterías de zinc-aire parecen ser una de las opciones más viables en la práctica ya que poseen varias características deseables como alta densidad de energía teórica, buena seguridad y compatibilidad con el medio ambiente. Adicionalmente, como México ocupa uno de los primeros puestos a nivel mundial en producción del metal, éste último se vuelve accesible a gran escala y económico. La densidad de energía teórica de la batería zinc-aire es 1086 W h/kg, aproximadamente 5 veces mayor que la de ion litio; su costo operativo se estima en menos de \$10 USD / kW h. La batería primaria de zinc-aire es una tecnología madura que ya se ha aplicado con éxito en el mercado. Sin embargo, las baterías de zinc-aire recargables eléctricamente o mecánicamente flexibles todavía están en su etapa infantil y se enfrentan a muchos desafíos.

METODOLOGÍA

Se fabricaron las nanopartículas de zinc vía reducción química en solución acuosa, utilizando

nitrito de zinc, borohidruro de sodio y citrato de sodio como estabilizante. Paralelamente, se fabricaron membranas poliméricas de microesferas polidispersas de poli-metil metacrilato (PMMA), de acuerdo al procedimiento indicado en [1]. La suspensión estable de nanopartículas fue introducida junto con las membranas de PMMA a una celda de impregnación electroforética. Tras aplicación del voltaje requerido en la celda, se impregnaron los poros de las membranas de PMMA con las nanopartículas de zinc. Las membranas así impregnadas se introdujeron en un horno tubular, bajo atmósfera reductor, para pirólisis del polímero y sinterización del metal. Los electrodos se caracterizaron electroquímicamente por espectroscopia de impedancia.

RESULTADOS

Se han obtenido suspensiones estables de nanopartículas de zinc por el método de reducción química. Se está realizando su caracterización de tamaño de partícula mediante la técnica de espectroscopia de impedancia a altas frecuencias (dielectricidad). Las membranas de PMMA se han podido impregnar parcialmente, pero por ello, durante el tratamiento térmico no se ha logrado consolidar apropiadamente el electrodo metálico.

CONCLUSIONES

El proceso de impregnación electroforética se ha demostrado exitoso, sin embargo, es necesario todavía afinar los parámetros de operación para lograr una impregnación más densa de la membrana de PMMA y poder consolidar mejor el electrodo de zinc.

REFERENCIAS

[1] R. Mayén-Mondragón, G. Falk, R. Clasen. *Journal of the American Ceramic Society*, **95**, 593, (2012).

Preparación de electrodos bifuncionales para baterías de flujo de Zn-aire

CAE-P10

J. E. Ruiz Rocha^{1*}, J. S. Jaime Ferrer², S. Gutiérrez Granados¹.

¹División de Ciencias Naturales y Exactas, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato.

² Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas.

*E-mail Responsable de la investigación: je.ruizrocha@ugto.mx

INTRODUCCIÓN

El uso de baterías de tipo metal aire como sistemas estacionarios, aparecen como una solución al problema de intermitencia en la generación de energía de las energías renovables. Sin embargo, todavía es necesario aumentar la potencia del sistema, así como su ciclabilidad. El elemento de la batería que presenta la mayor limitante es el electrodo de aire, donde se realiza la evolución (OER) y reducción (ORR) de O₂ [1]. En este trabajo se propone un sistema de electrodo-capa de difusión de gases polimérica preparado en una gran parte por la técnica de electrospinning. Esta técnica, a diferencia de los métodos tradicionales, permite controlar parámetros importantes de la membrana como lo es el espesor, la porosidad y su composición. También puede ser usada para fabricar fibras precursoras de fibras de carbón [2,3].

METODOLOGÍA

Los electrodos elaborados consisten en un foami de Níquel que actúa como colector de corriente y catalizador (OER) y otra capa de MnO₂ como material catalizador (ORR), soportado en fibras de carbón preparadas por calcinación de fibras poliméricas de PAN preparadas por electrospinning. Estas fibras de carbón a su vez están soportadas en el foami de Níquel. En otro caso se soporta directamente el MnO₂ sobre el de foami de Níquel. Posteriormente se les acopló como capa de difusión de gases una membrana de PECH-DABCO reforzadas con PAN, preparadas con la técnica de electrospinning. Posteriormente, se estudiaron los electrodos en un sistema de pruebas electroquímicas, donde se realizaron caracterizaciones de voltametría cíclica y estudios de carga-descarga.

RESULTADOS

En el caso de los electrodos de MnO₂ soportado en fibras de carbón, el valor de capacidad de

almacenamiento de energía disminuye al conservar un valor aproximado de 0.15 mAh/cm² previo a la descarga total, mostrado en la Figura 1. Sin embargo, presenta una pendiente de descarga más suave que en el presentado por el electrodo del catalizador soportado directamente en el foami de Níquel.

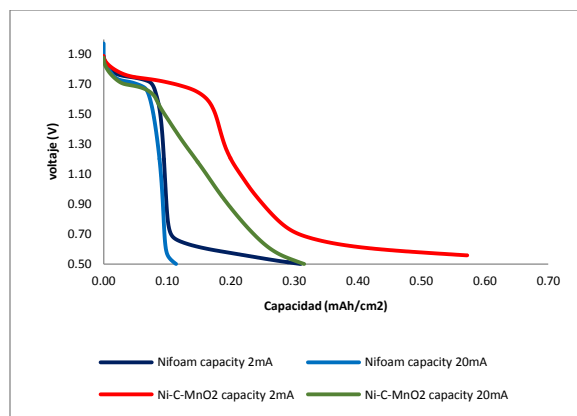


Figura 1. Curvas de descarga galvanostática de los diferentes electrodos preparados.

CONCLUSIONES

En base de los resultados obtenidos, los diferentes electrodos preparados permiten soportar el MnO₂ en las fibras de carbón con un mejor desempeño, comparado con un método de soporte directo en el foami de Níquel.

REFERENCIAS

- [1] M. Wu, et. al., Energy Storage Mater., **21**, 253, (2019).
- [2] S. Gee, B. Johnson, and A. L. Smith, J. Memb. Sci., **563**, no. June, 804, (2018).
- [3] K. Li, et. al., J. Environ. Sci., **75**, 277, (2019).

Electrodeposición de nanopartículas de Pd a partir de Cloruro de colina y Urea como disolvente eutéctico profundo y su aplicación para la oxidación de ácido fórmico.

CAE-P11

L. Juárez-Marmolejo¹, B. Maldonado-Teodocio¹, M. G. Montes de Oca-Yemha¹, M. Romero-Romo¹, E. M. Arce-Estrada², A. Ezeta-Mejía², M. T. Ramírez-Silva³, J. Mostany⁴, M. Palomar-Pardavé^{1*}.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales

²Instituto Politécnico Nacional, ESQIE.

³Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Química,

⁴Universidad Simón Bolívar, Depto. de Química

*E-mail Responsable de la investigación: mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Los Disolventes Eutécticos Profundos (DES) presentan una serie de ventajas para la electrodeposición de metales [1,2]. Espino-López, et al., obtuvo nanopartículas (NPs) de Pd sobre una superficie de carbón vítreo empleando un DES, permitiendo evaluar la reacción de oxidación de ácido fórmico (ROAF) [3]. En el presente trabajo, se evaluó la ROAF en medio ácido usando NPs de Pd sintetizadas por el método de electrodeposición. Los resultados mostraron que el potencial de electrodeposición que presentó mejor desempeño frente a la ROAF fue -750 mV.

METODOLOGÍA

NPs de Pd fueron sintetizadas a partir del método de electrodeposición usando un DES, basado en una mezcla de cloruro de colina y urea (relíne) en una relación molar 1:2. La temperatura de trabajo fue 70 °C, las NPs obtenidas fueron electrodepositadas a diferentes potenciales. Técnicas electroquímicas y fisicoquímicas fueron empleadas para conocer morfología, composición del depósito y actividad másica.

RESULTADOS

La ROAF fue evaluada a diferentes potenciales de La ROAF fue evaluada a diferentes potenciales de electrodeposición, la mejor actividad másica la presentó el electrodeposición de -750 mV, obteniendo 2189 $\text{mA}\cdot\text{mg}^{-1}\text{Pd}$, seguidos los potenciales de -700 y -900 mV con 1896 y 1701 $\text{mA}\cdot\text{mg}^{-1}\text{Pd}$, respectivamente. Sin embargo, en términos del parámetro de densidad de

corriente anódica estacionaria (j_{ss}) de Pd a -700 mV fue el de mayor actividad másica a los potenciales de 0.2, 0.4 y 0.6 V.

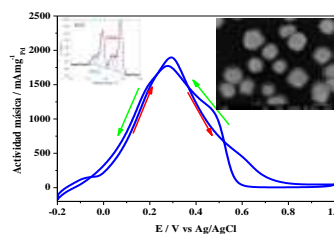


Figura 1. Voltamperograma cíclico experimental de la ROAF en 0.5 M H_2SO_4 + 2.0 M HCOOH y $v = 100 \text{ mVs}^{-1}$ de las NPs electrodepositadas a -750 mV.

CONCLUSIONES

Los electrodeposiciones obtenidos presentaron morfología core-shell y tamaños de partícula de entre 30-60 nm. El comportamiento de los electrocatalizadores formados sugiere que son tolerantes al envenenamiento. El electrocatalizador que mayor actividad másica mostró fue Pd_{-750} , seguido Pd_{-700} y Pd_{-900} .

REFERENCIAS

- [1] Q. Zhang, KDO. Vigier, S. Royer, F. Jérôme, *Chemical Society Reviews*, **41**, 7108, (2012).
- [2] E. Durand, J. Lecomte, P. Villeneuve, *European Journal of Lipid Science and Technology*, **115**, 379, (2013).
- [3] I. E. Espino-López, M. Romero-Romo, M. G. Montes de Oca-Yemha, P. Morales-Gil, M.T. Ramírez-Silva, J. Mostany, M. Palomar-Pardavé, *Journal of The Electrochemical Society*, **166**, D3204, (2019).

Nanopartículas de Pd electrodepositadas a partir de un disolvente eutéctico profundo (DES) para la oxidación de metanol

CAE-P12

L. Juárez-Marmolejo¹, B. Maldonado-Teodocio¹, M. G. Montes de Oca-Yemha¹, M. Romero-Romo¹, E. M. Arce-Estrada², A. Ezeta-Mejía², M. T. Ramírez-Silva³, J. Mostany⁴, M. Palomar-Pardavé^{1*}.

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Materiales

²Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE.

³Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Departamento de Química,

⁴Universidad Simón Bolívar, Depto. de Química

*E-mail Responsable de la investigación: mepp@correo.azc.uam.mx

INTRODUCCIÓN

Las celdas de combustible (CsC) de metanol han generado un interés en el desarrollo de energías limpias. Nanopartículas (NPs) de Pd y sus aleaciones han sido empleados en este tipo de CsC [1,2]. Los métodos de síntesis comprenden métodos químicos y electroquímicos [3,4]. En el presente trabajo, se evaluó la reacción de oxidación de metanol (MOR) en medio básico usando NPs de Pd sintetizadas a partir de cloruro de colina y urea (reline) como disolvente eutéctico profundo (DES). Los resultados mostraron que el potencial de depósito que presentó mejor desempeño frente a la MOR fue -700 mV.

METODOLOGÍA

NPs de Pd las fueron sintetizadas a partir del método de electrodeposición usando un DES, basado en una mezcla de cloruro de colina y urea en una relación molar 1:2, la temperatura de trabajo fue 70 °C, las NPs obtenidas fueron electrodepositadas a 3 diferentes potenciales. Técnicas electroquímicas y fisicoquímicas fueron empleadas para conocer morfología, composición del depósito y actividad másica.

RESULTADOS

La mayor actividad másica frente a la MOR la presentó el electrodeósito de -700 mV obteniendo 2869.18 mA_g⁻¹_{Pd}, seguidos los potenciales de -750 y -900 mV con 2255.92 y 1987.63 mA_g⁻¹_{Pd}, respectivamente. Los resultados mostraron que el mejor desempeño en términos del parámetro de densidad de corriente anódica estacionaria (j_{ss}) para los electrodeósitos de Pd fue a -750 mV al potencial aplicado en la MOR de -0.1 V.

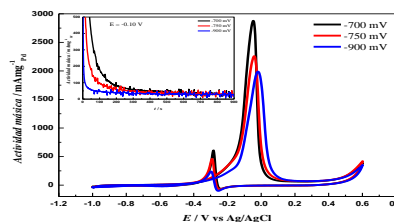


Figura 1. Voltamperograma cíclico experimental de la MOR en 0.1 M KOH + 1.0 M CH₃OH y $v = 100$ mV s⁻¹ de las NPs obtenidas a los 3 potenciales de depósito.

CONCLUSIONES

Se estudió la MOR en medio básico para los diferentes potenciales de electrodeósito los resultados permitieron conocer el potencial que mayor actividad másica presenta frente a la MOR. El electrocatalizador que mayor actividad másica mostró fue Pd₋₇₅₀, seguido Pd₋₇₀₀ y Pd₋₉₀₀.

REFERENCIAS

- [1] A. Safavi, H. Kazemi, S. H. Kazemi, *Journal of Power Sources*, **256**, 354, (2014).
- [2] Y. Zhao, X. Yang, J. Tian, F. Wang, L. Zhan, *International Journal of Hydrogen Energy*, **35**, 3249, (2010).
- [3] R. J. White, R. Luque, V. L. Budarin, J. H. Clark, D. J. Maccuarrie, *Chemical Society Reviews*, **38**, 481, (2009).
- [4] G. Sharma, D. Kumar, A. Kumar, A. H. Al-Muhtaseb, D. Pathania, M. Naushad, G. T. Mola, *Materials Science and Engineering*, **C71**, 1216, (2017).

Desarrollo de una batería primaria Alcalina Zn-Ag₂O/Ag (Nanoalambres)

CAE-P13

A. Romero Ortiz¹, N. Casillas Santana^{1*}, A. G. González Gutiérrez

¹Departamento de Química, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán, 1421, esq. Calzada Olímpica, C.P. 44430 Guadalajara, Jalisco, México.

*Email responsable de la investigación: ncasa@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las baterías son dispositivos de energía química que puede transformarse en energía eléctrica por medio de reacciones redox, después de aplicar una demanda de corriente. En particular, las baterías de Ag₂O-Zn poseen una de las densidades de energía teórica más elevadas (434 W-h/Kg) con un potencial de 1.856 V, fueron utilizadas en el suministro de energía del satélite Sputnik lanzado por la agencia espacial rusa [1] No obstante su elevada densidad de energía, en comparación con otras baterías, existe la posibilidad de incrementar su desempeño en términos del almacenamiento de energía, mediante la incorporación nanoalambres de Ag. [2]

Este trabajo se orienta al desarrollo de una batería primaria que emplea ánodos de Zn y un cátodo de nanoalambres de plata recubiertos de óxido de plata en medio alcalino. La celda completa se representa de forma simplificada como: Zn/ZnO₂²⁻, NaOH(2M)//Ag₂O/Ag (nanoalambres). La intención del uso de nanoalambres de Ag en el cátodo es para incrementar el área electroactiva de la batería y mejorar su capacidad de almacenamiento.

METODOLOGÍA

Los electrodos de Zn y Ag se preparan por laminado y corte. El separador es de tipo celulósico recuperado de una batería de plomo ácido. El electrolito es una solución 3 M NaOH. Los nanoalambres se sintetizan en una solución de AgNO₃, PVP, etilenglicol, NaCl 0.3mM. La caracterización voltamperométrica de los electrodos se hace en un potenciostato Autolab y una celda de tres electrodos convencional. La caracterización de los nanoalambres se efectúa por medio de SEM, TEM y rayos-X. Las curvas de descarga se obtienen mediante un arreglo experimental empleando una resistencia 1 kΩ, el uso

del programa LabView y una tarjeta A/D Arduino.

RESULTADOS

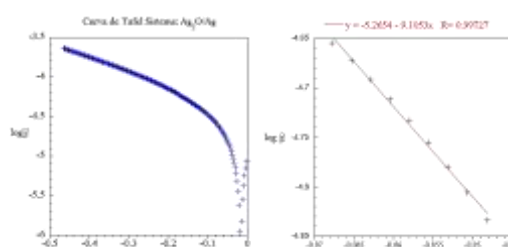


Figura 1. Curvas de Tafel y grafica Lineal del sistema Ag₂O/Ag.

CONCLUSIONES

Los resultados voltamperométricos para Ag en medio alcalino, muestran dos picos de oxidación de la plata asociados a la formación de Ag₂O y Ag₂O₃. La caracterización cinética de la Ag muestra una densidad de corrientes de intercambio de 7.26x10⁻⁶ A/cm² y un valor del coeficiente de transferencia, α=0.38, en cambio para el cinc de 7.19x10⁻⁵ A/cm². Ambos valores de j₀ corresponden a sistemas cinéticamente lentos. La batería sin la impregnación de los nanoalambres desarrolló un potencial de circuito abierto de 1.87 V después de un tiempo de carga de aproximadamente 24 h a una densidad de corriente inicial de 50 mA. La curva de descarga mostró una liberación de 1.83 mA-h después de 2 horas de descarga a través una resistencia de 1000 Ω.

REFERENCIAS

- [1] José Fullea García., *Acumuladores Electroquímicos*, McGraw Hill, (1998).
- [2] Chang, Raymond, «*Electroquímica*». *Química (Novena Edición edición)*, McGraw Hill. (2007)

Estudio de NaCuO₂ como material catódico en baterías de intercalación de ion-A (A=Li, Na o K)

CAE-P14

G. I. Espinosa-Salgado¹, C. Juárez-Yescas¹, M. A. Martínez-Cruz¹, G. Ramos-Sánchez^{1,2*}, M. Oliver-Tolentino¹, I. González¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana- Iztapalapa, Departamento de Química,

²Departamento de IPH, 09340, Ciudad de México

*Email responsable de la investigación: gramossa@conacyt.mx

INTRODUCCIÓN

Por la implementación a grande escala de fuentes de energía renovables, es necesario diseñar materiales para almacenar energía de manera eficiente, económica, limpia. Las baterías de litio, hoy en día, se están implementando cada vez con mayor impacto en el mercado energético gracias a sus propiedades como alta densidad energética y alta ciclabilidad, ofreciendo la posibilidad de elegir entre baterías de bajo y alto voltaje. Sin embargo, unos argumentan que la abundancia de litio eventualmente resultara en costos altos para los sistemas de almacenamiento [1].

Partiendo de trabajos previos con Li₂CuO₂ [2,3], en este trabajo se sintetiza NaCuO₂ para aplicación en baterías de intercalación (Li, Na y K), particularmente Na y K por su mayor abundancia que Li (2.3%, 1.5% y 0.0017% respectivamente).

METODOLOGÍA

El NaCuO₂ se sintetizó mediante una reacción en estado sólido, utilizando CuO y Na₂O como precursores. La reacción se llevó a cabo a 450 °C durante 10h con una rampa de calentamiento de 5° C min⁻¹. Las pruebas electroquímicas se llevaron a cabo usando un potenciostato VMP3 de Biologic. Las celdas se ensamblaron en un ambiente inerte de Ar con concentraciones de O₂ y H₂O inferiores a 0.5 ppm. Los electrodos de los materiales sintetizados fueron elaborados según la siguiente composición: 75% material de activo (NaCuO₂), 15% Carbon-SP y 10% fluoruro de polivinilideno (PVDF). Usando Li, Na o K metálico como contraelectrodo. Las pruebas de rayos x in situ se llevaron a cabo en una celda ECC-Opto Std.

RESULTADOS

Mediante difracción de rayos-X, se confirmó la obtención de NaCuO₂, con una pureza del 80%, donde CuO no consumido en la síntesis es la mayor impureza. Los resultados preliminares muestran capacidades

iniciales de descarga de (90 mAh g⁻¹) a 0.05 C, descargando hasta 0.75 V (Fig. 1 (a)). Los experimentos de DRX *in situ* sugieren que la respuesta electroquímica es asociada a procesos redox en la fase NaCuO₂, ya que picos de difracción asociados a la fase disminuyen en intensidad en función del estado de carga de la batería. Adicionalmente, se observan la presencia de un máximo 23.78 ° y un cambio de relación de intensidades de picos de difracción señalados en la Fig 1(b).

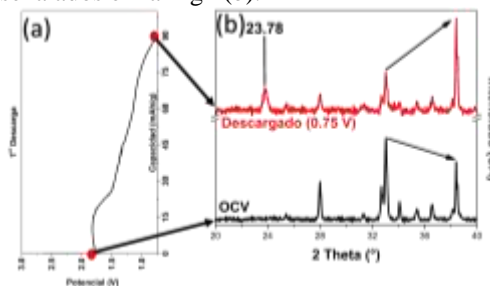


Figura 2. Perfil de descarga característico de una celda Na⁰/1 M NaPF₆/NaCuO₂ a 0.05 C.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares sugieren que el material propuesto es electroquímicamente activo, con capacidades importantes para sistemas de sodio. Además, los estudios *in situ* indican que se lleva a cabo la reducción de Cu³⁺ a Cu²⁺, y formando la fase con Na_{1+x}CuO₂.

REFERENCIAS

- [1] C. Vaalma, D. Buchholz, M. Weil, S. Passerini, *Nat. Rev. Mater.*, **3**, 1, (2018).
- [2] G. Ramos-Sanchez, et al., *Solid State Ionics*, **303**, 89, (2017).
- [3] C. Juárez-Yescas, et al., *ACS Appl. Energy Mater.*, DOI: 10.1021/acsaem.9b02429, (2020).

Trabajo financiado por CONACYT Ciencia Básica 2017-2018 A1-S-15770, PN2016 proyecto 2551, INFR-2011-1-163234, proyecto 300311.

Estudio por DEMS de la reducción electrocatalítica del CO₂ sobre electrodos de Sn, Bi y Sn-Bi

CAE-P15

C. X. Tirado López¹, M. Luna Trujillo², A. Manzo Robledo², A. Ezeta Mejía¹,
E. M. Arce Estrada^{1*}

¹ Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Dpto. de Metalurgia y Materiales. UPALM, CDMX, México, 07738.

² Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Laboratorio de Electroquímica. Edif. Z5, 3er piso. CDMX, México, 07738.

*Email responsable de la investigación: earce@ipn.mx

INTRODUCCIÓN

El CO₂ es considerado como uno de los principales responsables del calentamiento global, aunque otros como el metano, los clorofluorocarbonos (CFC) y el óxido nitroso contribuyen también al efecto invernadero¹. El CO₂ se produce y consume en el ciclo del carbón, sin embargo, debido a las actividades inherentes al hombre, se consumen cantidades significativas de combustibles fósiles y carbón, liberándose un volumen importante de CO₂ a la atmósfera. La reducción electroquímica del dióxido de carbono, RRCO₂, es una alternativa sustentable para generar y almacenar energía en forma de productos químicos y combustibles de valor agregado, tales como el ácido fórmico, metano, metanol, etano, etileno, etanol y otros hidrocarburos.

METODOLOGÍA

En este trabajo se estudia la actividad de nanocatalizadores de Sn, Bi y Sn-Bi soportados en carbón Vulcan. Las nanopartículas fueron obtenidas por molienda mecánica y molienda reactiva.

RESULTADOS

El tamaño de partícula determinado por DRX fue del orden de 50 nm. MEB, EDS y mapeo mostraron que las partículas se encuentran aglomeradas, oxidadas y en el caso del Sn-Bi se formó una aleación. Los estudios electroquímicos, voltamperometría cíclica y espectroscopia de masas, DEMS, realizados en soluciones de KHCO₃ 0.1 M y KHCO₃ 0.1 M + [EMIM]⁺[N(CN)₂]⁻ pusieron en evidencia la selectividad y conversión de los electrocatalizadores en la reacción de reducción del CO₂ y los diferentes productos formados.

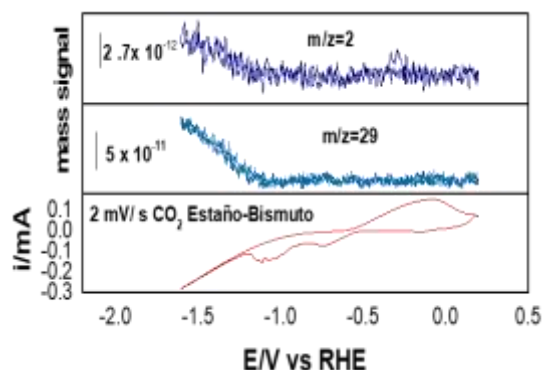


Figura 1. Identificación por DEMS de los productos formados sobre Sn-Bi (hidrógeno y formaldehído)

CONCLUSIONES

La composición del medio electrolítico juega un papel importante en la RRCO₂.

La presencia de LI incrementa la corriente de la RRCO₂ y disminuye la del HER, requiriéndose además de un menor sobrepotencial.

La técnica de DEMS es una herramienta con gran potencial para el estudio de la RRCO₂ debido a que permite la identificación de la amplia variedad de productos formados.

REFERENCIAS

- [1] Figueroa, J. D., Fout, T., Plasynski, S., McIlvried, H., & Srivastava, R. D. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, **2**(1), 9, (2008).
[2] Aghaie, M., Rezaei, N., & Zendehboudi, S. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **96**, 502 (2018).

Efecto de la composición y de la porosidad de cátodos basados en $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ - $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{2-x}$ en la resistencia de polarización

CAE-P16

L. M. Díaz Chávez, H. J. Ávila Paredes

Departamento de Ing. de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, Ciudad de México.

*Email responsable de la investigación: leslie19920402@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Ante la búsqueda y desarrollo de sistemas alternativos para la generación de electricidad, las celdas de combustible tipo óxido sólido (SOFC) presentan ventajas como una alta eficiencia de conversión de energía, flexibilidad en el uso de combustible y bajos o nulos niveles de contaminación y ruido. Las SOFC generalmente operan a temperaturas cercanas a 1000 °C, sin embargo, para prevenir la degradación de algunos de sus componentes y la restricción del uso de materiales distintos a cerámicos, se busca desarrollar SOFC que operen a temperaturas en el intervalo de 500 a 700 °C. En dicho intervalo, entre los mejores candidatos para electrolito se encuentran ceria dopada y para el cátodo, compósitos de $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ - $\text{Ce}_{0.8}\text{Gd}_{0.2}\text{O}_{2-x}$ (LSM/GDC) [1]. El desempeño de una SOFC depende significativamente de la resistencia de polarización de sus electrodos, la cual a su vez depende de la composición y microestructura [2]. En este trabajo se analizará el efecto de la composición y de la porosidad de cátodos basados en LSM-GDC en la resistencia de polarización.

METODOLOGÍA

Se prepararon celdas simétricas con cátodos basados en $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.8}\text{O}_{3-\delta}$ (LSCF; LSCF-GDC/GDC/LSCF-GDC) para la puesta a punto de las técnicas de caracterización. También se prepararon celdas simétricas de LSM-GDC/GDC/LSM-GDC. La relación molar de LSM: GDC se varió en el intervalo de 40-70 %P, mientras que el porcentaje de porosidad de los electrodos se varió entre 8 y 20 % P. Las muestras se caracterizaron por espectroscopía de impedancia en un intervalo de temperatura de 500 – 700 °C en atmósfera de aire; se aplicó una señal sinusoidal de voltaje de amplitud de 10 mV, en un intervalo de frecuencia de 0.1 mHz a 1 MHz. La

porosidad se estimará con base en imágenes de microscopía electrónica de barrido.

RESULTADOS

La técnica de espectroscopía de impedancia permitió resolver las propiedades eléctricas del electrolito y electrodos de las celdas simétricas. En la figura 1 se muestra la resistencia de polarización de 70 % P/P LSCF- GDC en función de la temperatura en el intervalo de 500-700 °C.

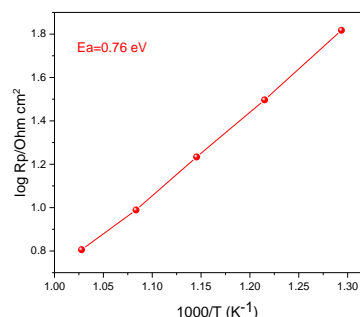


Figura 7. Gráfica de Arrhenius de la resistencia de polarización de 70 % P/P LSCF- GDC.

CONCLUSIONES

El estudio del efecto de la composición y porosidad de compósitos de LSM-GDC en su resistencia de polarización permitirá optimizar las condiciones de preparación de SOFC basadas en dicho cátodo. El análisis de dichos efectos se encuentra en proceso, aunque se ha observado la presencia de un mínimo de resistencia de polarización en el intervalo de porosidad entre 30 y 50 %.

REFERENCIAS

- [1] Navarrete, et. al., *Fuel Cells* **17**, 100 (2017).
- [2] Su, C., et. al., *Adv. Energy Mater.* **5**, 1 (2015).

Efecto del tipo de Azufre como material activo en baterías de litio azufre

CAE-P17

M. J. Pineda-Pacheco¹, I. González^{2*}, G. Ramos^{1,2}, J. J. Alcaraz²

¹ Depto. de Ing. de Procesos e Hidráulica. UAM-Iztapalapa.

² Depto. de Química, UAM-Iztapalapa

*E-mail Responsable de la investigación: josejarib@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La capacidad específica de almacenamiento de los sistemas actuales basados en Baterías Ion Li, se encuentra en un intervalo teórico de 120 a 320 mAhg⁻¹, lo cual es insuficiente para satisfacer la creciente demanda de energía. Por otro lado, las baterías de litio azufre (BLIS) son una alternativa, ya que ofrecen una capacidad teórica específica de 1675mAh/g y una densidad de energía teórica de 2600Wh/kg. Además, el azufre (S) es abundante en la naturaleza y benigno con el ambiente [1]. Sin embargo, la reversibilidad del sistema es un desafío para el desarrollo de BLIS.

Como una primera aproximación, en el presente trabajo investigamos el papel de las características estructurales del S empleado en la capacidad y desempeño de la BLIS.

METODOLOGÍA

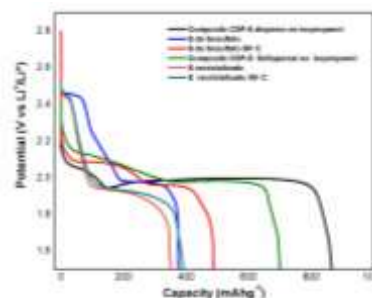
Se prepararon composites por medio de una síntesis *in situ* de azufre-carbón Super P en solución acuosa donde se llevó a cabo la siguiente reacción: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{S} \downarrow$. Con los composites preparados se realizó un slurry mezclando 10% de carbón SP (CSP), 10% de fluoruro de polivinilideno como aglutinante y como solvente N-metilpirrolidona (NMP).

Adicionalmente, se realizaron cátodos con S puro sintetizado a partir de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ y otros con S comercial recristalizado.

RESULTADOS

Los cátodos elaborados con los diferentes tipos de S mostraron un desempeño característico, el cual puede ser atribuido al tamaño de los cristales de azufre y la interacción con la matriz (CSP). El S recristalizado presentó la menor capacidad, debido al tamaño de los granos y la poca área disponible para la transferencia de iones y electrones. Por otro lado, el composite de Csp-S demostró ser el mejor debido a la alta área superficial del Csp y la posibilidad de formar rutas para la transferencia de electrones. Otro aspecto a destacar

fue el efecto del tratamiento térmico que se realizó en presencia del Csp, ya que todos los electrodos preparados con este tratamiento presentaron una capacidad superior comparada con su contraparte pura, al promover un contacto más íntimo con el Csp y mejorar la transferencia de iones y electrones (Figura 1).



scarga de los electrodos catódicos a 0.1 C, (1.5-2.8 V) celda tipo combi: (Li⁺/1 M de LiPF₆ en Triglyme/S-CSP-PVDF-NMP).

CONCLUSIONES

El método de síntesis de CSP-S resultó ser el que mejor desempeño obtuvo al ofrecer una capacidad de 865 mAhg⁻¹ en el primer ciclo de descarga. Este resultado se puede atribuir a la red de S intercalada en los poros de CSP, lo que ayuda de dos maneras, siendo un espacio de confinamiento para el S y facilitando la transferencia de electrones para ayudar en los procesos de oxidación y reducción. De esa forma, el Csp fue fundamental para mantener la integridad de los electrodos en el proceso de la ciclación.

REFERENCIAS

- [1] N. Ding, S. Chien, Z Liu, Y. Zong, *key parameters in desing of lithium sulfur batteries*, 269, 111-116, (2014).
- [2] Y. Su, A. Manthiram. *A facile in situ sulfur deposition route to obtain carbon-wrapped sulfur compositecathodes for lithium-sulfur batteries*, 77, 272-278, (2012).

Estudio de nanopartículas PdNi aleadas en la reacción de Oxidación de Ácido Fórmico

CAE-P18

M. J. Izquierdo Colín¹, A. Romero Hernández, L. G. Cuellar Herrera, E. M. Arce Estrada, A. Ezeta Mejía*

¹ Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Dpto. de Metalurgia y Materiales. UPALM, CDMX, México, 07738.

*E-mail Responsable de la investigación: araceliezeta@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los problemas de contaminación ambiental han generado preocupación por encontrar fuentes de energía limpia, siendo una de las posibles alternativas, las celdas de combustible (CsC). Las CsC de alcohol directo (DAFCs) que tienen como principio la oxidación del alcohol en el ánodo y la reducción del oxígeno en el cátodo, han despertado gran interés debido a que poseen una eficiencia energética mayor [1]. Dentro de este tipo de CsC, las que emplean ácido fórmico (AF) como combustible (DAFCs) han resultado muy atractivas ya que el AF es un electrolito líquido, que facilita el transporte electrónico y de protones además de ser económico, de alta densidad energética, la oxidación comienza a potenciales menos positivos que las de otros alcoholes, la membrana de Nafion sufre un envenenamiento moderado, posee propiedades químicas favorables a temperatura ambiente, es seguro y no explosivo [2]. Las reacciones de celda que se llevan a cabo en la DFAFCs, deben ser electrocatalizadas para incrementar su velocidad, demostrando que las estructuras nanométricas aumentan la actividad electrocatalítica de estas. Un método de síntesis poco empleado pero eficiente para la obtención de electrocatalizadores, es el Aleado Mecánico (AM) que permite obtener material nanométrico con buena actividad hacia la reacción de oxidación de ácido fórmico, por lo que es este trabajo, se sintetizaron nanopartículas de PdNi sintetizada por aleado mecánico y evaluadas en la reacción de oxidación de ácido fórmico.

METODOLOGÍA

Se sintetizó por AM el electrocatalizador PdNi en relación 2:1 durante 30 horas de molienda usando un molino Spex de alta energía. El material sintetizado, se caracterizó por Difracción de Rayos X (DRX) y por

Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).

Se llevó a cabo el estudio de la oxidación de ácido fórmico empleando las técnicas electroquímicas de voltamperometría cíclica (VC) y cronoamperometría.

RESULTADOS

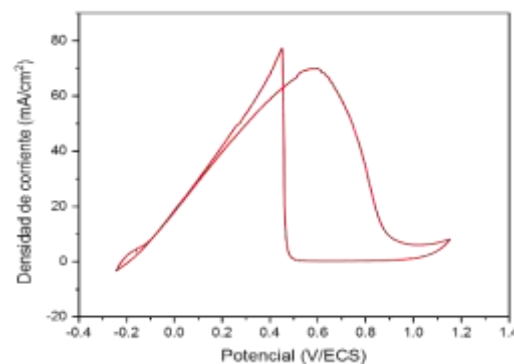


Figura 1. Voltamperometría de PdNi en la ROAF a 50 mVs^{-1} en una solución 0.5 M de H_2SO_4 y 1 M de HCOOH

CONCLUSIONES

El AM permite obtener material nanométrico con actividad electrocatalítica aceptable hacia la oxidación de ácido fórmico.

REFERENCIAS

- [1] W. Vielstich, A. Lamm, H.A. Gasteiger, Fuel Cells Technology and Applications, Ed. Wiley, 3, (2003).
- [2] V. Selvaraj, G.A. Nirmala, M. Alagar, Journal of Colloid and Interface Science, 33, 254, (2009).

Estudio de electrocatalizadores de TiO₂ modificados con nanopartículas de Ag para la reducción electroquímica de CO₂ bajo irradiación de luz ultravioleta

CAE-P19

R. J. Olguín Mora, C. X. Tirado López, E. M. Arce Estrada, A. Ezeta Mejía*

¹ Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas.
Dpto. de Metalurgia y Materiales. UPALM, CDMX, México, 07738.

*Email responsable de la investigación: aracelizeta@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de los combustibles fósiles ha ocasionado una disminución continua de los recursos energéticos, factor crucial relacionado con la producción y el consumo en la economía mundial, siendo dióxido de carbono el principal contaminante resultante por el uso de los combustibles fósiles. Actualmente, la reducción fotoelectroquímica del dióxido de carbono es una alternativa sustentable para generar productos químicos y combustibles tales como el ácido fórmico, metano, etileno, etanol, etc. Diversos electrocatalizadores han sido estudiados para llevar a cabo este proceso. Dentro de los nanomateriales semiconductores, el dióxido de titanio (TiO₂) resulta un fotoelectrocatalizador con numerosas ventajas debido a su estabilidad química, abundancia, bajo costo y baja toxicidad. Las nanopartículas de TiO₂ ofrecen vías directas para la transferencia de electrones fotoinducida, recolectando efectivamente fotones y / o electrones, transportando la carga fácilmente a lo largo de las dimensiones longitudinales del catalizador, aunado a ello, la interacción electrónica con otros materiales como el Au o Ag mejora el proceso de fotoelectrocatalisis debido a la resonancia de plasmón superficial que ofrecen.

METODOLOGÍA

En este trabajo se estudia la actividad de nanocatalizadores basados en dióxido de titanio (TiO₂) en sus diferentes fases (anatasa y rutilo) soportados en carbón Vulcan en presencia y ausencia de luz ultravioleta. El TiO₂ fue sintetizado por método hidrotérmal en una autoclave. El material sintetizado, se caracterizó por Difracción de Rayos X (DRX) y por Microscopia Electrónica de Barrido (MEB).

RESULTADOS

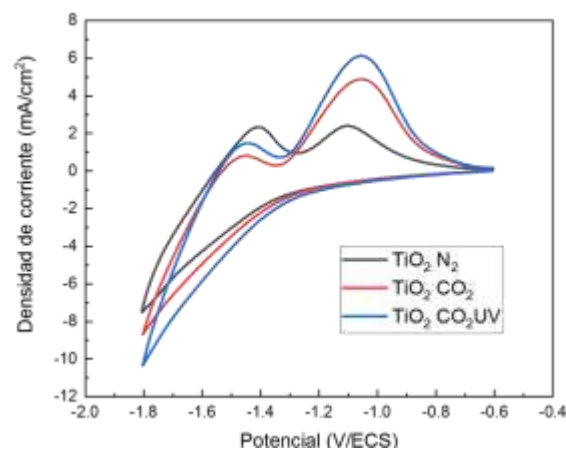


Figura 1. Voltamperogramas de electrodos de TiO₂ en presencia y ausencia de CO₂ y bajo efecto de luz UV a 50 mV s⁻¹ en KHCO₃ 0.1 M

CONCLUSIONES

La composición del medio electrolítico juega un papel importante en la reacción de reducción de CO₂. La baja actividad electrocatalítica es debida a la formación y adsorción de CO en la superficie del electrodo.

La actividad electrocatalítica se ve favorecida con la inserción de partículas metálicas en su estructura.

REFERENCIAS

- [1] Sohn, Y. & Huang, W. *Applied Surface Science*, **396**, 1696 (2017).
- [2] Tahir, M. & Amin, N. S. *Energy Conversion and Management*, **76**, 194 (2013).
- [3] Abdullah M. & Kamarudin, S. K. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **76**, 212 (2017).

Comparación del desempeño de supercapacitores simétricos y asimétricos con electrodos a base de carbón activado derivado de residuos de agave

CAE-P20

I. K. Rangel Heredia*, E. M. Sánchez Cervantes, L. L. Garza Tovar, L. C. Torres Gonzalez¹
Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Materiales II, Ave. Universidad S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza N.L. México, C.P. 66455

*Email responsable de la investigación: luis.torresgn@uanl.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los supercapacitores son dispositivos que almacenan cargas eléctricas en la superficie de sus electrodos al contacto con los electrolitos. [1] El carbón activado ha sido uno de los materiales más estudiados con aplicación en electrodos para supercapacitores. [2] Este material presenta alta área superficial, estabilidad química y permite la manipulación del tamaño y la morfología de los poros en el material. [3] En este trabajo, se propone un estudio del residuo del "Agave tequilana" como precursor de un carbón activado y su comportamiento electroquímico como electrodos en supercapacitores simétricos y asimétricos por balance de masa sumergidos en un electrolito 1 M de Li₂SO₄ con pH neutro.

METODOLOGÍA

El carbón se preparó vía pirólisis bajo una atmósfera de N₂, impregnándose con KOH como agente activante. La caracterización se llevó a cabo por fisiorción de N₂, así como por Espectroscopía Raman y XRD. Para el seguimiento del desempeño de los supercapacitores se realizaron pruebas de flotado electroquímico a dispositivos tipo celda botón (pruebas potencioestáticas mantenidas por períodos de 10 horas). El envejecimiento acelerado se aplicó al dispositivo a diferentes voltajes máximos y en combinación con ciclos de carga/descarga galvanostáticas en secuencias de hasta 200 h.

RESULTADOS

El carbón activado preparado mostró un área superficial específica de 1462 m² g⁻¹. Los resultados de Raman y de XRD muestran un carbón pobremente grafitizado. Los resultados en las pruebas aceleradas se muestran en la tabla, al inicio todos los dispositivos muestran la misma capacitancia inicial: 264 F/g. Una prueba acelerada se detiene cuando se observa una pérdida de 25% de la capacitancia inicial o un 100% de incremento en la resistencia interna del dispositivo, los resultados muestran un mayor tiempo de flotado para el dispositivo asimétrico en comparación del simétrico.

Tabla: Resultados en dispositivos simétrico y asimétrico.

Dispositivo	Simétrico	Asimétrico
Horas de flotado a 1.5 V	170 h	185 h
Horas de flotado a 1.6 V	152 h	160 h
Horas de flotado a 1.8 V	86 h	105 h

CONCLUSIONES

Los resultados muestran que el supercapacitor asimétrico debido a su balance de masa en los electrodos, presenta mejor desempeño en el tiempo de flotado comparado con el dispositivo simétrico.

REFERENCIAS

- [1] Q Abbas, F Béguin, *Journal of Power Sources*, **318**, 235 (2016).
- [2] L. Teo, L. Muniandy, F. Adam, A. Mohamed and K. Chong, *Electrochimica Acta*, **192**, 110 (2016).
- [3] A. González, E. Goikolea, J. A. Berrena, R. Mysyk, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **58**, 1189 (2016).

Novedosa síntesis de nanocompuestos de Sb_2S_3 /nanofibras de carbono por los métodos de electrohilado-SILAR y su evaluación como ánodos para baterías de ion sodio

CAE-P21

M. G. Ayala-Sánchez¹, B. Escobar-Morales², J. Escorcía-García³, I. L. Alonso-Lemus⁴

¹SRNyE, Cinvestav Saltillo, Ramos Arizpe, Coahuila, México. C.P. 25900.

²CONACyT, CICY, Mérida, Yucatán, México, C.P. 97200.

³CONACyT, Cinvestav Saltillo, Ramos Arizpe, Coahuila, México. C.P. 25900

⁴CONACyT, Cinvestav Saltillo, Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, México.

*Email Responsable de la investigación: ivonne.alonso@cinvestav.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Las baterías de ion sodio (BIS) se consideran candidatos prometedores para abastecer la demanda de dispositivos para almacenar energía. Algunas de las ventajas de explorar sistemas que usen sodio son su abundancia, su bajo costo y baja toxicidad; además, sus propiedades químicas son similares a las de Li [1]. Sin embargo, su desarrollo aún se encuentra en etapa experimental. Una de las principales limitantes al usar Na^+ es la expansión volumétrica que ocurre en los electrodos durante la intercalación-desintercalación de los iones de Na^+ . En este trabajo se sintetizaron nanocompuestos de Sb_2S_3 /nanofibras de carbono, se empleó el Sb_2S_3 debido a su alta capacidad específica teórica; mientras que las nanofibras servirán de soporte mecánico minimizando la expansión volumétrica y aumentando los ciclos de vida de la batería.

METODOLOGÍA

Las nanofibras de carbono (NFC) se sintetizaron a partir de dos polímeros: poliacrilonitrilo y polimetilmetacrilato por la técnica de electrohilado. Posteriormente las NFC se decoraron con Sb_2S_3 por la técnica de SILAR (*Successive Ionic Layer Adsorption and Reaction*), utilizando tricloruro de antimonio ($SbCl_3$) y sulfuro de sodio (Na_2S) como precursores catiónicos y aniónicos respectivamente.

RESULTADOS

Los resultados de DRX e las NFC indican la presencia de una fase de carbono amorfo ($2\theta = 25^\circ$ correspondiente al plano (002) y $2\theta = 44.3^\circ$ correspondiente al plano (101)) PDF #41-1487 [2]. El área superficial específica y diámetro de poro son de $581 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ y 4.33 nm respectivamente. La formación

del compuesto fue comprobada mediante un mapeo elemental (figura 1).

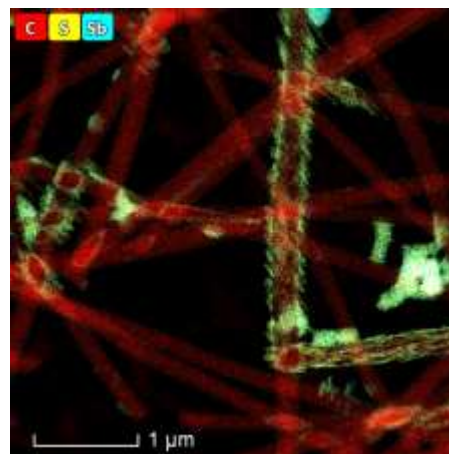


Figura 1. Mapeo elemental del nanocompuesto Sb_2S_3 /NFC.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un novedoso compuesto de Sb_2S_3 /NFC, por los métodos de electrohilado-SILAR con las propiedades fisicoquímicas óptimas para ser empleado como ánodo en BIS. La evaluación electroquímica se hará por espectroscopia de impedancia electroquímica y voltamperometría cíclica.

REFERENCIAS

- [1] Y. Fang, X.-Y. Yu, X.W. Lou. *Matter*. **1**, 114 (2019).
- [2] B. Zhang, et. al. *Adv. Energy Mat.* **4**, 1301448 (2014).

Electrocatalizadores bifuncionales basados en nanofibras de CoFe_2O_4 para las Reacciones de Evolución de Oxígeno y de Reducción de Oxígeno en medio alcalino

CAE-P22

P. C. Cintrón-Núñez¹, B. Escobar-Morales², J. Escorcía-García³, I. L. Alonso-Lemus^{4*},
F. J. Rodríguez-Varela¹

¹SRNyE, Cinvestav Saltillo, Ramos Arizpe, Coahuila, México. C.P. 25900

²CONACYT, CICY, Mérida, Yucatán, México. C.P. 97200,

³CONACYT, Cinvestav Saltillo, Ingeniería en Cerámica, México.

⁴CONACYT, Cinvestav Saltillo, SRNyE, Ramos Arizpe, Coahuila, México. C.P. 25900

*E-mail Responsable de la investigación: ivonne.alonso@cinvestav.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La cinética de la Reacción de Reducción de Oxígeno (RRO) y la Reacción de Evolución de Oxígeno (REO) es clave en el desempeño de dispositivos tales como celdas de combustible (CC) y electrolizadores [1]. Los electrocatalizadores basados en Pt convencionalmente se han usado para promover ambas reacciones; sin embargo, su escasez, alto costo y baja estabilidad han limitado su comercialización a gran escala [2]. Por lo anterior, el estudio de electrocatalizadores bifuncionales a base de metales no nobles ha resultado prometedor en los últimos años [3]. En este trabajo, se sintetizaron nanofibras de $\text{CoFe}_2\text{O}_4/\text{C}$ obtenidas por el método de electrohilado y evaluadas como electrocatalizador bifuncional para la RRO y la REO.

METODOLOGÍA

Las nanofibras de CoFe_2O_4 se sintetizaron por el método de electrohilado, después fueron sometidas a tratamiento térmico a diferentes temperaturas (300, 600 y 900° C). La caracterización fisicoquímica se realizó por las técnicas de TGA, FE-SEM y TEM. La caracterización electroquímica se realizó por la técnica de disco-anillo rotatorio.

RESULTADOS

Los resultados demuestran que la temperatura tiene un efecto determinante sobre la morfología y actividad catalítica de los electrocatalizadores basados en metales no nobles. Los principales parámetros [1]

electroquímicos que resumen la actividad catalítica de las nanofibras CoFe_2O_4 tratadas a diferentes temperaturas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de la ORR y la OER de los electrocatalizadores a 1600 rpm.

Catalizador	$E_{\text{onset ORR}}$ (V vs RHE)	$E_{\text{onset OER}}$ (V vs RHE)	n
Pt/C	1.01	1.64	~3.98
$\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-300}/\text{C}$	0.74	1.58	~3.60
$\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-600}/\text{C}$	0.74	1.60	~3.45
$\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-900}/\text{C}$	0.71	1.65	~3.16

CONCLUSIONES

Se obtuvieron nanofibras de CoFe_2O_4 tratadas a 300° C con diámetros de aproximadamente 42 nm. El desempeño de los electrocatalizadores basados en $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-300}/\text{C}$ es prometedor para la RRO y la REO.

REFERENCIAS

- M. Borghei, et. al., *Appl. Catal. B Environ*, **204**, 394, (2017).
- [2] W. Bian, Z. Yang, P. Strasser, R. Yang. *J. Power Sources*, **250**, 196, (2014).
- [3] D. Chen, et. al., *Appl. Catal. B Environ*, **268**, 118729, (2020).

Esferas huecas de carbono mesoporoso ordenado dopadas con nitrógeno: estudio de la estabilidad y actividad catalítica para la RRO

CAE-P23

J. C. Carrillo-Rodríguez¹, B. Escobar-Morales², A. M. Garay-Tapia³, M. T. Ochoa-Lara⁴,
I. L. Alonso-Lemus^{5*}, F. J. Rodríguez-Varela¹

¹SRNyE Cinvestav Saltillo, Av. Industria Metalúrgica, 1062, C.P. 25900, Ramos Arizpe, México.

²CONACYT, CICY, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, Mérida, C.P. 97200, México

³CIMAV S.C., Unidad Monterrey, Alianza Norte 202, Autopista Monterrey-Aeropuerto km 10,
Parque PIIT, Apodaca, C.P. 66628, México

⁴CIMAV Chihuahua S.C., Parque Industrial Chihuahua, C.P. 31109 Chihuahua, México

⁵CONACYT, SRNyE Cinvestav Unidad Saltillo, México

*E-mail Responsable de la investigación: ivalemus@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La cinética lenta de la Reacción de Reducción de Oxígeno (RRO), la cual ocurre en el cátodo de las celdas de combustible limita su desempeño [1]. En este contexto, las Esferas Huecas de Carbono Mesoporoso Ordenado dopadas con nitrógeno (N-EHCMO) son electrocatalizadores atractivos debido a sus propiedades estructurales, texturales y morfológicas. Estas propiedades proporcionan alta actividad catalítica para la RRO [2]. En este trabajo se desarrolló un electrocatalizador del tipo N-EHCMO con alta actividad catalítica para la RRO, el cual contrario a lo que se esperaba incrementó su actividad catalítica para la RRO después de 3000 ciclos de operación.

METODOLOGÍA

Se sintetizó un electrocatalizador del tipo N-EHCMO) utilizando una plantilla de sílice dura, empleando como fuente de nitrógeno pirrol. La actividad catalítica para la RRO se evaluó por la técnica de disco-anillo rotatorio en un electrolito alcalino. Adicionalmente se determinó la estabilidad mediante pruebas de degradación acelerada (ADT).

RESULTADOS

Los resultados confirman la síntesis de N-EHCMO con una concentración de 1.65 % at. de N (determinado por XPS). Las esferas son huecas con un diámetro promedio de 230 nm y un espesor de pared de 27 nm (Figura 1). Los parámetros electroquímicos antes de ADT son: potencial de inicio ($E_0 = 0.88$ V/RHE), porcentaje de peróxido ($\%H_2O_2 = 8.7$) y

número de electrones ($n = 3.83$). La actividad catalítica se incrementa después de 300 ciclos de operación: $E_0 = 0.86$, $\%H_2O_2 = 1.2$ y $n = 3.98$.

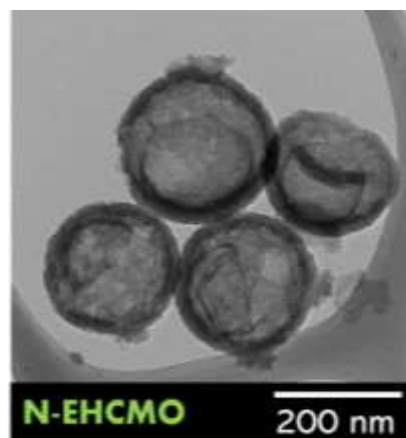


Figura 1. Imagen TEM del electrocatalizador N-EHCMO.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un novedoso electrocatalizador tipo N-EHCMO dopados con nitrógeno (1.65 % at.); con alta actividad para la RRO en medio alcalino, el cual tiene mejor actividad después de las pruebas de degradación acelerada.

REFERENCIAS

- [1] R. Silva, et. al., *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 7823 (2013).
- [2] T. Zhou, et. al., *Carbon*, **114**, 177 (2017).

Esferas Huecas de Carbono Mesoporoso Ordenado funcionalizadas con compuestos organometálicos de Ru como electrocatalizadores novedosos con bajo contenido de Pt para la Reacción de Evolución de Oxígeno

CAE-P24

J. C. Martínez-Loyola¹, I. L. Alonso-Lemus², B. Escobar-Morales³, J. R. Torres-Lubián⁴, M. E. Sánchez-Castro¹, F. J. Rodríguez-Varela¹

¹SRNyE, Cinvestav Unidad Saltillo, Av. Industria Metalúrgica 1062, 25900, Ramos Arizpe, Coahuila, México.

²CONACYT, SRNyE, Cinvestav Unidad Saltillo, México.

³CONACYT, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, 97200, México.

⁴Centro de Investigación en Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna Hermosillo No.140, 25294 Saltillo, Coahuila, México.

*E-mail Responsable de la investigación: javier.varela@cinvestav.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La demanda energética mundial ha sido satisfecha utilizando fuentes de energía convencionales, las cuales generan gases de efecto invernadero (GHGs) y contribuyen a una problemática ambiental creciente. Ante ello, las tecnologías del hidrógeno exponen una solución a la producción de recursos útiles para la generación de energía limpia. En este trabajo se presenta la funcionalización de Esferas Huecas de Carbono Mesoporoso Ordenado (OMHCS) con los compuestos organometálicos $[(\eta^6\text{-C}_6\text{H}_5\text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH})\text{RuCl}_2]_2$ (Ru-dim) y $[(\eta^6\text{-C}_6\text{H}_4\text{CH}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_3)\text{RuCl}_2]_2$ (Ru-cym) y su evaluación electroquímica para la Reacción de Evolución de Oxígeno (OER) en medio alcalino. Esta es la primera ocasión donde se evalúa una reacción de electrólisis con la funcionalización de nanoestructuras de carbono con compuestos organometálicos.

METODOLOGÍA

Los compuestos organometálicos se sintetizaron por la técnica Schlenk [1]. Los electrocatalizadores con bajo contenido de Pt se sintetizaron por el método de poliol asistido por microondas. Su desempeño se comparó con el de 20% Pt/C comercial.

RESULTADOS

La caracterización fisicoquímica muestra la formación de grupos funcionales en los electrocatalizadores funcionalizados, además de la

formación de fases Pt-Ru. El electrocatalizador Pt/OMHCS_{Ru-cym} fue el más activo para la OER obteniendo una densidad de corriente (j) de 21.21 mA cm⁻² a 1.9 V vs. RHE.

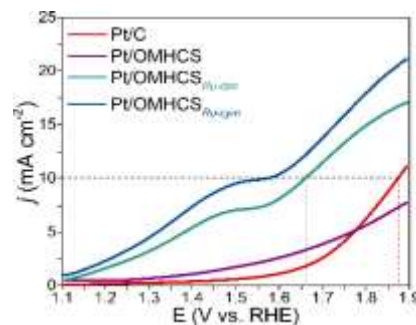


Figura 1. Curvas de polarización de la OER en 0.1 M de KOH en atmósfera de O₂. Obtenidas a 5 mV s⁻¹ y a $\omega = 1600$ rpm.

CONCLUSIONES

El mecanismo bifuncional promovido por sitios de Ru debidos el anclaje de los compuestos organometálicos, incrementa la actividad catalítica de los electrocatalizadores funcionalizados para la OER.

REFERENCIAS

- [1] A.A. Siller Cenicerros, et. al., *ChemElectroChem*, **6**, 4902, (2019).

Mesitil-Cobre (Cu-mes): compuesto organometálico de cobre como agente funcionalizante de carbon Vulcan XC-72 utilizado como soporte en nanocatalizadores de Pd para la electro-oxidación de etanol en medio alcalino

CAE-P25

P. C. Meléndez González¹, M. E. Sánchez-Castro^{1,2}, I. L. Alonso-Lemus³, B. Escobar-Morales⁴, W. J. Pech-Rodríguez⁵, T. W. Napporn⁶, F. J. Rodríguez-Varela^{1,2*}

¹Nanociencias y Nanotecnología, Cinvestav Unidad Saltillo, Av. Industria Metalúrgica 1062, Parque Industrial Ramos Arizpe. Ramos Arizpe, C.P 25900, México.

²Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav Unidad Saltillo.

³CONACYT, Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav Unidad Saltillo.

⁴CONACYT, CICY, Calle 43 No. 130 Col. Chuburná de Hidalgo, Mérida, C.P. 97200, México.

⁵Universidad Politécnica de Victoria, Av. Nuevas Tecnologías 5902, Parque Científico y Tecnológico de Tamaulipas, Cd Victoria, México C.P.87138.

⁶Université de Poitiers, UMR CNRS 7285, 4, rue Michel Brunet, B27, TSA 51106, 86073 Poitiers Cedex 09, France.

*E-mail Responsable de la investigación: javier.varela@cinvestav.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Nanocatalizadores basados en Pd han demostrado ser activos catalíticamente para la reacción de oxidación de etanol en medio alcalino, con aplicación en AEMFCs [1]. El soporte más utilizado para tales nanocatalizadores es el Vulcan XC-72, el cual posee propiedades de superficie adecuadas para anclar nanopartículas y alta conductividad eléctrica [2]. Con el fin de extender las propiedades del Vulcan, se ha utilizado mesitil-cobre (Cu-mes) como agente para su funcionalización. Con esta aproximación, se mejoran las propiedades del soporte, y se promueve la creación de grupos funcionales, formando sitios metálicos activos que promueven fases de aleación Pd-Cu.

METODOLOGÍA

La síntesis de mesitil-cobre y la funcionalización del Vulcan fueron desarrolladas como se reporta en la literatura [3-4]. Los nanocatalizadores fueron obtenidos por el método de poliol. La caracterización electroquímica se realizó en 0.5 mol L⁻¹ de KOH.

RESULTADOS

En las curvas de polarización de la electro-oxidación de etanol muestran una densidad de corriente másica de 1234.42 mA mg_{Pd}⁻¹ generados por Pd/C_{Cu-mes} (a 1.11 V/RHE) más altos que 665 mA mg_{Pd}⁻¹

¹ obtenidos por Pd/C (a 0.92 V/RHE). Durante las mediciones de CO-stripping el pico de oxidación de CO de Pd/C_{Cu-mes} muestra un E_{onset} de 0.66 V/RHE, el cual es más negativo que Pd/C (0.72 V/RHE). Estos resultados indican que CO_{ads} es más débilmente adsorbido por Pd/C_{Cu-mes}, y por lo tanto puede oxidarse a potenciales menores comparado con Pd/C.

CONCLUSIONES

Mesitil-cobre es un agente activo para la funcionalización de Vulcan, que promueve la formación de fases de aleación Pd-Cu. Ello incrementa su actividad catalítica de Pd/C_{Cu-mes} para la Reacción de Oxidación de Etanol, comparado con Pd/C.

REFERENCIAS

- [1] Z. Zhang, et. al., *Int. J. Hydrog. Energy*, **36**, 12686, (2011).
- [2] B. Y. Zhu, et. al., *Electrochem. commun.* **10**, 802 (2008).
- [3] M. Stollenz and F. Meyer. *Organometallics*. **31**, 7708 (2012).
- [4] R.C. Haddon, S. Sarkar, S. Niyogi, E. Bekyarova, M.E. Itkis, X. Tian, F. Wang, U.S. Patent, 0202515, 2013.

Desarrollo de nanocatalizadores de Pt-Ru soportados en estructuras de carbono huecas para la Reacción de Oxidación de Etanol

CAE-P26

J. H. Serna-Mata¹, J. A. Díaz-Guillén¹, J. C. Carrillo-Rodríguez², I. L. Alonso-Lemus³,
B. Escobar-Morales⁴, F. J. Rodríguez-Varela^{2*}

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

²Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav Unidad Saltillo, Av. Industrial Metalúrgica No. 1062, Parque Industrial Saltillo-Ramos Arizpe, Ramos Arizpe, Coah., 25900, México.

³CONACYT, Sustentabilidad de los Recursos Naturales y Energía, Cinvestav Unidad Saltillo, México.

⁴ CONACYT, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Calle 43 No. 130 Col. Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán, 97200, México.

*E-mail Responsable de la investigación: javier.varela@cinvestav.edu.mx

INTRODUCCIÓN

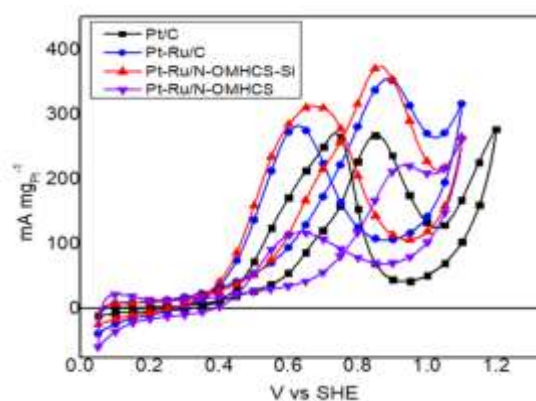
Las esferas huecas de carbón mesoporoso ordenado (Ordered Mesoporous Hollow Carbon Spheres, OMHCS) han llamado la atención para aplicaciones electroquímicas como catalizadores metal-free [1]. Sin embargo, debido a sus propiedades fisicoquímicas, también han sido utilizadas como soportes de nanopartículas de Pt [2]. En este trabajo, se presentan los resultados de la síntesis y caracterización de nanocatalizadores de Pt-Ru soportados en OMHCS dopadas con N, con y sin Si (Pt-Ru/N-OMHCS-Si y Pt-Ru/N-OMHCS). Su actividad catalítica es evaluada para la Reacción de Oxidación de Etanol (ROE) en medio ácido y comparada con la de Pt-Ru/C y Pt/C (C= Vulcan XC-72).

METODOLOGÍA

La síntesis del soporte N-OMHCS se llevó a cabo siguiendo la metodología reportada en [3] con ligeras modificaciones. La síntesis de los nanocatalizadores soportados se realizó por el método de poliol asistido por microondas.

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran las curvas de polarización de la EOR. El nanocatalizador Pt-Ru/N-OMHCS-Si tiene la actividad catalítica más alta en términos de potencial de inicio de la reacción (E_{onset}) y densidad de corriente másica generada (j_m).



CONCLUSIONES

El uso de N-OMHCS conteniendo Si promueve la actividad catalítica de Pt-Ru para la EOR en medio ácido.

REFERENCIAS

- [1] M. Salazar-Oropeza, et. al., *ECS Trans.*, **86**, 595 (2018).
- [2] C. Galeano, et. al., *ACS Catal.*, **11**, 3856 (2014).
- [3] S. Mezzavilla, et. al., *ACS Applied Mater. Interfaces*, **7**, 12914 (2015).

DIVISIÓN 8.

Educación Electroquímica (EE)

Generación de problemas de electroquímica y corrosión para el desarrollo de habilidades

EE-O2

J. G. Ibáñez-Cornejo^{1*}, R. C. Vásquez Medrano¹

¹Depto. de Ing. Química, Industrial y de Alimentos. Universidad Iberoamericana.

Prol. Reforma 880, 01219 Ciudad de México.

*E-mail Responsable de la investigación: jorge.ibanez@ibero.mx

INTRODUCCIÓN

Los profesores que imparten cursos de Electroquímica y/o Corrosión se encuentran frecuentemente ante la dificultad de encontrar problemas adecuados para tareas o para exámenes de evaluación.

METODOLOGÍA

Nosotros hemos trabajado en la generación de varios problemas con énfasis en el desarrollo de habilidades, y hemos aprovechado resultados de la literatura y adaptaciones de algunos libros para ello. Esto conlleva una serie de beneficios tales como: 1. Las aplicaciones de la teoría se ven más claras. 2. Los estudiantes se motivan al ver que pueden resolver problemas reales. 3. Los estudiantes se familiarizan con artículos científicos concretos y relevantes. 4. Los profesores y los estudiantes se actualizan al revisar la literatura y al leer artículos *ad hoc*. 5. Se pueden promover estrategias para el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas.

RESULTADOS

Aquí presentaremos algunas tácticas para ello, unidas a problemas específicos. Presentaremos ejemplos de problemas de síntesis orgánica, inorgánica, termodinámica, corrosión, electroquímica ambiental, baterías, etc. [1-8].

CONCLUSIONES

Se pueden desarrollar habilidades para la

resolución de problemas mediante el diseño de ejemplos a partir de la literatura especializada.

REFERENCIAS

- [1] A. Gomez-Gonzalez, et. al., *ECS Transactions* **20** (1), 91 (2009).
- [2] J. O'M. Bockris, A. Reddy, *Modern Electrochemistry, Vol.2B: Electrodeics in Chemistry, Engineering, Biology, and Environmental Science*, p. 2043-2051, Kluwer Academic/Plenum Press, New York (2000).
- [3] N. Casillas Santana, B. Gudiño Guzmán, R. Torres Torres, *Problemario, 2005B. Curso de Electroquímica I*, p. 61, Departamento de Química, Universidad de Guadalajara, (2005).
- [4] F. A. Walsh, *First Course in Electrochemical Engineering*, England: The Electrochemical Consultancy (1993).
- [5] A. P. Karpinski, S. F. Schiffer, P. A. Karpinski. *Silver Oxide Batteries. Chapter 33. Handbook of Batteries*, McGraw-Hill (2004).
- [6] E. Stupnisek-Lisac, N. Galic, R. Gasparac, *Corros.* **56**, 1105 (2000).
- [7] C. Xu, W. Gao. *Mater. Res. Innov.* **3**, 231 (2000).
- [8] S. Mahesh, et. al., *Ind. Eng. Chem.* **45**, 5766 (2006).

Simulación de la distribución secundaria de corriente y potencial en una gota de Evans

EE-O3

A. Sainz Rosales¹, A. Hernández-Pérez¹, A. G. González Gutiérrez¹, A. Plazola¹, E. R. Larios Durán¹, M. Bárcena-Soto¹, N. Casillas Santana²

¹Departamento de Ingeniería Química, ²Departamento de Química,
Universidad de Guadalajara. Blvd. Marcelino García Barragán #1451, C.P. 44430, México

*E-mail Responsable de la investigación: abrahamsainzr@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La gota de Evans es un experimento de corrosión clásico, desarrollado por el Profesor U. R. Evans de la Universidad de Cambridge en el Reino Unido, hace casi 100 años [1]. A pesar del tiempo, su análisis y estudio sigue despertando el interés de muchos investigadores en virtud de la similitud que existe con otros sistemas de corrosión, por ejemplo, la corrosión atmosférica uniforme a la que está expuesto un automóvil en zonas costeras o humedad elevada con sales de deshielo en zonas frías o la corrosión que se presenta en pilotes de acero de muelles en la llamada línea de agua [2].

METODOLOGÍA

La simulación se llevó a cabo empleando el software comercial COMSOL Multiphysics 5.4. La simulación se hizo, mediante el uso de una geometría en 3D. La física seleccionada incluyó la distribución de corriente y potencial secundaria del módulo de electroquímica y el transporte de especies diluidas del módulo transporte de especies químicas. El análisis realizado es dependiente del tiempo considerando un lapso de 900 segundos. Se evaluó el potencial en el electrolito y las densidades de corriente y se modeló para diferentes relaciones de área entre ánodo/cátodo.

RESULTADOS

En la figura 1 se muestra la distribución del potencial que se genera debido al gradiente de oxígeno, en la gráfica (fig. 1) las líneas de corriente, señaladas con flechas rojas, surgen de la zona anódica (centro)

con dirección a la zona catódica (periferia), como consecuencia de la oxidación del Fe a Fe²⁺.

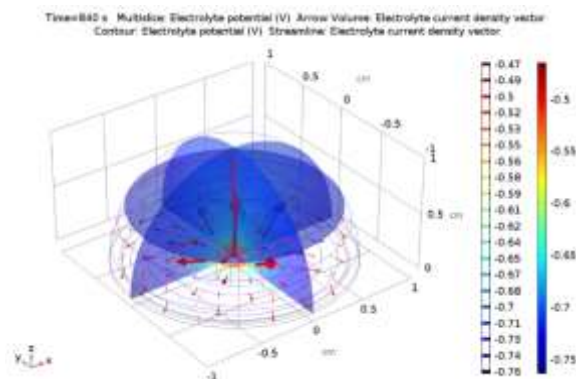


Figura 1. Representación gráfica de la distribución de corriente y potencial secundaria al interior de la gota.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados muestran la distribución de corriente y potencial en un experimento clásico de corrosión. Las líneas de corriente en el experimento de la gota de Evans parten del centro y terminan en la periferia, concentrando la mayor cantidad de líneas en la interfaz, metal/solución/aire. En los resultados se puede observar el aumento de la densidad de corriente anódica conforme se reduce el área del electrodo.

REFERENCIAS

- [1] U. R. Evans, "Corrosion and Oxidation of Metals", p. 118, Arnolds, London, (1960).
- [2] D. A. Jones, *Principles and prevention of corrosion*, Second Edi. Prentice Hall, (1996).

Simulación numérica de espectros de impedancia para reacciones electroquímicas en estado sólido

EE-O4

O. A. González Meza¹, A. Gutiérrez-Becerra³, N. Casillas², E. R. Larios Duran¹,
M. Bárcena Soto^{2*}.

¹Depto. Ingeniería Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

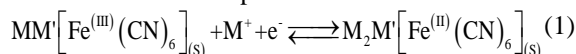
²Depto. Química CUCEI Universidad de Guadalajara.

³Depto. Ciencias Básica y Aplicadas CUTonalá Universidad de Guadalajara

*E-mail Responsable de la investigación: maxbar@gmx.com

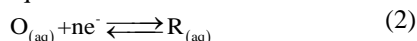
INTRODUCCIÓN

El desarrollo teórico para la interpretación y predicción de la corriente directa máxima obtenida en un voltamperograma para una reacción electroquímica en estado sólido del tipo:



ha sido publicado recientemente [1].

En este trabajo, la teoría usada entonces, se extiende para predecir la respuesta en corriente alterna, cuando el sistema es perturbado con una señal sinusoidal del potencial. Lo anterior, permite comparar la respuesta para sistemas en estado sólido con aquellos que ocurren en solución



De esta forma se puede establecer si el uso del elemento de Warburg [2] es válido para sistemas en fase sólida como los descritos en la ecuación (1).

METODOLOGÍA

Para ambas reacciones (1) y (2), se estableció un modelo matemático, basado en las leyes de difusión de Fick, para predecir de forma numérica la respuesta de la impedancia. Las simulaciones se llevan a cabo en el programa MatLab2017b® utilizando el método de líneas

RESULTADOS

En la fig. 1, se muestran los diagramas de Nyquist, para la reacción en estado sólido para la reacción en estado sólido **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** en azul y para la reacción (2) en color rojo. Ambos diagramas obtenidos a partir de la solución numérica de las leyes de Fick por medio del método de líneas. Aunque a altas frecuencias los espectros de

impedancia, para especies en solución y en estado sólido, son idénticos; a medida que se alcanzan frecuencias por debajo de los 1000 Hz se aprecian diferencias sustanciales. Lo anterior se debe a que la respuesta en impedancia, observada a altas frecuencias, corresponde con la resistencia de la solución, la resistencia a la transferencia de carga y la capacitancia de la doble capa. Estos parámetros tienen los mismos valores en ambas simulaciones.

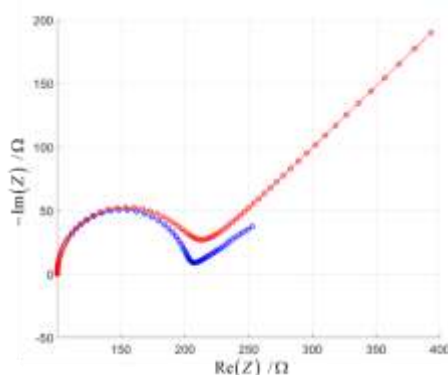


Figura 1. Diagramas de Nyquist simulados. Reacción reversible en fase acuosa (Rojo), Reacción reversible en estado sólido (Azul).

CONCLUSIONES

El presente trabajo pone en evidencia la necesidad de utilizar opciones alternativas al elemento de Warburg para sistemas en estado sólido y presenta una propuesta numérica para abordar dichos sistemas.

REFERENCIAS

- [1] O. A. González Meza, et. al., *Journal of Solid State Electricchemistry*, **23**, 3123, (2019).
- [2] V. Muralidharan, *Anti-Corrosion Methods and Materials*, **44**(1), 26, (1997).

Uso de analogías y análisis de modelos de corrosión en medio acuoso para la enseñanza – aprendizaje de la electroquímica

EE-P1

K. A. Gutiérrez Holguín¹, K. L. Tovar Carrillo¹, J. V. Ríos Arana¹, G. Martínez Moreno², V. Estebané Ortega¹, M. Delgado Ríos¹, R. A. Saucedo Acuña^{1*}

¹Instituto de Ciencias Biomédicas – UACJ. Av. B. Franklin 4650 C.P. 32310 Cd. Juárez, Chih.

²Instituto de Ingeniería y Tecnología - UACJ. Av. del Charro 402, C. P. 32584 Cd. Juárez, Chih.

*E-mail Responsable de la investigación: rosauced@uacj.mx

INTRODUCCIÓN

El uso de analogías en el proceso de enseñanza - aprendizaje de la electroquímica ha demostrado ser una herramienta muy útil [1], que al complementarse con un modelo práctico donde se conjuntan la observación directa del proceso electroquímico ha facilitado por mucho la comprensión de los elementos participantes en la celda, su presencia e importancia en la naturaleza, en la vida diaria y en el desarrollo de tecnologías emergentes [2]. Para ello, se desarrolló una práctica denominada corrosión en medio acuoso, en la que partiendo de la analogía verbal y recurriendo al análisis de imágenes cotidianas, se continúa con el estudio de 6 casos distintos, en los que la información se presenta a los estudiantes en 2 bloques distintos acompañados de un cuestionario intermedio, que refuerce el análisis de los 6 casos desde un marco empírico, para después formalizar lo aprendido y finalizar ponderando el conocimiento adquirido con la descripción verbal y visual por parte de los estudiantes. El presente trabajo presenta la práctica desarrollada, con la finalidad de que contribuya a facilitar la enseñanza aprendizaje de la electroquímica, además se presentan los resultados obtenidos con participantes de licenciatura y posgrado.

METODOLOGÍA

Se desarrolló una práctica contemplada para dos sesiones con un intervalo de una semana entre cada sesión, en la que el participante deberá también realizar un seguimiento de observaciones sencillas entre los intervalos señalados. Se diseñó una herramienta de arranque Teaching-With-Analogies Model (TWA), para después continuar con el estudio simultáneo de 6 sistemas independientes, empleando objetos de uso común, un cuadro de seguimiento y finalmente una explicación de nivel intermedio y otra de avanzado, para finalizar con una dinámica de ponderación verbal y visual de la herramienta por los participantes.

RESULTADOS

Después de realizar la práctica, todos los

participantes señalaron que la herramienta les ayudó a comprender mejor el fenómeno de corrosión en medio acuoso [3]. También a la par, pudieron identificar y seleccionar mecanismos de prevención y control de la corrosión. Pero, sobre todo, fue un ejercicio que los invitó desde su perfil, a sacar provecho de lo aprendido, interesándose por el desarrollo en aplicaciones biomédicas y ambientales.

CONCLUSIONES

La enseñanza - aprendizaje de la electroquímica bajo el contexto de la corrosión en medio acuoso, mediante el uso simultáneo de las analogías con el seguimiento interactivo de los 6 sistemas propuestos, permite que los estudiantes asimilen de manera mucho más fácil y efectiva los conceptos contemplados y se interesen por el desarrollo de nuevas tecnologías basadas en mecanismos de corrosión y deterioro.

REFERENCIAS

- [1] B. Gómez Salgado, *Revista Pedagógica*, **29**, 189, (2016).
- [2] C. Keen, S. Couture, N. A. El Meseh and H. Sevian, *Journal of Chemical Education*, <https://dx.doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00840> (2020).
- [3] A. Yilmaz, S. Bayrakceken, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* **174**, 281 (2015)

PATROCINADORES



SOMOSUACJ