

# La Electroquímica,

un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI



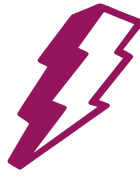
**Dr. Jimmy Alexander Morales Morales**  
Coordinador

VIGILADA  
MINISTERIO DE  
EDUCACIÓN

**USC**  
UNIVERSIDAD  
SANTIAGO  
DE CALI

EDITORIAL





# La Electroquímica,

un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI



**Dr. Jimmy Alexander Morales Morales**

Coordinador

VIGILADA  
MINISTERIO DE EDUCACION



EDITORIAL

La electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo

XXI / Jimmy Alexander Morales Morales [y otros]. -

Editor Edward Javier Ordoñez. - Cali : Universidad

Santiago de Cali, 2019.

271 páginas : ilustraciones ; cm.

1. Electroquímica 2. Electrocatalisis 3. Química - Investigaciones I. Morales Morales, Jimmy Alexander, 1978- , autor II. Ordoñez, Edward Javier, editor.

541.37 cd 22 ed.

A1645357

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango



## La electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

© Universidad Santiago de Cali.

© Autores: Jimmy Alexander Morales Morales (coordinador), Christian Amatore, Juan Miguel Feliu, Ignacio González Martínez, Fernando Felipe Rivera Iturbe, Esteban Miguel García Ochoa, Roberto Manuel Torresi, Susana Inés Córdoba Torresi, Jahir Orozco Holguín, Ricardo A. Torres Palma, Oscar Andrés Loaiza, Jorge A. Calderón, Ángel M. Meléndez, Andrés Dector, Fabián E. Quesada-Plata, Luca Pini, Ricardo Enrique Palma Goyes, Robert Stiefvater, Natalia Isabel Casadiego Leal, Renato Prado de Oliveira Junior, Carlos Alberto Salazar Duque, y otros autores.

Cali, Colombia - 2019

ISBN (Libro digital): 978-958-5583-17-7

### Fondo Editorial

University Press Team

Carlos Andrés Pérez Galindo

#### Rector

Rosa del Pilar Cogua Romero

#### Directora General de Investigaciones

Edward Javier Ordoñez

#### Editor en Jefe

### Diseño y diagramación

Diana María Mosquera Taramuel

diditaramuel@hotmail.com

diagramacioneditorialusc@usc.edu.co

Cel. 3217563893

### Distribución y Comercialización

Universidad Santiago de Cali

Publicaciones

Calle 5 No. 62 - 00

Tel: 518 3000, Ext. 323 - 324 - 414

### Comité Editorial

Rosa del Pilar Cogua Romero

Doris Lilia Andrade Agudelo

Edward Javier Ordoñez

Luisa María Nieto Ramírez

Sergio Molina Hincapié

Alejandro Botero Carvajal

Sergio Antonio Mora Moreno

Francisco David Moya Cháves



La editorial de la Universidad Santiago de Cali se adhiere a la filosofía del acceso abierto y permite libremente la consulta, descarga, reproducción o enlace para uso de sus contenidos, bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



## Comité Organizador

Dr. Jimmy Alexander Morales Morales (Presidente)  
MSc. Jorge Enrique Castillo Ayala  
MSc. Sandra Patricia Castro Narváez  
MSc. Oscar Eduardo Rojas Álvarez  
MSc. Pamela Agredo Sanín  
PhD. Guillermo Garzón García  
PhD. Edwin Flórez López  
PhD. Richard D'vries  
PhD. Ángel Manuel Meléndez Reyes  
PhD. Jhon Jairo Ríos Acevedo  
PhD. Mauricio Ramírez Castrillón  
PhD. Omaira Vera Lizcano  
PhD. Lizbeth Lorena López  
PhD. Jorge Calderón  
PhD. Enrique Vera López  
PhD. Ricardo Antonio Torres  
Alejandra Pineda Quiñtero  
Santiago Noreña Montes  
Lina Marcela Agudelo Charry  
José Miguel Rosero Martínez

## Comité Científico

PhD. Jorge Calderón, Universidad de Antioquia  
PhD. Ricardo Antonio Torres, Universidad de Antioquia  
PhD. Ángel M. Meléndez Reyes, Universidad Industrial de Santander  
PhD. Carlos Ignacio Sánchez, Universidad Nacional de Colombia  
PhD. Mario Víctor Vásquez, Universidad de Antioquia  
PhD. José Luis Trisancho, Universidad Tecnológica de Pereira  
MSc. Ronald Crisancho A., Instituto Nacional de Metrología de Colombia  
PhD. Darío Yesid Peña, Universidad Industrial de Santander  
PhD. Edgar Orlando Nagles Vidal, Universidad de Ibagué  
PhD. Enrique Vera López, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia  
PhD. Jahir Orozco Holguín, Universidad de Antioquia  
PhD. Edison Hernán Gil Pavas, Universidad Eafit  
PhD. Henry Reyes Pineda, Universidad del Quindío  
PhD. Yenny Patricia Ávila Torres, Universidad Tecnológica de Pereira

## Asociación Colombiana de Electroquímica

### Presidente

PhD. Jorge Andrés Calderón Gutiérrez, Universidad de Antioquia

### Vicepresidente

PhD. Ángel Manuel Meléndez Reyes, Universidad Industrial de Santander

### 2do. Vicepresidente

PhD. Enrique Vera López, Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia



## ■ ■ ■ ■ ■ **Tabla de Contenido** ■ ■ ■ ■ ■

✦ Editorial.....	20
✦ Bienvenida.....	21
✦ Patrocinadores.....	24
✦ Asociación Colombiana de Electroquímica.....	28
✦ Semblanza Ponentes.....	29
✦ Cursos Precongreso.....	51
✦ Conferencias Magistrales.....	57
▶ <i>Las baterías de inserción de iones alcalinos: dispositivos prometedores para el almacenamiento de la producción de energía (intermitente) de las fuentes renovables.</i> Ignacio González.....	58
▶ <i>Seeing, Monitoring and Understanding Vesicular Exocytosis of Neurotransmitters with Micro- and Nanoelectrodes.</i> Chritian Amatore.....	60
▶ <i>Gráficos recursivos una nueva metodología de análisis de la señal de ruido electroquímico.</i> Esteban Miguel García Ochoa.....	63
▶ <i>Ingeniería electroquímica aplicada a reactores contemplados para procesos de electro síntesis, ambientales y de almacenamiento de energía. Un enfoque aplicando simulación computacional y caracterización experimental.</i> Fernando Felipe Rivera Iturbe.....	66
▶ <i>Fundamental Heterogeneous Electrocatalysis: The Interface between Art and Science.</i> Juan Miguel Feliu.....	67
✦ Conferencias Plenarias.....	68
▶ <i>Desarrollos recientes en la eliminación de contaminantes emergentes en aguas mediante métodos electroquímicos.</i> Ricardo A. Torres Palma.....	69

▶ <i>Propiedades texturales y comportamiento electroquímico de carbones activados preparados mediante carbonización hidrotermal asistida con <math>H_3PO_4</math> y activación posterior a altas temperaturas.</i> Fabián Quesada Plata, Ramiro Ruiz Rosas, Emilia Morallón Nuñez, Diego Cazorla Amorós.....	71
▶ <i>Electroquímica en el procesamiento de minerales y metales desde la mena y fuentes secundarias hasta materiales de valor agregado.</i> Ángel M. Meléndez.....	73
▶ <i>Preparación de Ánodos Dimensionalmente Estables (DSA) para la oxidación indirecta de contaminantes orgánicos en aguas.</i> Ricardo E. Palma Goyes, Jorge Vázquez Arenas, Carlos Ostos Ortiz, Ricardo A. Torres Palma, Ignacio González Martínez.....	75
▶ <i>Electro-síntesis de nano partículas de magnetita: modificación superficial y aplicaciones.</i> Jorge A. Calderón G.....	77
▶ <i>Diagnostic and intervention applied electrochemistry.</i> Jahir Orozco Holguín.....	78
▶ <i>Fabricación y evaluación de microceldas de combustible como posible fuente de alimentación en dispositivos portátiles.</i> Andrés Dector Espinoza.....	80
✦ <b>Temáticas.....</b>	<b>82</b>
✦ <b>Presentaciones Orales y Pósteres.....</b>	<b>83</b>
▶ <b>AE01.</b> <i>Estimación de la Incertidumbre de Medición del pH con Sistema Primario por el Método de Simulación Monte Carlo.</i> Ronald Cristancho Amaya, Andrés Mauricio Castillo.....	<b>84</b>
▶ <b>AE03.</b> <i>Implementación de la metodología de voltamperometría diferencial de pulsos con redisolución anódica para determinación de mercurio en atún enlatado.</i> Jair Esteban Burgos Contento, César Quiñonez Segura. Oscar Rodríguez Bejarano.....	<b>86</b>

- ▶ **AE04.** *Determinación de Pb (II) en fresas provenientes del municipio de Sibaté - Cundinamarca, por medio de voltimetría de onda cuadrada (SWV).* Stefany Huertas Ortigoza, Cesar Quiñones Segura..... **88**
  
- ▶ **AE05.** *Establecimiento del sistema primario de medición de pH y estimación de su incertidumbre de medición.* Ronald Cristancho Amaya, Henry Torrez Quezada..... **90**
  
- ▶ **AE07.** *Determinación de la pureza del biftalato de potasio por titulación coulombimétrica a corriente constante; Validación y estimación de incertidumbre.* Carlos España Sánchez, Ronald Cristancho Amaya, Henry Torrez Quezada, Andrés Castillo Forero..... **92**
  
- ▶ **AE08.** *Determinación de Cd(II) presente en espinaca cultivada en cota, Cundinamarca por voltamperometría de onda cuadrada (swv).* Julián Peña Bermúdez, Andrea Sánchez Díaz, Cesar Quiñones Segura..... **94**
  
- ▶ **AE09.** *Electroanálisis sensible y selectivo de dopamina y serotonina en electrodos de oro empleando polímeros molecularmente impresos.* Harold Díaz Segura, Fernando E. Larmat, Walter Torres Hernández..... **95**
  
- ▶ **AE10.** *Simultaneous determination of lead and cadmium by stripping voltammetry using in-situ mercury film nafion coated with macrocyclic ester electrode.* John J. Hurtado, Edgar O. Nagles..... **97**
  
- ▶ **AE14.** *Estudio de la cinética de la electrooxidación de tiourea sobre electrodo de grafito.* Juan Carlos Canencio Rojas, Germán Cuervo Ochoa..... **99**
  
- ▶ **AE15.** *Electrodos selectivos de iones basados en los ionóforos. Salen y Salcn.* Luisa Fernanda Díaz Bernal, Germán Cuervo Ochoa..... **101**

- ▶ **AE16.** *Evaluation of Silver Nanoparticle Size by Anodic Particle Coulometry and Optical Methods.* Julián Quintero Rendón, Cesar Arizabaleta Ibarbo, †Walter Torres Hernández.....103
- ▶ **AE17.** *Desarrollo y evaluación de electrodos de carbón vítreo modificados con nanopartículas bimetalicas de plata-mercurio y plata-bismuto.* Danny Valera Bermúdez, Lenys Fernández.....104
- ▶ **AE18.** *Yeso como sensor de humedad.* Gabriela Vidal García, Margarita Teutli León, Martha P. González Araoz.....106
- ▶ **AE19.** *Electroanalisis de acyclovir con electrodos de grafito quimicamente modificados.* Carolina Ordoñez Huertas, José A Espitia, Harold Díaz S., Giovanni Rojas G.,Alonso Jaramillo.....108
- ▶ **AE20.** *Determinación electroanalítica de catecol por un biosensor basado en la casa de Aspergillus oryzae inmovilizada sobre electrodos serigrafados de oro.* Silvia J. Caballero, M. Alejandra Guerrero, Luz Y. Vargas, Sergio I. Blanco, Jorge A. Gutiérrez, John J. Castillo.....110
- ▶ **AE21.** *Diseño de biosensores amperométricos por autoensamble de nanopartículas y enzimas peroxidasa sobre electrodos serigrafados de platino.* M. Alejandra Guerrero, Laura A. Díaz, Vianny Gutiérrez, Silvia J. Caballero, John J. Castillo, Sergio I. Blanco, Jorge A. Gutiérrez.....112
- ▶ **AE22.** *Carga Interfacial y su Relación con las Propiedades Ácido-Base en Superficie.* Ricardo Martínez Hincapié, Victor Climent Paya, Juan M. Feliu.....114
- BB01.** *Voltamperometria cíclica: Una herramienta útil para evaluar modelos biomiméticos de Hydrogenasa-[NiFe].* Alexander Mondragón Díaz, Juan C. Aquite Londoño, Norberto Benitez Vásquez, Iván Castillo P.....116

- ▶ **COR01.** *Evaluación electroquímica de extractos naturales (té de cascarilla de café y gel de aloe vera) utilizados como inhibidores verdes de corrosión.* Alejandro Henao Ramírez, Victoria Vargas Valbuena, José Luis Trisancho Reyes.....118
- ▶ **COR02.** *Formación de recubrimientos base polipirrol con nanopartículas de TiO<sub>2</sub> sobre el acero AISI-SAE 1020 mediante síntesis electroquímica.* Marly Blanco Vera, Carlos Blanco Pinzón, Sandra GarcíaVergara.....120
- ▶ **COR03.** *Desarrollo de recubrimientos electroquímicos de polipirrol y evaluación de sus propiedades anticorrosivas sobre acero 1020.* Williams Orlando Gómez Romero, María Teresa Cortés Montañez, Pablo Ortiz Herrera.....123
- ▶ **COR04.** *Evaluación de la estabilidad de un acero al carbono en ambiente de cloruros usando como antioxidante un extracto natural.* William Yamid Aparicio Bayona, Jacqueline Corredor Acuña.....124
- ▶ **COR05.** *Evaluación de un sistema de protección catódica utilizando Mg y aleaciones Mg-Cr y Mg-Nb como ánodos en agua de mar.* Tezozomoc Pérez López, Antonio Contreras Cuevas, Judith Sanmiguel, Erick Adrián Juárez Arellano, Miguel Ramón Sosa Baz.....126
- ▶ **COR06.** *An alternative method to calculate Tafel slopes and corrosion current from Electrochemical Frequency Modulation (EFM) data using a polynomial best fit.* Alfredo Gualdrón Gamarra, Mauricio Rincón Ortiz, Rodolfo Villamizar Mejía.....128
- ▶ **COR07.** *Análisis electroquímico de partículas y superficies de desgaste por deslizamiento de aceros.* Yeraldi Cogollo, Edgardo Saaverda, Alejandra Flórez, Cristian Viáfara, Ángel M. Meléndez.....130

- ▶ COR08.** *Comportamiento electroquímico de una herramienta de corte de Co-WC-TiNAl.* Sebastián Márquez, Alejandra Flórez, Cristian Viáfara, Ángel M. Meléndez.....**132**
- ▶ COR09.** *Increase of the corrosion resistance of AISI 316l through ceramic films annealed under reduced pressure.* Gloria I. Cubillos, Alejandro García, Constanza López.....**134**
- ▶ COR10.** *Propiedades de inhibición de la corrosión de un fármaco vencido (trazodona) sobre un acero al carbono.* M. A. Suárez Flórez, K. Ortiz, D. Merchán Arenas, A. M. Meléndez.....**136**
- ▶ EEW01.** *Evaluación comparativa de la degradación del colorante safranina T mediante oxidación electroquímica y procesos avanzados de oxidación.* Carlos Granda Ramírez, Gina Hincapíe Mejía, Efraím A. Serna Galvis , Ricardo A. Torres Palma.....**138**
- ▶ EEW03.** *Desempeño de electrodos de magnesio en la electrocoagulación con cambio de polaridad de soluciones de índigo carmín.* David Ricardo Bermúdez Rubio, Brian Alexis Torralba Ramírez, Dayana Donneys Victoria, Nilsón Marriaga Cabrales.....**140**
- ▶ EEW04.** *Degradación comparativa de antibióticos representativos tipo penicilina, fluoroquinolona y cefalosporina usando un sistema electroquímico  $Ti/IrO_2$  | Zr y NaCl.* Efraím A. Serna Galvis, Karen E. Berrio Perlaza, Ricardo A. Torres Palma.....**142**
- ▶ EEW05.** *Mecanismo teórico de la degradación de un colorante azoico por fotoelectrocatalisis.* Wilber Silva López, Lina M. Castañeda Quiroz, Dora M. Carmona.....**144**
- ▶ EEW07.** *Eliminación de *Klebsiella pneumoniae* resistente a antibióticos carbapenémicos en agua residual municipal mediante tres procesos electroquímicos.* Martha I. Verbel Olarte, Efraim A. Serna Galvis, Lorena Salazar Ospina, J. Natalia Jiménez Quiceno, Ricardo A. Torres Palma.....**146**

- EEW08.** *Uso del electrodo de  $Ti|IrO_2-SnO_2-Sb_2O_3$  para degradar contaminantes orgánicos.* David Sánchez-Santacruz, Adrián Reyes Palacios, José A. Valencia Pérez, Alejandro Medel Reyes, Jimmy A. Morales Morales, Erika Méndez Albores, Miguel A. González Fuentes..... **148**
- EEW09.** *Mejoramiento de la calidad de agua residual en una industria gráfica por métodos fisicoquímicos y tratamiento fenton.* Ronal Leonel Morales Lame, Oscar Eduardo Castro Ordóñez, Sandra Castro Narváez..... **150**
- EE01.** *Reactor de electrocoagulación y software para la enseñanza práctica de la electroquímica.* Andrea Carolina Sánchez Díaz, Pedro Santiago Martínez González, Julián Camilo Peña Bermúdez, Cesar Augusto Quiñonez Segura..... **153**
- EE02.** *Diseño y construcción de un reactor de electrocoagulación a escala laboratorio para la remoción de Plomo en agua.* Andrea Carolina Sánchez Díaz, Pedro Santiago Martínez González, Jhon Navarrete Gómez, Cesar Augusto Quiñones Segura..... **154**
- EE03.** *¡Celdas Galvánicas en el Aula!* David Sánchez Santacruz, Sarai Satarain Lizárraga, Genaro Carmona Gutierrez, Albino Moreno Rodríguez, Erika Méndez Albores, Jimmy A. Morales Morales, José R. Márquez López..... **156**
- EMP01.** *Estudio electroquímico para la recuperación de  $Fe^{+2}$  procedente del decapado y regeneración de ácidos de la industria metalmeccánica.* B. Miranda Alcántara, R. Antaño, L. Frade, F. Castañeda, F.F. Rivera..... **158**
- EMP02.** *Evaluación de distintos tipos de electrodo para el estudio de la disolución de minerales sulfurosos en etalina.* Kimberly V. Lázaro Hernández, Mónica J. Mendoza, Ángel M. Melendez..... **160**



- EMPO3.** *Recuperación y valorización de los metales contenidos en baterías gastadas a través de la síntesis electroquímica de recubrimientos anticorrosivos Zn-Ni.* Daniela Quiroz, Johan Pinto, Sergio Blanco, Pedro Delvasto..... **163**
- EMPO4.** *Comparación de la eficiencia del proceso de extracción de oro con membranas poliméricas y diferentes ligandos tipo Salen con Aliquat 336®.* Maicol Leandro Pérez Urbano, Germán Cuervo Ochoa..... **164**
- EMPO5.** *Electrodeposición de aleaciones Ni-La y Co-La sobre cobre a partir de soluciones acuosas con glicina.* Jacobo Bustamante, Pedro Luís Delvasto Angarita, Ángel M. Meléndez..... **166**
- EO01.** *Obtención de Bio-crudo Vía Conversión Térmica de Bagazo de Caña de Azúcar y Evaluación del Potencial Antioxidante por Voltamperometría Cíclica.* Natalia Afanasjeva, Alexander Mondragón, Luis Carlos Castillo..... **168**
- EO03.** *Electroepoxidación de Limoneno con Complejos Quirales Mn-Salcn.* Paola Andrea Barbosa Gutiérrez, Olga Lucia Hoyos-Saavedra, Germán Cuervo Ochoa..... **170**
- EO04.** *Study of the electrochemical oxidation of 2-Thiazolamine and 2-Oxazolamine on a platinum wire as working electrode.* Jhon J. Ríos Acevedo, Andrés F. Villamarín, Edwin Flórez López, Jimmy Morales Morales..... **172**
- EO05.** *Short approach to the electrochemical behavior of 2-Amino-4-(4-X-phenyl) thiazoles derivates with voltammetry in glassy carbon electrode.* Jhon J. Ríos Acevedo, Edwin Florez López, Jimmy A. Morales Morales..... **174**
- EO06.** *Síntesis, caracterización y estudio electroquímico de compuestos tipo [(dppf)Ni L<sub>2</sub>]; donde dppf=[1, 1'-Bis(difenilfosfino) ferroceno] y L= Bencentiolato pentafluorado (S-C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>), Mercaptobenzotiazol (S-C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>NS).* William Santacruz Parra, David Morales, Jimmy A. A Morales Morales..... **176**

- ▶ **EO07.** *Oxidación electroquímica de 2-amine-4-phenylthiazoles.* José L. Patiño Izquierdo, Jimmy A. A Morales Morales.....**178**
- ▶ **EO08.** *Derivado de indol-acrilonitrilo con fluorescencia para aplicaciones OLED.* Jhon S. Oviedo Ortiz, Rodrigo Abonia, Edwar Cortés González.....**180**
- ▶ **MES01.** *Propiedades Electroquímicas del sistema  $La_{3.5-x}Ba_{4.5+xy}Ca_yCu_8O_{18}$  ( $0.2 < x < 0.4$  y  $0.3 < y < 0.5$ ).* Linda Alejandra Pérez Díaz, Jairo Alberto Gómez Cuaspud, Carlos Arturo Parra Vargas.....**182**
- ▶ **MES04.** *Hydrothermal synthesis of nano-semiconductor stannite-type  $Cu_2FeSnS_4$  and its properties as absorber material in photovoltaic applications.* Jorge Muñoz Malpica, María Isabel Espitia, Jairo Gómez Cuaspud, Enrique Vera López.....**184**
- ▶ **MES05.** *Producción de hidrógeno en una celda PEC, utilizando urea como sustrato y óxidos metálicos como semiconductores.* Santiago Cartagena Ocampo, Carlos I. Sánchez Sáenz.....**186**
- ▶ **MES06.** *Síntesis galvanostática y caracterización de películas de polipirrol y polipirrol-dopamina: Propiedades eléctricas y superficiales de estos polímeros.* Ricardo Barrera Gutiérrez, María T. Cortéz Montañez, Pablo Ortiz Herrera.....**188**
- ▶ **MES07.** *Detección de amarillo crepúsculo sobre un electrodo de carbono vítreo modificado con quitosano por voltamperometría de adsorción.* Edgar Nagles Vidal, Andrés Peña Gonzalez, Olimpo García Beltrán.....**190**
- ▶ **MES08.** *Efecto de la solución de anodizado en la formación de capas anódicas sobre la aleación  $Ti_6Al_4V$  para aplicaciones aeronáuticas.* Mayra Gómez Méndez, Carlos Durán Pabón, Diana Naranjo Zuluaga, María Arenas Vara, Sandra García Vergara.....**192**

- ▶ MES09.** *Síntesis y caracterización de perovskitas híbridas tipo  $(CH_3)NH_{(n-1)}MX_3$  ( $M = Ge, Sn; x = Cl, I$ ) para el diseño de celdas solares de alta eficiencia.* Diana Gómez Reyes, Jairo Gómez Cuaspad, Enrique Vera López.....194
- ▶ MES10.** *Carbon nanotube-iron@graphene hybrid material for (bio)sensing.* Dayana Soto, Manuela Alzate, Jaime Gallego, Jahir Orozco.....196
- ▶ MES11.** *Electrodeposición de Cu-Zn a partir de un electrolito libre de cianuros.* Carolina Ramírez Sánchez, Jorge A. Calderón Gutiérrez.....198
- ▶ MES12.** *Evaluación de materiales carbonosos (grafito, óxido de grafeno y negro de carbono) modificados electroquímicamente para su uso como supercapacitores.* Carlos A. Carreño Barrera, Rafael Cabanzo, Ángel M. Meléndez.....200
- ▶ MES13.** *Electrosíntesis de películas delgadas de polipirrol para la producción fotoelectroquímica de hidrógeno.* Jhon Puerres Puerres, María T. Cortés M., Pablo Ortiz Herrera.....202
- ▶ MES16.** *Una metodología para evaluar la capacidad de adsorción de cobre(II) sobre grupos superficiales orgánicos e inorgánicos en diatomita y compost.* María Alejandra Flórez Suárez, Yoreny Román Vargas, Mauricio Rincón Ortiz, Mario Víctor Vázquez, Ángel M. Meléndez.....204
- ▶ MES17.** *Efecto de la difusión de oxígeno en la transformación anatasa - rutilo en nanotubos de  $tiO_2$  obtenidos por anodizado electroquímico.* Héctor Andrés Rueda Bueno, Jhoan Sebastián Becerra Bayona, Sergio Ismael Blanco Vásquez.....206
- ▶ MES19.** *Modificación de superficies de carbono por la reducción electroquímica de 1,10-fenantrolina para la remediación de aguas contaminadas con Plomo y Arsénico.* Gloria Crespo, Richard Dvries, Drochss Valencia.....208

- MES20.** *Modificación superficial de láminas de acero y zinc por oxidación electrolítica con plasma para la reducción de Cr(VI).* Fernando Gordillo Delgado, John Alexander García, Sara Natalia Moya.....**210**
- MES21.** *Análisis estructural, eléctrico y químico del sistema Pr-CeO<sub>2</sub> como potencial componente en pilas tipo SOFC.* Andrés Felipe Cruz Pacheco, Carlos Arturo Parra Vargas, Jairo Alberto Gómez Cuaspud.....**212**
- MES21.** *Caracterización de materiales fotovoltaicos CZTiS-CZSnS, análisis y modelamiento matemático de conductividad en función de temperatura de síntesis.* Miguel Patarroyo Mesa, Yeimy Tatiana Castellanos Baez, Jairo Alberto Gómez Cuaspud.....**214**
- MES23.** *Estudio de las propiedades fotocatalíticas de partículas semiconductoras empleando electrodos de pasta de carbono.* Mónica J. Mendoza, Andrea Zarate Osuna, David Ramírez Ortega, Laura García Hernández, Pedro Alberto Ramírez Ortega, Ángel M. Meléndez.....**216**
- MES24.** *Efecto del potencial de deposición en la composición de películas de selenuro de mercurio-cadmio.* E. Stiven Duran Uribe, Erika V. Godoy Alarcón, David A. Miranda, Ángel M. Meléndez.....**218**
- MES25.** *Catalizadores tipo Salen anclados a polianilina Electropolimerizada .* Hernán Gabriel Astudillo Campo, Germán Cuervo Ochoa.....**220**
- MES28.** *Electrodeposición de cobalto sobre grafeno.* Jeaneth Corredor González, Vinicus Cappelleno De Franco, Joao Schmidt.....**222**
- MES30.** *Synthesis and electrochemical behavior of shape-controlled Pt and Pt-Rh nanoparticles: A comparison of the catalytic activity over ethanol and ammonia oxidation in alkaline media.* Roberto A. Martínez Rodríguez, Francisco J. Vidal Iglesias, José Solla Gullón, Carlos R. Cabrera, Juan M. Feliu.....**224**

- MES31.** *Remoción electrocatalítica de iones nitrato sobre nanoespumas de cobre sintetizadas electroquímicamente con plantilla dinámica de hidrógeno.* Andrés F. Quintana Rondón, Ángel M. Meléndez.....**226**
- MES32.** *Estudio del comportamiento a alta presión de la estructura cristalina del compuesto  $ZrTi_2$ , por medio de algoritmos evolutivos.* Andrés G. González Hernández, Yhojan Díaz.....**228**
- MES33.** *Evaluación microestructural de recubrimientos de YSZ/ $NiCrAlCo-Y_2O_3$  sometidos a oxidación isotérmica a  $1050^\circ C$  durante 100 y 200 horas.* Andrés Giovanni González Hernández, Esperanza López, Hélène Ageorges.....**230**
- MES34.** *Obtención de películas de óxido de titanio en su fase anatasa mediante oxidación térmica de láminas de titanio y estudios de su actividad fotocatalítica.* Julio C. Sánchez Beltrán, José H. Castillo Chamorro.....**232**
- MES35.** *Síntesis electroquímica en un paso de grafeno usando agua y líquidos iónicos.* Jessica Triana Pineda, Ángel M. Meléndez Reyes, Rafael Cabanzo Hernández.....**233**
- MES36.** *Evaluación y análisis de las propiedades mecánicas de barras de grafito recubiertas mediante deposición electroforética con nanopartículas de alúmina.* Michael Grimaldos, José Barajas, Viviana Guiza, Sergio Blanco.....**235**
- MES37.** *Estudio de las variables de deposición electroforética de nanopartículas de zirconia sobre grafito y su efecto en las propiedades físico-químicas.* Lyuba Lozano, José Barajas, Viviana Guiza, Sergio Blanco.....**237**
- MES38.** *Recuperación electrolítica de níquel y cobalto en forma de recubrimientos: una opción para el reciclaje de las baterías ni-mh desechadas.* Julio Díaz, Jesús Angarita, Claudia Vargas, Sergio Blanco, Pedro Delvasto.....**239**

- ▶ MES39.** *Obtención de recubrimientos bicapa Zn/Ni empleando soluciones ricas en zinc y níquel provenientes del procesamiento hidrometalúrgico de baterías agotadas.* Johan Pinto, Daniela Quiroz, Sergio Blanco, Pedro Delvasto.....**241**
- ▶ MES40.** *Efectos quirales sobre el comportamiento electroquímico de compuestos de cobre(II) asociados con la actividad ascorbato oxidasa.* Dider Gómez, Matthew Zimmerman, Julia Brumaghim, Norah Barba, Horacio Sandoval, Y. Ávila Torres.....**243**
- ▶ SE01.** *Desempeño electroquímico del olivino de Manganeso-Vanadio como material de cátodo en una batería de ion-Litio.* Ferley Alejandro Vásquez Arroyave, Jorge Andrés Calderón Gutierrez.....**245**
- ▶ SE03.** *Comportamiento electroquímico de carbones activados dopados con nitrógeno obtenidos a partir de residuos biomásicos mediante un tratamiento de carbonización hidrotermal asistido con  $H_3PO_4$  en presencia de polianilina.* Fabián Quesada Plata, Ramiro Ruiz Rosas, Emilia Morallón Nuñez, Diego Cazorla Amorós.....**247**
- ▶ SE04.** *Celda de combustible microfluídica basada en un Ensayo de Flujo Lateral para oxidación de glucosa en sangre humana.* Andrés Dector, Juan M. Olivares Ramírez, Víctor M. Ovando Medina, Alondra Ortíz Verdín, Diana M. Amaya Cruz.....**249**
- ▶ SE05.** *Aprovechamiento de la energía azul en Colombia.* Mateo Roldan Carvajal, Carlos Ignacio Sánchez Sáenz.....**251**
- ▶ SE06.** *Escherichia Coli como ánodo en una celda de combustible microfluídica basada en papel para oxidación de urea.* Andrés Dector, Edwin J. Gachuz Vazquez, Luz C. Castillo Martínez, Diana M. Amaya Cruz, David Ortega Díaz, Juan M. Olivares Ramírez, Diana Dector, Aida L. Villa.....**253**

▶ <b>SE07.</b> <i>Optimización, síntesis y caracterización de moléculas orgánicas de bajo peso molecular como celdas fotovoltaicas.</i> M. Suárez, Jimmy Morales, Edwin Flórez López, y Ávila Torres.....	255
▶ <b>TPE02.</b> <i>Caracterización numérica y experimental de la hidrodinámica de un reactor de flujo en una y dos fases para su potencial aplicación a la electroxidación de lodos activados.</i> J.A. Barrios, F.E. Solís Caballero, A. Cano, U. Durán, G. Orozco, F.F. Rivera.....	257
▶ <b>TPE04.</b> <i>Variación del potencial de membrana durante el transporte de iones metálicos empleando ligandos tipo Salen.</i> Luis Fernando Campo Cobo , Germán Cuervo Ochoa.....	259
✦ <b>Ganadores del Premio al Mejor Póster.....</b>	261
✦ <b>Afiche.....</b>	268



## Editorial



La presente obra es el producto de la compilación de los trabajos que se presentaron en el III Congreso Colombiano de Electroquímica, organizado por la Universidad Santiago de Cali y la Facultad de Ciencias Básicas y el grupo de investigación en química y biotecnología (QUIBIO) (quien lideró la organización del evento). El evento se celebró en la ciudad de Cali, Valle del Cauca, Colombia, del 2 al 5 de octubre del 2018 en la sede Pampalinda, de la Universidad Santiago de Cali. El Comité Editorial se encargó de compilar la obra y darle un formato homogéneo. La Dirección de Publicaciones de la Universidad Santiago de Cali se encargó crear el diseño gráfico de la portada y su diagramación. Sin embargo, es necesario aclarar que el contenido científico y las aseveraciones que aparecen en cada trabajo son responsabilidad de sus autores.

Primera edición: octubre de 2016.

© Universidad Santiago de Cali

Impreso en Cali, Colombia.

Se prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización por escrito del titular de los derechos de autor.

Diseño del Logotipo del Evento

Luis Becerra Castillo

Hecho en Colombia.





Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

## Estimados Colegas y Amigos,

Es un honor darles la más cordial bienvenida al III Congreso Colombiano de Electroquímica, y en este marco, a la Reunión de la "Asociación Colombiana de Electroquímica ASCEQ". El lema de éste evento es:

**"La electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI"**

La Universidad Santiago de Cali tomó el reto de reunir a investigadores nacionales y extranjeros para, con una mirada crítica, abordar los desafíos y oportunidades que se nos presentan en el área electroquímica y en las disciplinas transversales. Para nosotros es un gran honor y placer ser, en el año 2018, los anfitriones de este evento. Por primera vez, el congreso será ampliado un día más. Esto será posible gracias a la colaboración de nuestros patrocinadores. El día 1 de octubre tendremos dos cursos previo al congreso, impartidos por representantes comerciales de las empresas Metrohm y Ametek.

Más de 90 trabajos serán presentados con la participación de países como Francia, España, Brasil, Venezuela, México y Colombia, provenientes de alrededor de 25 instituciones. En el primer día del evento (2 de octubre) se realizarán cursos precongreso impartidos por dos expertos de Francia y España. Durante los tres días siguientes de actividades (3 al 5 de octubre) se llevarán a cabo seis conferencias magistrales por invitados internacionales, siete plenarias de reconocidos investigadores nacionales e internacionales, tres charlas de nuestros patrocinadores que nos visitan de Brasil, Italia, y del territorio colombiano, 43 presentaciones orales y 53 posters. Se premiarán los mejores trabajos en la modalidad de posters, en la categorías

## La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

de pregrado y posgrado (incluyendo profesionales). Se espera que las Memorias del Evento Conjunto sean una fuente invaluable de información y consulta sobre la actividad científica en el país y las colaboraciones que se tienen con colegas en el extranjero.

Alrededor de 29 trabajos se publicarán en el Journal of Physics: Conference Series de la IOP. Todos estos trabajos originales e inéditos serán arbitrados anónimamente por pares académicos, y para un mayor rigor científico por los editores de esta revista. No forman parte del Comité Organizador o Científico de este evento. Además, en el pleno de la Asamblea del III Congreso Colombiano de Electroquímica se entregará el Primer Premio "Nacho González" a un investigador Colombiano destacado por su trayectoria en el área de electroquímica.

Tendremos un cocktail de bienvenida, artistas vallecaucanos quienes nos mostraran un poco del floclor del pacifico colombiano.

Estamos seguros que tendremos momentos de gran convivencia académica y social. Es importante reconocer el apoyo que nos otorgan nuestros patrocinadores Cecoltec, Polco, Metrohm, Zimmer and Peacock, IKA, Nuevos recursos, Artilab, Scientific Products, Lanzeytta Rengifo, International Society of Electrochemistry (ISE), The electrochemical Society (ECS), Consejo Profesional de Ingeniería Química CPIQ, Consejo Profesional de Química CPQ, Casa Grajales, Universidad Autonoma de Campeche (UAC), Centro de Investigación en Corrosión (CICORR), Pine research, SAIDE-México y TECAL-Colombia. Por último queremos agradecer de manera particular el gran apoyo recibido por parte de la Decanatura y la Coodinación de Extensión de la Facultad de Ciencias Básicas, de la Universidad Santiago de Cali, quienes han demostrado un gran compromiso con la institución, la sociedad colombiana y la comunidad científica nacional e internacional. Un agradecimiento especial a nuestros invitados especiales, Dr.

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

Christian Amatore, Dr. Esteban García, Dr. Ignacio González, Dr. Andrés Dector, Dr. Fernando Felipe Rivera Iturbe, Dr. Roberto Torresi, Dra. Susana Inés de Cordoba y Dr. Juan Feliu, quienes han aceptado acompañarnos durante todo el evento. También agradecimientos a nuestros conferencistas nacionales Dr. Jorge Calderon, Dr. Angel Melendez, Dr. Ricardo Torres, Dr. Ricardo Palma, Dr. Fabian Quesada Plata, Dr. Oscar Loaiza, Dr. Jahir Orozco.

Hagamos que este congreso sea otra gran oportunidad de estrechar los lazos de colaboración y amistad entre la comunidad académica, científica y tecnológica y nos permita construir juntos un mejor país.

Bienvenidos

## Jimmy Alexander Morales Morales

Presidente Comité Organizador

III Congreso Colombiano de Electroquímica





## PATROCINADORES



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)



**The Electrochemical Society**  
Advancing solid state & electrochemical science & technology

### Our Mission

#### Advancing Science and Technology

The mission of The Electrochemical Society is to advance theory and practice at the forefront of electrochemical and solid state science and technology, and allied subjects.

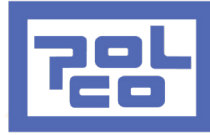
To encourage research, discussion, critical assessment, and dissemination of knowledge in these fields, the Society holds meetings, publishes scientific papers, fosters training and education of scientists and engineers, and cooperates with other organizations to promote science and technology in the public interest.

### Our Vision

The vision of ECS is to be recognized as the steward of electrochemical & solid state science and technology. By creating uninhibited availability of the science through open access, ECS can Free the Science, and accelerate scientific discovery and innovation, leading the community as the advocate, guardian, and facilitator of our technical domain.

<https://www.electrochem.org>





*Equipos de Análisis  
Químico y Físico*

Es una compañía de capital 100% colombiano fundada en septiembre de 1970. Nos dedicamos a resolver necesidades de análisis químico y físico para proceso y laboratorio en los diferentes sectores económicos de Colombia y Panamá, por medio de un trabajo especializado de asesoría técnica y comercial.

Somos representantes exclusivos en Colombia para Metrohm, Büchi, Anton Paar y Erweka. Ofrecemos además soluciones en GFL, Julabo, Siebtechnik y Stakpure.

El propósito de POLCO es el de aportar al desarrollo en ciencia, tecnología e innovación del país en aras de mejorar la calidad de vida de sus integrantes y de la sociedad en general. Para cumplir con este propósito creamos y sostenemos relaciones técnicas y comerciales con diferentes empresas del sector industrial, instituciones de control y regulación, centros académicos y de investigación entre otros.

Brindamos asistencia para la preservación de los equipos, asistencia para la correcta operación y tiempos de respuesta oportunos al momento de requerirse un mantenimiento, siempre sustentados en los estándares de los diferentes fabricantes que representamos.

Para nosotros es de suma importancia conocer y resolver todas sus solicitudes, lo invitamos a visitar nuestro portafolio en [www.polco.com.co](http://www.polco.com.co), allí encontrará más información sobre nuestras soluciones. No dude en contactarnos, puede escribirnos a [polco@polco.com.co](mailto:polco@polco.com.co) con sus necesidades de análisis, o comunicarse mediante la línea nacional 01 8000 52 3333, estaremos listos para usted.

<https://polco.com.co/>



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)



International Society of Electrochemistry

## The International Society of Electrochemistry

Was founded in 1949 by leading European and American Electrochemists to serve the growing needs of electrochemistry in becoming a modern scientific discipline. At that time only a handful of experts were assembled in the original CITCE (Comité International de Thermodynamique et Cinétique Electrochimiques). Since then the association has evolved and now comprises about 3000 individual members and more than 20 Corporate Members (teaching institutions, non-profit-making research organizations and learned societies) and Corporate Sustaining Members (industrial and commercial organizations). Its membership comes from more than 70 countries and is organized in over 40 regional sections. Both industrialized and developing countries from all five continents are represented. ISE is, therefore, a truly world-wide organization. ISE is a non-profit-making organization with its seat in Lausanne, Switzerland.

ISE is an Associated Organisation of IUPAC.

ISE's objectives:

- \* to advance electrochemical science and technology
- \* to disseminate scientific and technological knowledge
- \* to promote international cooperation in electrochemistry
- \* to maintain a high professional standard among its members



## ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE ELECTROQUÍMICA

En el III Congreso Colombiano de Electroquímica se realizará una Asamblea con todos los asistentes que se inscribieron al evento. En dicha Asamblea se realizará una reunión oficial, en la que se entregará por primera vez el premio “Nacho González” en cumplimiento de lo acordado en la pasada versión del Congreso 2016. En esta ocasión se designará a la Junta Directiva de la Asociación Colombiana de Electroquímica que liderará la Asociación durante el periodo 2018 - 2020.

Por lo anterior, el propósito de este evento es integrar una comunidad académica y científica que logre hacer trascender a la electroquímica en Colombia, a través de su fortalecimiento y crecimiento en la docencia, la investigación, su divulgación y en su interacción con la sociedad colombiana.

Los antecedentes de creación de la Asociación se remontan a las reuniones de los Seminarios Colombianos de Electroquímica que dieron lugar al I Congreso Colombiano de Electroquímica realizado en Cajicá; además del XVIII Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Electroquímica (SIBAE) celebrado en Rionegro, Antioquia, en 2008. En el I Congreso Colombiano de Electroquímica (2014) se estableció la creación de la Asociación Colombiana de Electroquímica, y se designó una primera mesa directiva constituida por: el Dr. Jorge Andrés Calderón Gutiérrez (presidente), el Dr. Enrique Vera López (secretario) y el Dr. Ángel Manuel Meléndez Reyes (tesorero).





Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

## SEMBLANZA PONENTES



### PhD. Christian Amatore

Christian Amatore contribuye en la solución de problemas importantes en química orgánica e inorgánica, organometálica, incluso biología usando nuevos conceptos y herramientas en la electroquímica molecular; se consolida como un pionero en el desarrollo de ultramicroelectrodos. Su investigación implica el desarrollo de métodos electroquímicos avanzados para investigar mecanismos extremadamente complejos de química orgánica y organometálica en las mismas condiciones utilizadas por los químicos sintéticos, así como para el estudio de importantes mecanismos biológicos a nivel de célula individual. La mejor explicación de la actividad de Amatore en cinética molecular es la racionalización de la catálisis por transferencia de electrones, la activación de moléculas por transferencia de electrones y, más recientemente, una serie completa de trabajos relativos a la elucidación de los aspectos mecánicos más importantes de la catálisis mediante complejos homogéneos de paladio, área extremadamente activa en la catálisis de hoy para la creación de

bonos carbono-carbono en la industria química fina. El Dr. Amatore ha recibido muchos honores y galardones en la comunidad científica, incluida la Medalla de Plata CNRS de Francia, el Premio Reilley de la Sociedad de Electroanalítica Química y la Medalla RSC Bourke de Gran Bretaña. Recientemente fue elegido como miembro extranjero de la Academia Brasileña de Ciencias.



**PhD. Juan Miguel Felio**

Catedrático de Química Física de la Universidad de Alicante y doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona. En 1984 se incorporó a la Universidad de Alicante, fecha en la que comenzó a trabajar con el equipo del Catedrático Antonio Aldaz, que le encargó desarrollar la línea de investigación básica en electroquímica, dentro del Departamento de Química Física. Los problemas de investigación abordados, en una línea que ha ido evolucionando desde 1986, intentan establecer relaciones entre la estructura y la composición superficial y la reactividad

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

electroquímica, dentro de los campos de Electroquímica de Superficies y fundamentos de Electrocatálisis. Utiliza superficies monocristalinas, exportando posteriormente los resultados a nanopartículas con formas preferenciales. Ha dirigido 20 tesis doctorales y es Profesor Visitante de diversas Universidades. Director del instituto de Electroquímica de la Universidad de Alicante (2003-2010), Juan M. Feliu ha sido Presidente de la Sociedad Internacional de Electroquímica (ISE) en 2005-2006, Secretario de la Comisión I.3 (Electroquímica de la IUPAC y es editor del Journal of Electroanalytical Chemistry. Ha sido galardonado con el Premio Brian Conway de Physical Electrochemistry (2008) y el Charles N. Reilley (2017), que impulsa la Society for Electroanalytical Chemistry de Estados Unidos.



**PhD. Ignacio González Martínez**

Profesor Titular de la Universidad Autónoma Metropolitana – Iztapalapa, UAM-I. Licenciatura en Química en FESC Universidad Nacional Autónoma de México y Doctorado en Química Analítica (Electroquímica) por la Universidad París VI, Pierre et

Marie Curie. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, nivel III desde 2002. Ha publicado 230 trabajos en revistas indizadas, de circulación internacional y con arbitraje, con 4000 citas e índice H 32. Posee diez patentes mexicanas y cinco PCT internacionales, relacionadas a procesos hidrometalúrgicos. Ha dirigido 34 tesis de doctorado, 35 tesis de maestría y 10 trabajos finales de licenciatura. Premio Nacional de Química Andrés Manuel del Río 2007 en Investigación. Miembro de Scientific Committee (2013-2015) del International Society of Electrochemistry, miembro del Consejo Editorial de las revistas Electrochemistry Communications y Editor en Jefe del Journal of The Mexican Chemical Society. Los campos de investigación a los que se dedica actualmente son: hidrometalurgia; electrocatálisis de sistemas bio-inorgánicos, electrorremediación de aguas y suelos contaminados; fotoelectroquímica, acumuladores de energía.

### PhD. Fernando Felipe Rivera Iturbe

El Dr. Rivera, realizó los estudios correspondientes de la Licenciatura en Ingeniería Química en el 2006 por la Universidad Nacional Autónoma de México y del Doctorado en Ciencias (Química) por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa en el 2012, realizando posteriormente estancias posdoctorales en instituciones nacionales de alto prestigio en electroquímica a nivel nacional (UG y CIDETEQ). Además de dichas estancias, el Dr. Rivera también ha participado en proyectos de investigación para Industrias Peñoles (del ramo de la Minería) y Plating Solutions (del ramo de la Galvanoplastia), en el campo de tratamiento electroquímico de efluentes para la recuperación de metales. Actualmente, se desempeña como investigador del CONACYT comisionado al Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica En cuanto a Docencia ha impartido asignaturas relacionadas con Ingeniería Electroquímica a nivel licenciatura y

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

posgrado, en diferentes Universidades y Centros de Investigación nacionales e internacionales como son la Universidad de Guanajuato, La Universidad Nacional Autónoma de México, La Universidad de Antioquia, la Universidad Peruana Cayetano Heredia y el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica. Los temas de interés y las líneas de investigación del Dr. Rivera se centran en la aplicación de reactores electroquímicos a diversos procesos industriales y de tratamiento de efluentes, el análisis de técnicas electroquímicas aplicado al diseño de reactores, modelamiento de reactores y procesos electroquímicos mediante análisis de fenómenos de transporte (mecánica de fluidos y transporte de masa), así como resolución de ecuaciones diferenciales parciales que describen dichos fenómenos, mediante la obtención de soluciones analíticas y/o el uso de software especializado. Actualmente cuenta con 22 publicaciones en revistas indizadas en el JCR y 1 más se encuentra en revisión, además de dos patentes relacionadas con la industria minera. El Dr. Rivera ostenta el nombramiento de Investigador Nacional Nivel 1 en el Sistema Mexicano de Investigadores.





### PhD. Esteban Miguel García Ochoa

Desde hace más de 30 años, el Dr. Esteban García, viene desempeñándose en temáticas de corrosión. Ha trabajado para diversas instituciones. Desde el año 1988, trabajo durante cuatro años en el Instituto de Investigaciones Eléctricas en el departamento de Combustibles Fósiles y posteriormente en el de Físico Química Aplicada. Desde el año 1998, trabajo durante seis años en el Instituto Mexicano del Petróleo, ahí se desempeñó en el área de corrosión en el programa de simulación molecular.

Después en el año 2005, trabajó en la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) departamento de materiales. Desde el año 2006 es Profesor Investigador de tiempo completo del Centro de Investigaciones en Corrosión (CICORR) de la Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México. Desde entonces se ha dedicado a la realización de estudios de los fenómenos de corrosión así como el desarrollo de nuevos inhibidores de corrosión, Nuevas metodologías no lineales de señal de ruido electroquímico y su interpretación. Esteban García es Doctor en Ciencias Químicas (Fisicoquímica), Maestro en Metalurgia e Ingeniero Químico Metalúrgico de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

(UNAM). Ha recibido diversas distinciones durante su carrera trayectoria entre las cuales se pueden citar: Medalla Gabino Barreda por sus estudios de doctorado concedida por la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 2, Miembro evaluador de Corrosion Science, Evaluador de Proyectos de Ciencia Básica (CONACYT). Ha dirigido diversas tesis de pregrado, maestría y doctorado, en temáticas relacionadas con el proceso de corrosión. Ha participado en congresos científicos internacionales.

Ha publicado sus trabajos de investigación en diversas revistas internacionales de las cuales se citan algunas: Electrochemica Acta, Corrosion Science, Journal of The Electrochemical Society, Corrosion Engineering Science and Technology, Journal of Electroanalytical Chemistry, entre otras.



**PhD. Roberto Manuel Torresi**

Licenciatura en Físico Química (1980) y doctorado en Ciencias Químicas (1986) por la Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina. Realizó su posdoctorado en la Universidad

### La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

Pierre et Marie Curie, París, Francia entre 1988 y 1990 trabajando con Claude Gabrielli y Michel Keddam. Entre 1990 y 1993 fue profesor visitante en el Instituto de Física de la UNICAMP, Campinas ya partir de 1994 se integró como profesor doctor al Instituto de Química de São Carlos (USP), San Carlos donde permaneció hasta 2002. Actualmente es profesor titular en el Instituto de Química de la Universidad de São Paulo y editor del Journal of the Brazilian Chemical Society y del Journal of Electroanalytical Chemistry. En el área de Química, con énfasis en Electroquímica, actuando principalmente en los siguientes temas: líquidos iónicos a temperatura ambiente, microbalanza a cristal de cuarzo, electrodos modificados con materiales inorgánicos, orgánicos o híbridos, baterías de iones de litio y electro-intercalación.



**PhD. Susana Inés Córdoba Torresi**

Bachelor en Química Física en la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina, en 1983 y Ph.D. en Química de la misma institución en 1988. En el período 1989-1990, durante su posdoctorado, trabajó en la Université Pierre et Marie Curie en



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

París, Francia. Actualmente es profesora titular en el Instituto de Química de la Universidad de São Paulo. Sus principales líneas de investigación son estudio electroquímico de nanomateriales y la relación entre la reactividad geométrica de tamaño. Ella es miembro de la junta editorial de la Revista de Química Electroanalítica y Editor en Jefe de Química Nova, una publicación de la Sociedad Química Brasileña. Es miembro de la Sociedad Internacional de Electroquímica desde 1992 y en 2000, el ISE le otorgó el Premio Tajima para autores jóvenes. Ella también ha participado como un miembro del Comité Editorial de la sociedad durante dos años.

En el caso de siendo elegida Vicepresidenta, sus esfuerzos se dedicarán a actividades educativas de la sociedad en el sentido de aumentar las experiencias en las Escuelas Internacionales de Electroquímica y tutoriales. La experiencia ya bien establecida de muchas instituciones en este tema debe ser aprovechado con el intercambio de investigadores y estudiantes de diferentes países.

### PhD. Jahir Orozco Holguín



Jahir Orozco Holguín received his B.Sc. in Chemistry from University of Antioquia (Colombia) and his PhD in Chemistry from University of Barcelona and Institute for Microelectronics of Barcelona (Spain), in 2008. He spent a year as a postdoc at the Observatoire Oceanologique de Banyuls sur Mer (Université Pierre et Marie Curie, France), training in molecular techniques

for pathogens monitoring. He spent 4 years as a postdoc in the Department of Nanoengineering at UCSD (USA) developing nanomotors for biomedical and environmental applications. He was awarded with the Beatriu de Pinós Catalan postdoctoral fellowship (2 years) and with the Severo Ochoa Excellence Fellowship at the Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology (Spain) (1.5 years), this last one to work with Nanomotors for theranostic applications.

He has participated in more than 20 research projects and published more than 50 scientific works including peer reviewed papers, book chapters, electronic journals and international proceedings. Dr Orozco has been reviewer of scientific works in about 10 international journals. Indeed, he was awarded as outstanding reviewer by the Sensors and Actuators B: chemical journal in 2016.

He has developed different professional tasks in the public and private sectors, and (mentoring)teaching undergraduate and graduate students for more than 10 years. Back to Colombia since October 2016, Dr Orozco is the director of the Max Planck Tandem Group in Nanobionengineering at University of Antioquia, devoted to the development of new nano-bioengineered tools for theranostic of infectious diseases. His areas of interest include nano(bio) technology, nanomotors, nano(micro)devices, nano(micro)carriers, nanomaterials, (bio)sensors, electrochemistry, and development of analytical tools for environmental and clinical applications.

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)



### PhD. Ricardo A. Torres Palma

El profesor Ricardo A. Torres Palma es Químico y Master en Química de la Universidad del Valle, PhD en Química de la Universidad de Savoie en Francia, Postdoctorado en Ing. Química y Química Aplicada de la Universidad de Toronto (Canadá). Investigador Senior según Colciencias. Líder del Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis de la Universidad de Antioquia (Categoría A1, Colciencias). Ha dedicado su vida científica a la comprensión y al desarrollo de sistemas de tratamiento de aguas mediante procesos electroquímicos, fotoquímicos y sonoquímicos, entre otros. Ha publicado cerca de 60 artículos en revistas indexadas, las cuales cuentan con más de 2000 citas (H-Index 23 en Scopus), ha publicado dos capítulos de libro y los resultados de su investigación han sido presentados en más de 90 congresos y simposios alrededor del mundo. Fue elegido el Afrocolombiano del año en Colombia categoría Academia en el 2012. Actúa como experto evaluador del Consejo Nacional de Acreditación del Ministerio de Educación Nacional, así como de alrededor de 20 revistas internacionales. Es también Editor invitado de las revistas Applied Catalysis B: Environmental, Journal of Hazardous Materials y Environmental Science and Pollution

Research. Hace parte del comité científico de renombrados congresos internacionales como: European Conference on Environmental Applications of Advanced Oxidation Processes, Asia-Oceania Sonochemical Society Conference, Iberoamerican Conference on Advanced Oxidation Technologies y European meeting on Solar Chemistry and Photocatalysis: Environmental Applications.

### PhD. Oscar Andrés Loaiza

El Dr. Loaiza realizó su Doctorado en Química en la Universidad Complutense de Madrid (sobresaliente Cum Laude), recibiendo el premio extraordinario de Doctorado y el premio a la mejor tesis doctoral en el área de Química de la Comunidad de Madrid otorgado por la Real Sociedad española de Química. Trabajó en el Departamento de Química Analítica de la Universidad Complutense entre el 2002 y el 2007, y realizó estancias predoctorales en el Biodesign Institute (Arizona State University), y el grupo de Biosensores (Universidad Autónoma de Barcelona).

Desde el 2008 hasta el 2014 se desempeñó como investigador y Jefe de Proyectos en la Unidad de Sensórica de la empresa IK4-CIDETEC, en San Sebastian, España donde desarrolló diferentes proyectos relacionados con biosensores. En el 2014 volvió a Colombia a través del programa "es tiempo de Volver" financiado por Colciencias y desde agosto de este año está trabajando como profesor ocasional en la Universidad del Valle. Sus áreas de investigación están centradas en la bioelectrocatalisis y la modificación de electrodos para aplicaciones a biosensores, análisis basados en nanopartículas, y el desarrollo de nuevas superficies para la detección de diferentes analitos de interés en el campo médico y agroalimentario.

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)



### **D. Sc. Jorge A. Calderón**

Profesor Titular del Departamento de Materiales de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). Es también investigador en el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales (CIDEMAT) del Universidad de Antioquia. Obtuvo su título doctoral en Ciencias en Ingeniería de Materiales en la Universidad Federal de Río de Janeiro (Río de Janeiro, Brasil) en 2003. Ha sido científico visitante en el Laboratoire Interfaces et Systemes Electrochimiques (LISE) de la Universidad Pierre et Marie Curie (París, Francia), en el Laboratório de Materiais Eletroativos de la Universidade de São Paulo (São Paulo, Brasil), en el Laboratório de Ensaio Não Destrutivos, Corrosão e Soldagem (LNDC / COPPE) de la Universidade Federal do Rio de Janeiro (Río de Janeiro, Brasil) y en el Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata (UNLP) Argentina. La investigación del Dr. Calderón se ha centrado en varias áreas de electroquímica y ciencia de materiales. Su trabajo actual se focaliza en síntesis, caracterización y aplicación de materiales para dispositivos electroquímicos (baterías, membranas, celdas) y para el control

### La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

de la corrosión de metales en diversos medios. Es autor de más de 70 publicaciones indexadas y dos capítulos de libros. Ha dirigido 9 trabajos de maestría y 5 tesis de doctorado. Es investigador categoría Senior de Colciencias.



**Dr. Ángel M. Meléndez**

Born in CDMX, Mexico, Angel M. Meléndez lives in Colombia. He is Associate Professor at UIS. Educated at the Public Universities of Mexico UNAM and UAM-I, from the latter he holds the degree of Chemist and PhD in Chemistry. Since its creation in 2012 Angel M. Meléndez is researcher of CMN. He is Director of the Laboratory of Electrochemistry of CMN-UIS. From May 2016 until June 2018 he served as Director of CIMBIOS research group and CMN. The research interests of Angel M. Meléndez centre on fundamental and applied studies of minerals and inorganic semiconductor solids, particularly transition metal oxides, oxyhydroxides, hydroxides and chalcogenides (sulfides, selenides, and sulfosalts). He is interested in several aspects of the electrochemistry of semiconductors and solid-state chemistry for their application, mainly in hidrometallurgy

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

(leaching of silver and gold), photoelectrochemistry (water decontamination and energy generation), and electrodeposition (valorization of metal-contained in residues). Besides his research is focused on various aspects of microparticles, nanoparticles and films including synthesis, characterization and surface modification.



### Dr. Andrés Dector Espinoza

Ingeniero Químico de la Universidad Veracruzana, maestro en Ciencia y Tecnología con especialidad en Electroquímica del CIDETEQ (Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica) y doctor en Electroquímica del CIDETEQ en el 2016. Estancia en el Instituto de Microelectrónica de Barcelona, IMB-CNM (CSIC), centrada en la fabricación de micro pilas de combustible microfluídicas para la evaluación de nanomateriales electrocatalíticos empleados para la oxidación de glucosa, glicerol y ácido fórmico; en el Institut Européen des membranes, enfocada en el electrodeposito de Au con distintas estructuras mediante técnicas electroquímicas, y en la Universidad

### La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

Autónoma de Madrid sobre la oxidación de glucosa con enzimas depositadas sobre nanopartículas magnéticas. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) nivel I, actualmente cátedra CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) adscrito a la Universidad Tecnológica de San Juan del Río (UTSJR). Su investigación está centrada en el tema de microdispositivos, específicamente en el desarrollo de sistemas microfluídicos para la generación de energía como posible uso en dispositivos portátiles a través del empleo de combustibles fisiológicos como la sangre, la orina y el sudor. De igual forma, la síntesis de electro-catalizadores inorgánicos y la inmovilización de enzimas y bacterias hacen parte de su investigación.



**MSc. Fabián E. Quesada Plata**

El profesor Fabian E. Quesada Plata es Ingeniero Metalúrgico de la Universidad Industrial de Santander (Colombia), Máster y Candidato a Doctor en Ciencia de Materiales de la Universidad de Alicante (España). Actualmente, pertenece al Grupo de Investigación en Ciencias Básicas Aplicadas (GICBA) de



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

las Unidades Tecnológicas de Santander, y a los Grupos de Investigación en Materiales Carbonosos y Medio Ambiente (MCMA) y Electrocatalysis and Polymer Electrochemistry (GEPE) del Instituto Universitario de Materiales de la Universidad de Alicante.

Ha sido investigador invitado en el Functional Nanomaterials Research Hub perteneciente a Queen Mary University of London. Ha sido galardonado con la Beca Santiago Grisolí de la Generalitat Valenciana (España). Su investigación se enfoca en varias áreas de la Ciencia de Materiales, incluyendo la electroquímica. Su tesis doctoral se basa en el diseño, preparación y caracterización de materiales carbonosos de alto valor a partir de residuos biomásicos mediante el uso de tratamientos hidrotermales, para su aplicación en dispositivos electroquímicos de almacenamiento y generación de energía, tales como supercondensadores y pilas de combustible. En adición a ello, ha trabajado en investigaciones relacionadas con procesos fotoelectroquímicos para la descontaminación de aguas residuales industriales.



**Luca Pini**

Gerente Regional de AMETEK (Scientific Instruments, Princeton Applied Research and Solartron) para America Latina.



### Dr. Ricardo Enrique Palma Goyes

Egresado de la facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia- Colombia, obtuvo el título de Químico (2009), Máster (2012) y Doctor en Ciencias Químicas (2017); donde estudio las variables que afectan la síntesis y el desempeño de ánodos dimensionalmente estables (DSA) para su posterior aplicación en remediación de aguas. Actualmente es Postdoctorante (2017-2018) en ingeniería y tecnologías avanzadas del instituto politécnico Nacional- IPN (México). Sus intereses se centran en la investigación de procesos electroquímicos y fotoquímicos de remediación ambiental en aguas, y el estudio de películas de compuestos metálicos con propiedades semiconductoras para su aplicación en fotocatalisis y electrocatalisis. Es investigador categoría junior de Colciencias.

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)



**Robert Stiefvater**

Director IKA Brasil, Economista, Saint-Gobain España, Testo do Brasil, IKA Brasil



**Natalia Isabel Casadiego Leal**

Coordinadora de Ventas América Latina –IKA Brasil. Ingeniería Electrónica- Universidad Autónoma del Caribe. MBA en Gestión Estrategia – Fundación Getulio Vargas. Empresas: Gas Natural Fenosa, Geiico , IBM Brasil, IKA Brasil.



### MSc. Renato Prado de Oliveira Junior

Career history: From 2017 Metrohm IH, Metrohm Autolab and Metrohm Process Analytics Area Sales Manager Latin America. From 2012 to 2017 Metrohm Brasil Instrumentação Analítica Ltda. Product Manager of the Electrochemistry area. From 2010 to 2012 Metrohm Pensalab Instrumentação Analítica Ltda. Application Specialist of the Electrochemistry area. From 2006 to 2009 Mogiana technical school Chemistry Professor. From 1998 to 2006 Clariant S.A. Chemical Analyst. 1997 Clariant S.A. Trainee Chemist.

Education: Master of Science degree, Aeronautics and Mechanical Engineering course, Area of Physics and Chemistry of Aerospace Materials, Aeronautics Institute of Technology (ITA), Conclusion in 2009. Bachelor of Science in Chemical Technology, Faculty of Philosophy, Sciences and Languages Oswaldo Cruz, Conclusion in 2002. Chemistry Technician Washington Luiz school, Conclusion in 1997.

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)



**Carlos Alberto Salazar Duque**

Realizó estudios de Matemática Pura e Ingeniería Electrónica en la Pontificia Universidad Javeriana en la ciudad de Bogotá (Colombia), egresado de la facultad en el año de 1.994. Laboró en Ecopetrol S.A. donde formó parte del Departamento de Ingeniería y Comunicaciones, donde adquirió experiencia con equipos de análisis en Laboratorio y Control en Línea de Procesos de la Refinería de Barrancabermeja. Co-fundador y actual Director General del CENTRO COLOMBIANO DE TECNOLOGIA-CECOLTEC SAS que desde 1.997 y hace 18 años se desempeña como Representante Exclusivo de la firma Metrohm Autolab, Dropsens y PAR-Solartron, al igual que la firma inglesa Malvern Instruments, la holandesa PhenomWorld y la alemana Dataphysics. Nominados a Premios Gacela Pyme por mejor gestión en año 2.013. Ganadores de Beca de Aceleramiento Empresarial de Ruta N y Gobernación de Antioquia (Programa Innceler) en 2.014.

Diplomado en Manejo de Estrategias de Innovación, Universidad de Cornell (2.015) Integrando con su laboratorio de aplicaciones todo lo concerniente a tecnologías de caracterización de sistemas particulados con énfasis en técnicas de: Análisis de Distribución de Tamaño de Partícula por Difracción de Rayo Láser, Reología

## La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

Rotacional y Capilar, Microscopía de Barrido Electrónico (SEM) con Identificación Química, Estudios de Estabilidad por Potencial Zeta, NanoTracking Analysis (NTA), Determinación de Distribución de Peso Molecular, Encapsulación y generación de microfibras por técnicas de ElectroSpray/ElectroSpinning, Técnicas Electroquímicas, Fenómenos Interfaciales con Angulo de Contacto y Tensiometría.

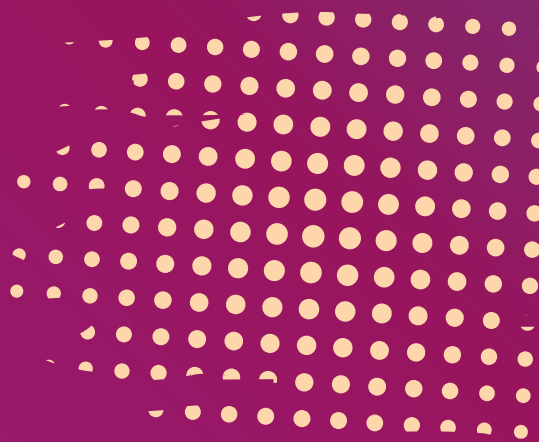
Especialista de producto, para las tecnologías que actualmente poseen en su laboratorio como soporte a su labor de asesor y consultor para mejoramiento de procesos dentro de esquemas de desarrollo de productos y análisis de control de calidad de los mismos. Amante de la bicicleta, la buena música, el buen vino y aficionado a la cocina y la buena mesa.



III Congreso Colombiano de  
**Electroquímica**  
de la Asociación Colombiana de Electroquímica



# CURSOS PRECONGRESO



1 de octubre 2018

## Curso I

“Software nova de Metrohm Autolab: flexible, poderoso e intuitivo para electroquímica”

Renato Prado de Oliveira Junior

Metrohm IH, Metrohm Autolab and Metrohm Process Analytics. Area Sales Manager Latin America

### Alcances:

1. Instalación e introducción al software.
2. Herramientas de diagnóstico del equipo.
3. Selección y configuración de métodos electroquímicos.
4. Modificación de procedimientos (básico).
5. Comandos (básico).
6. Herramientas para el tratamiento de datos.





1 de octubre 2018

## Curso II

“Como manejar la impedancia electroquímica: teoría, aplicaciones y práctica”

Luca Pini

Gerente Regional de AMETEK, Scientific Instruments (Princeton Applied Research & Solartron) para América Latina

### Alcances:

1. ¿Por qué la espectroscopía de impedancia electroquímica?
2. Teoría de EIS
3. Configuración de celda e interfaz electroquímica
4. Revisión del circuito eléctrico
5. Aplicaciones (corrosión, energía, sensores, catálisis, materiales dieléctricos, otras aplicaciones).
6. Diseño experimental
7. Instrumentación



## Curso III

### “Cinética electroquímica y la teoría de Marcus”

PhD. Christian Amatore

*A te convien tenere altro viaggio ... Chè questa bestia, per la qual tu gride, Non lascia altrui pasar per la sua via, Ma tanto lo impedisce, che l'uccide ... Dante, Divina Commedia*

- I Introduction
  - II Fundamental Aspects of Electron Transfer Reactions
    - A. Oxidation-reduction reactions versus electron transfer reactions in organic chemistry and electrochemistry.
    - B. Standard potentials: What they mean and what they do not mean.
    - C. Mechanism and theory of outer sphere electron transfer reactions.
  - III Fundamental Aspects of Electrode Phenomena
    - A. Monitoring a half-reaction: The electrochemical cell.
    - B. General overview of an electrode reaction.
    - C. Kinetics of heterogeneous electron transfers.
    - D. Adsorption phenomena.
    - E. Coupled chemical reactions.
  - IV Mass Transfer in Electrochemistry
    - A. Fundamental aspects of mass transfer processes.
    - B. Steady-state electrochemical methods: Half-wave potential  $E_{1/2}$ .
    - C. Transient electrochemical methods.
- References and Notes

## Curso IV

### “Almacenamiento y conversión electroquímica de energía”

PhD. Roberto Torresi

El interés en sistemas de almacenamiento electroquímico de energía (AEE) se ha expandido dramáticamente en los últimos 20 años debido al aumento de la demanda de energía. Esta expansión fue inicialmente inducida por la electrónica de consumo; pero, recientemente, en los últimos 10 años, ha habido un cambio de paradigma con una expansión del AEE para sistemas a gran escala provocado por el desarrollo de las fuentes renovables de energía, tales como, a eólica y solar, estabilización de la red de distribución eléctrica y vehículos eléctricos [1,2].

En éste curso serán desarrollados los siguientes tópicos:

- I Baterías de ion metálicos: materiales de dos electrodos negativos y positivos y electrolitos.
- II Baterías de litio-oxígeno: problemas que deben ser solucionados
- III Capacitores electroquímicos: fundamentos y aplicaciones. Diferencias con baterías.
- IV Conclusiones y perspectivas.

[1] Energy Storage Study - A storage market review and recommendations for funding and knowledge sharing priorities. Australian Renewable Energy Agency - ABN: 35931927899 – July 2015.

[2] Estratégia de implantação do carro elétrica no Brasil. Coordinador: João Paulo dos Reis Velloso, Cadernos Fórum Nacional 10, INAE, 2010.

## Curso V

“Síntesis de nanomateriales aplicados a diferentes dispositivos electroquímicos”

PhD. Susana Inés de Cordoba

- I Introduction
- A Types of Smart materials
  - Electroactive smart materials
- II Smart materials for sensors and biosensors
- A Types of biosensors
  - Nanostructured platforms
  - Nanostructured materials for electrochemical recognition
- III Nanostructured materials for optical devices
- A Nanoelectrochromics
- IV Smart Materials in drug release devices
- V Smart Materials in cell viability

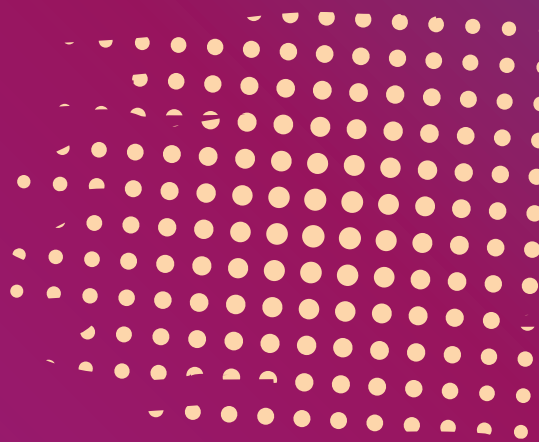
## Curso VI

“Electroquímica Superficial y Fundamentos de Electrocatalisis”

PhD. Juan Feliu



# CONFERENCIAS MAGISTRALES





# Las baterías de inserción de iones alcalinos: dispositivos prometedores para el almacenamiento de la producción de energía (intermitente) de las fuentes renovables

Dr. Ignacio González

*Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Departamento de Química, 09340 CDMX. (México).*

*\*igm@xanum.uam.mx*

La producción de energía utilizando fuentes renovables como: el viento, luz solar, geotérmica, entre otras, generalmente es intermitente y puede ser de gran magnitud; de esta manera es necesario el desarrollo de dispositivos de almacenamiento de energía que sean capaces de poseer una alta densidad de energía a almacenar y una alta velocidad para dispensar la energía cuando sea requerida. Las celdas electroquímicas (baterías) y "los supercapacitores" son los dispositivos que se están desarrollando para este fin. En esta conferencia se revisan los conceptos asociados a las celdas electroquímicas relacionadas a las "baterías" alcalinas y plomo-ácido, para identificar los procesos asociados a: potencial de celda, densidad de energía almacenada, velocidad de carga y descarga, envejecimiento. De esta manera se identifican las limitaciones de estos dispositivos y se discuten las características y propiedades de las celdas de "inserción de iones litio" (LIB) que permiten duplicar el voltaje de celda; así mismo, se presentan los retos en el desarrollo de materiales y diseño de dispositivos para incrementar la densidad

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

de energía, y la velocidad de descarga. Se discute el diseño multi-escala de materiales, que se ha planteado en nuestro grupo multidisciplinario, para el diseño de almacenadores de energía, desde: el diseño "in silico" (nivel molecular y meso escala) de materiales tanto de inserción de iones alcalinos como de polímeros conductores iónicos; hasta el desarrollo de prototipos. Con el fin de mostrar los alcances de este tipo de diseño se presentan los avances en el desarrollo y caracterización de materiales prometedores para ser utilizados como: cátodos, electrolitos y ánodos, de celdas de inserción de iones litio y sodio.





# Seeing, Monitoring and Understanding Vesicular Exocytosis of Neurotransmitters with Micro- and Nanoelectrodes

Dr. Christian Amatore

*CNRS-ENS-UPMC UMR 8640 PASTEUR, Département de Chimie, Ecole Normale Supérieure, 24 rue Lhomond, 75005 Paris, France.*

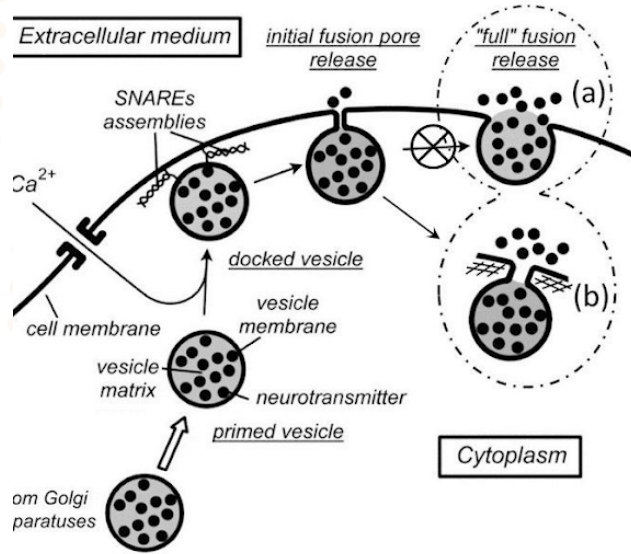
*\*christian.amatore@ens.fr*

Vesicular exocytosis is a natural nanoscale process. This involves a connection between nanometric vesicles contained inside a cell with the cell membrane occurring by creation of a fusion nanopore across the two membranes through which biologically active molecules contained inside the vesicle are released into the extracellular environment (synaptic cleft, circulating fluids). Despite the minute released amounts (attomoles), single exocytotic events can be studied by means of the 'artificial synapse' amperometric method [1], in which a cell is interrogated by a carbon fiber microelectrode collecting and oxidizing released molecules so that the finely-structured electrochemical current tracks quantitatively the exocytotic flux. Our purpose is to derive dynamic information about these phenomena.

Such information is obtained by theoretical deconvolution of the experimental current to obtain the time-dependent radius of the fusion nanopore [2]. However, reconstruction requires that one of the characteristic dimensions is known as an independent entry. To this end, we resorted to initial fusion nanopore radius values ( $1.2 \pm 0.35$  nm), which are well established by patch-clamp measurements. This allowed determining the average neurotransmitter diffusion



rate within the vesicle, which in turn permitted reconstructing the fusion nanopore dynamics from any given spike [3-5].



Owing to the large number of spikes available in amperometric traces this afforded statistically significant distributions of initial and final fusion pore sizes [5,6]. This established unambiguously for the first time that the "full fusion" stage does not end into full fusion but stops after less than ca. 1% of the vesicle membrane surface area is integrated in that of the cell. The expansion of the fusion pore appears to be blocked by some mechanical constraint, presumably imposed by extra-membrane proteins [4-8]. Such quantitative results are in line with Ewing's previous qualitative observations pointing out that the fusion mechanism is more complex than thought and is most certainly regulated by an active participation of the actin cytoskeleton and possibly also by proteins complexes.

- [1] C. Amatore, S. Arbault, M. Guille, F. Lemaître, *Chem. Rev.* 108, 2585-2621 (2008).
- [2] C. Amatore, A. I. Oleinick, I. Svir, *ChemPhysChem* 11, 149-158 (2010); *ChemPhysChem* 11, 159-174 (2010).
- [3] A. Oleinick, F. Lemaître, M. Guille Collignon, I. Svir, C. Amatore, *Faraday Discuss.* 164, 33-55 (2013).
- [4] A. Oleinick, R. Hu, B. Ren, Z.Q. Tian, I. Svir, C. Amatore, *J. Electrochem. Soc.*, 163, H3014-H3024 (2016).
- [5] A. Oleinick, I. Svir, C. Amatore, *Proc. Royal Soc. A*, in press.
- [6] J. Lovrić, N. Najafinobar, J. Dunevall, S. Majdi, I. Svir, A. Oleinick, C. Amatore, A.G. Ewing. *Faraday Discuss.*, 193, 65-79 (2016).
- [7] L. Ren, L. Mellander, J. Keighron, A-S. Cans, M. Kurczy, I. Svir, A. Oleinick, C. Amatore, A.G. Ewing. *Quarter. Rev. Biol.*, 49, 1-27 (2016).
- [8] R. Hu, B. Ren, C.J. Lin, A. Oleinick, I. Svir, Z.Q. Tian, C. Amatore. *J. Electrochem. Soc.*, 163, H853-H865 (2016).
- [9] Y.T. Li, S.H. Zhang, L. Wang, R-R. Xiao, W. Liu, X.W. Zhang, Z. Zhou, C. Amatore, W.H. Huang, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 53, 12456-12460 (2013).
- [10] Y.T. Li, S.H. Zhang, X.Y. Wang, X.W. Zhang, A.I. Oleinick, I. Svir, C. Amatore, W.H. Huang. *Angew. Chem.*, 54, 9313-9318 (2015).
- [11] S. Majdi, E. C. Berglund, J. Dunevall, A. I. Oleinick, C. Amatore, D. Krantz, A. G. Ewing. *Angew. Chem.*, 7, 13609-13612 (2015).



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

# Gráficos recursivos una nueva metodología de análisis de la señal de ruido electroquímico

PhD. Esteban Miguel García Ochoa

*Centro de Investigaciones en Corrosión (CICORR), Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México.*

*\*estebangarci@gmail.com*

El fenómeno de corrosión es de naturaleza electroquímica por lo cual es posible la presencia de oscilaciones en potencial y corriente debido a la formación de microceldas en la superficie del metal. Dichas oscilaciones denominadas como Ruido Electroquímico (RE) contienen información del proceso de corrosión involucrado encontrando una gran aplicación [1] a nivel industrial pero también como herramienta de investigación básica de la electroquímica [2,3,4].

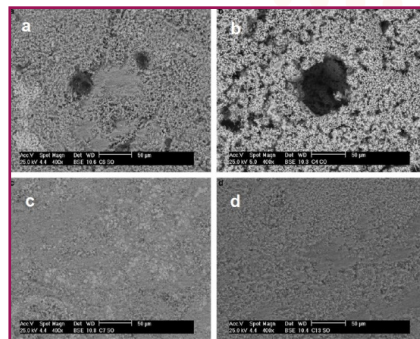
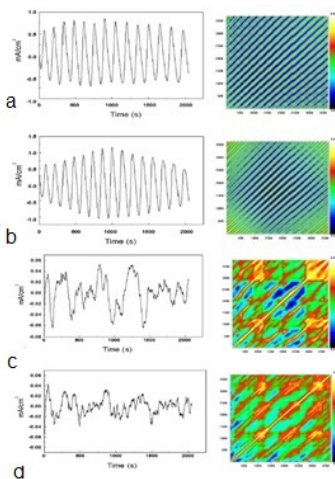


Figura 1 Series de tiempo y sus gráficos recursivos correspondientes asociados a la morfología de ataque que se presentó del cobre a) 3.89g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y 26.50g NaCl b) 3.89g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y 13.25g NaCl c) 1.75g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y 26.50g NaCl d) 0.64g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y 26.50g NaCl [7]

Como se dijo anteriormente la señal de ruido electroquímico se genera por la dinámica que acontece en la superficie del metal donde la doble capa se ve modificada continuamente. Por lo cual se han realizado esfuerzos muy importantes para poder sustraer información de dicha señal. La cual está asociada tanto a las reacciones electroquímicas como a la distribución de estas en la superficie metálica, lo cual determina la morfología de ataque corrosivo que se presenta. Un ejemplo de esto se aprecia en el trabajo realizado por Garcia-Ochoa[5] donde muestra que la dimensión fractal de la superficie corroída tiene una relación directa con la dimensión fractal de la señal de ruido electroquímico.

Hacia 1987, Eckmann et. al [6] proponen una nueva metodología de análisis no lineal la cual denominaron como gráficos recursivos (recurrence plot) los cuales resultaron muy útiles en la representación gráfica para sistemas dinámicos no lineales multidimensionales por medio de una gráficas de dos dimensiones.

En la señal de ruido está contenida la información de la dinámica del proceso de corrosión como se puede apreciar en un fenómeno de corrosión por picadura donde se muestra una gran periodicidad en los gráficos recursivos mientras que en corrosión uniforme no existe [7].

[1] Electrochemical Noise Measurement for Corrosion Application Jeffery R. Kearns, John R. Scully, Pierre R. Roberge, David L. Reichert, John L. Dawsons. ASTM (1996) ISBN 0-8031-2032

[2] Levent Organ, István Z. Kiss, Jhon L. Hudson Bursting

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

Oscillations during Metal Electrodeposition: Experiments and Model. *J. Phys. Chem B* v 107 p 6648-6659 (2003)

[3] P. Parmananda, M. Riviera, R. Madrigal, I.Z. Kiss, V Gáspár., Resonant Control of Electrochemical Oscillations *J. Phys. Chem B* v 104 p 11748-11751 (2000)

[4] Dimitra Sazou, Michael Pagitsas, Experimental Bifurcation Analysis of the Cobalt/Phosphoric acid Electrochemical Oscillator. *Electrochimica Acta* V 40 No 6 p 755-766 (1995).

[5] E. Garcia Ochoa, F. Corvo, Copper patina corrosion evaluation by means of fractal geometry using electrochemical noise (EN) and image analysis., *Electrochemistry Communications* V 12 p 826-830 (2010)

[6] J.-P. Eckmann, S. Oliffson Kamphorst, D. Ruelle, Recurrence Plots., of Dynamical Systems, *Europhysics Letters* v 4 n9 p 973-977 (1987)

[7] E. Cazares-Ibáñez, G.A. Vázquez-Coutiño, E. García-Ochoa, *Journal of Electroanalytical Chemistry* 583 (2005) 17





# Ingeniería electroquímica aplicada a reactores contemplados para procesos de electro síntesis, ambientales y de almacenamiento de energía. Un enfoque aplicando simulación computacional y caracterización experimental

Dr. Fernando Felipe Rivera Iturbe

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

*\*frivera@cideteq.mx*

En la implementación de procesos electroquímicos novedosos y de aplicación potencial a gran escala (como son procesos de electrosíntesis, ambientales y de almacenamiento de energía), es necesario llevar a cabo un diseño confiable del dispositivo central de dichos procesos: el reactor electroquímico. En este seminario se presenta el planteamiento de una metodología general para el análisis y diseño de reactores electroquímicos, basada en técnicas de caracterización experimental y simulación computacional.

Además, se mencionan tres ejemplos de aplicación de la ingeniería electroquímica a procesos potencialmente aplicables a gran escala; análisis mediante modelado paramétrico, simulación computacional y validación experimental de diversos reactores, así como la obtención de nuevos diseños mediante herramientas de modelado, para su aplicación en sistemas bioelectroquímicos. Las conclusiones obtenidas en los ejemplos mostrados evidencian



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

que los conceptos ofrecidos por los modelos teóricos y la caracterización experimental de dichos reactores deben de complementarse, proporcionando mejores bases para la aplicación y diseño de procesos electroquímicos sustentables.

# Fundamental Heterogeneous Electrocatalysis: The Interface between Art and Science

PhD Juan Miguel Feliu

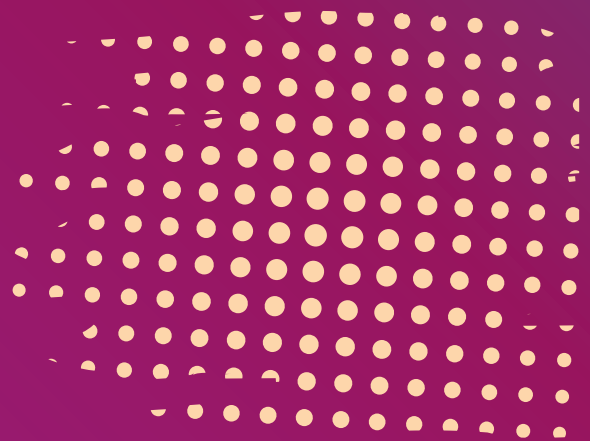
*Universidad de Alicante, Departamento de Química Física, Alicante,  
España.*

*\*juan.feliu@ua.es*





# CONFERENCIAS PLENARIAS







Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

# Desarrollos recientes en la eliminación de contaminantes emergentes en aguas mediante métodos electroquímicos

Dr. Ricardo A. Torres Palma

*Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín.*

*\*ricardo.torres@udea.edu.co*

La presencia de contaminantes emergentes en aguas naturales y residuales ha alertado a comunidades de diversos países incluyendo Colombia<sup>1</sup>. Sus efectos nocivos, la ausencia de regulación ambiental, la inexistencia o ineficiencia de plantas de tratamientos de aguas ha incrementado considerablemente el riesgo asociado a dichos contaminantes. En los últimos años, diferentes métodos electroquímicos, solos o combinados con otros procesos, han sido propuestos como una opción interesante para hacer frente a esta problemática. Métodos reductivos, pero principalmente oxidativos, dentro de los que se destacan la oxidación anódica, y los sistemas basados en el proceso Fenton, entre otros, han mostrado resultados interesantes en aguas residuales municipales, residuos hospitalarios, orina y agua de mar<sup>2,3</sup>. En el presente trabajo se abordaran los fundamentos de los sistemas electroquímicos aplicados al tratamiento de aguas, los mecanismos y vía de degradación involucrados, así como la importancia de la elección de los electrodos, los efectos de la estructura química de los contaminantes y los efectos de la matriz de la muestra efectos de matriz. Adicionalmente, las limitaciones al aplicar la tecnología en aguas reales y los nuevos desarrollos que buscan solventar dichas deficiencias.

## Referencias

[1] Los ríos colombianos también están llenos de acetaminofén. El Espectador, 21 de Junio de 2018.

[2] Efraím A. Serna-Galvis, Karen E. Berrio-Perlaza, Ricardo A. Torres-Palma. Electrochemical treatment of penicillin, cephalosporin, and fluoroquinolone antibiotics via active chlorine: evaluation of antimicrobial activity, toxicity, matrix, and their correlation with the degradation pathways. *Environ Sci Pollut Res* 24 (2017) 23771–23782.

[3] Sindy D. Jojoa-Sierra, Javier Silva-Agredo, Erika Herrera-Calderon, Ricardo A. Torres-Palma RA. Elimination of the antibiotic norfloxacin in municipal wastewater, urine and seawater by electrochemical oxidation on IrO<sub>2</sub> anodes. *Science of the Total Environment* 575 (2017) 1228–1238.

## Agradecimientos

El autor agradece a Universidad de Antioquia UdeA, así como a Colciencias a través de los proyectos 111565842980 y 111577757323.



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

# Propiedades texturales y comportamiento electroquímico de carbones activados preparados mediante carbonización hidrotérmal asistida con $\text{H}_3\text{PO}_4$ y activación posterior a altas temperaturas

Fabían Quesada Plata<sup>1\*</sup>, Ramiro Ruiz Rosas<sup>2</sup>, Emilia Morallón Nuñez<sup>1</sup>,  
Diego Cazorla Amorós<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Química Física e Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080, Alicante, España*

<sup>2</sup> *Departamento de Química Inorgánica e Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080, Alicante, España.*

*\*fabian.quesada@ua.es*

Los carbones activados son materiales carbonosos con bajo orden estructural, excelentes propiedades texturales y una química superficial fácilmente modificable. A pesar de su naturaleza amorfa, la presencia de átomos de carbono en hibridaciones  $sp^2$  y  $sp^3$  les otorgan la posibilidad de utilizarse en una amplia gama de aplicaciones que involucren alta conductividad eléctrica, especialmente como material de electrodos para dispositivos electroquímicos de almacenamiento de energía. La conductividad y el comportamiento electroquímico del carbón activado están determinadas, en gran medida, por el método de preparación empleado y por la temperatura de activación a la cual se realice el proceso. Dado lo anterior, en este trabajo se ha evaluado el efecto de la temperatura de activación en las propiedades texturales y el comportamiento electroquímico de carbones

activados obtenidos a partir de residuos biomásicos mediante un tratamiento de carbonización hidrotérmal asistido con  $\text{H}_3\text{PO}_4$  y activaciones a altas temperaturas. Para ello, se utilizaron como precursores carbonosos dos biomásas diferentes: cáscara de almendra y cañamiza.

Siguiendo este procedimiento, se han obtenido carbones activados con una estructura porosa bien definida y áreas superficiales superiores a  $1500 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ . A medida que se incrementa la temperatura de activación se obtiene un mayor desarrollo de la mesoporosidad del material debido a que el  $\text{H}_3\text{PO}_4$  presente durante el tratamiento térmico genera polifosfatos que actúan como soporte de la estructura porosa, evitando la contracción de la misma. Este comportamiento difiere de los carbones activados obtenidos a través del método convencional de activación con  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , en el cual se observa un aumento del volumen de microporo y una disminución de la mesoporosidad al incrementar la temperatura de activación. Dichas diferencias en el desarrollo de porosidad se atribuyen a que el tratamiento hidrotérmal permite una mejor impregnación de la biomasa con el  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

Adicionalmente, se ha observado un mejor comportamiento electroquímico de los electrodos preparados a partir de los materiales obtenidos a mayores temperaturas. Estos resultados pueden ser aprovechados para mejorar la síntesis de carbones activados de bajo coste y buen comportamiento electroquímico, y viabilizar su uso como material de electrodo en dispositivos de almacenamiento de energía.



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

# Electroquímica en el procesamiento de minerales y metales desde la mena y fuentes secundarias hasta materiales de valor agregado

Dr. Ángel M. Meléndez

*Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Materiales y Nanociencias (CMN), Universidad Industrial de Santander, PTG, Piedecuesta, Santander, Colombia, C.P. 681011*

*\*angelemet@gmail.com*

Colombia y otros países de América Latina comparten problemas regionales particulares, por ejemplo, la explotación de menas que implican retos desde la extracción de metales hasta el consumo de grandes cantidades de agua, y el desecho de residuos contaminantes sólidos o disueltos en agua con metales potencialmente tóxicos. En este contexto, se presentan investigaciones básicas que utilizan principios y técnicas electroquímicas encaminadas a lograr objetivos prácticos. Estas investigaciones están encaminadas a explorar: a) la electroquímica de minerales sulfurosos en líquidos iónicos para evaluar su potencial uso en el procesamiento de minerales que contienen oro, b) el reciclaje de metales de alto valor agregado y, c) la separación de mercurio de aguas contaminadas con metales pesados y cianuro. La electroquímica ofrece la posibilidad de abordar estos problemas y ofrecer soluciones que sean sostenibles, partiendo desde la investigación fundamental hasta la aplicada para contribuir al bienestar de todos. A continuación, se presentan los temas que se presentarán en la charla:

## La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

- El problema del tipo de galena ( $\text{PbS}$ ) para su concentración por el proceso de flotación por espuma.
- Oro coloidal encapsulado en arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ): problemas de extracción hidrometalúrgica y una alternativa verde para reemplazar al cianuro y disminuir el consumo de agua.
- Recuperación de  $\text{La}$ ,  $\text{Co}$   $\text{Ni}$  a partir de desechos de baterías  $\text{NiMH}$ .



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

# Preparación de Ánodos Dimensionalmente Estables (DSA) para la oxidación indirecta de contaminantes orgánicos en aguas

Ricardo E. Palma Goyes<sup>1\*</sup>, Jorge Vazques Arenas<sup>2</sup>, Carlos Ostos Ortiz<sup>3</sup>,  
Ricardo A. Torres Palma<sup>4</sup>, Ignacio González Martínez<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup> *Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas-Instituto Politécnico Nacional. Av. IPN No. 2580, Gustavo A. Madero, C.P. 07340, Ciudad de México, México*

<sup>2</sup> *Departamento de Química, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco No 186, C.P 09340, México D.F, Mexico*

<sup>3</sup> *Grupo CATALAD, Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia*

<sup>4</sup> *Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biotransformación (GIRAB), Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia*

\**ricenpago@gmail.com*, \*\**igml@xanum.uam.mx*

En la última década, las tecnologías electroquímicas, en especial la oxidación electroquímica indirecta mediante agentes oxidantes como el cloro activo ( $\text{Cl}_2$ -activo,  $\text{Cl}_2/\text{Cl}^-$   $E = 1.36$  V vs SHE,  $\text{HClO}/\text{Cl}^-$   $E = 1.49$  V vs SHE y  $\text{ClO}^-/\text{Cl}^-$   $E = 0.89$  V vs SHE), han atraído el interés de la comunidad científica debido a sus excelentes perspectivas en relación a la descontaminación de aguas urbanas e industriales y está conectado a la presencia de iones cloruro en múltiples efluentes y aguas residuales, de donde puede ser explotado como un reactivo natural. Estas especies se generan eficientemente usando ánodos dimensionalmente estables (DSA) a base de  $\text{RuO}_2$  y  $\text{IrO}_2$ . Estos ánodos se distinguen por su gran área

superficial, alta actividad catalítica, estabilidad a la corrosión, resistencia eléctrica y bajo consumo de energía. Las propiedades electroquímicas de DSA pueden ser modificadas sinérgicamente controlando la composición de óxidos constituyentes. Para este propósito la combinación de dos o más óxidos con el catalizador ( $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ ) podría no solo mejorar la actividad catalítica hacia la formación de especies de  $\text{Cl}_2$ -activo, sino también conferirle duración al ánodo por estabilización de los cationes presentes en la red molecular del óxido. En el presente trabajo se mostrará una metodología para la preparación de ánodos DSA binarios y ternarios con propiedades superiores a los convencionales a base de  $\text{RuO}_2$ , usando  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_5$  y  $\text{IrO}_2$  como óxidos auxiliares. Análisis morfológicos y de microestructura (SEM-EDS, XRD, XPS) y el estudio de su comportamiento electroquímico (CV, LSV, EIS) se llevaron a cabo para explicar comportamiento catalítico del material anódico 1,2.

[1] R. E. Palma-Goyes, J. Vazquez-Arenas, C. Ostos, R. A. Torres-Palma, and I. González, *J. Electrochem. Soc.*, 163, H818–H825 (2016).

[2] R. E. Palma-Goyes J. Vázquez-Arenas, C. Ostos, A. Manzo-Robledo, I. Romero-Ibarra, J.A. Calderon, I. González, *Electrochimica Acta* 275, 265-274 (2018).





Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

# Electro-síntesis de nano partículas de magnetita: modificación superficial y aplicaciones

D. Sc. Jorge A. Calderón G.

*Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales –  
CIDEMAT, Universidad de Antioquia UdeA*

*\*[andres.calderon@udea.edu.co](mailto:andres.calderon@udea.edu.co)*

Las nanopartículas de magnetita son de gran interés científico y tecnológico debido a sus, propiedades superparamagnéticas, biocompatibilidad, baja toxicidad y fácil proceso de obtención. En este trabajo se presenta la síntesis electroquímica de nanopartículas de magnetita y su modificación superficial in situ y ex situ para mejorar su interacción con diferentes matrices, para obtener materiales funcionales en aplicaciones biomédicas y cosméticas. El trabajo comprende un estudio fundamental de determinación del mecanismo reaccional que conlleva a la nucleación y el crecimiento de las nanopartículas de magnetita y la influencia de las principales variables del proceso en el mecanismo de electro-síntesis; así como también algunas aplicaciones de las nanopartículas para la fabricación de materiales funcionales en el campo de tratamiento terapéuticos y cosméticos.



# Diagnostic and intervention applied electrochemistry

PhD. Jahir Orozco Holguín

*Group Leader: Max Planck Tandem Group in Nanobioengineering,  
Universidad de Antioquia, Complejo Ruta N, Torre A, Laboratorio 4-166*

*\*[grupotandem.nanobioe@udea.edu.co](mailto:grupotandem.nanobioe@udea.edu.co)*

Electrochemistry has suffered a tremendous evolution in recent decades thanks to the growing number and broad spectrum of applications of this practical engineering interfacing field of science. From classical physical chemistry, electrochemistry can provide kinetics and thermodynamic information of the interaction between an electrical energy-type produced by a physical, chemical or biological change. Modern electrochemistry is without a doubt an active-interacting interdisciplinary science, whose undefined boundaries are neighboring among materials science, nanoscience, environmental and life sciences. In this context, electrochemistry is offering novel and new alternatives to standard laboratory instrumentation for clinical and environmental diagnosis and intervention.

This plenary talk will provide an overview of how modern electrochemistry is opening up the way for diagnostic and intervention and other practical applications in the biomedical and environment fields. For example, it will show how biosensors, for the specific and highly sensitive pathogen detection, can be built

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

in a very simple format. The lecture will illustrate the use of novel hybrid nano(bio)platforms for the development of electrochemical (bio)sensors of improved performance. Finally, the lecture will provide a general overview of how electrochemically fabricated nano(micro)motors, designed to convert chemical energy into autonomous motion by different propulsion mechanisms, hold potential not only for chemical (bi)sensing, direct isolation of target (bio)molecules and cells from complex biological samples, but also for environmental remediation.

Overall, the talk will demonstrate the enormous potential of electrochemistry for tackling real problems in today's world and will highlight the still unpredictable opportunities for multiple applications in diagnostic and intervention in the environmental and biomedical fields.





# Fabricación y evaluación de microceldas de combustible como posible fuente de alimentación en dispositivos portátiles

Dr. Andrés Dector Espinoza.

*Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Cátedra CONACyT - UTSJR SNI 1*

*\*andres\_dector@live.com*

En la última década se encuentran en desarrollo diversos microsistemas, tales como las microceldas de combustible, que podrían satisfacer las demandas energéticas de dispositivos portátiles. Entre las ventajas de estos microsistemas destaca el uso de diferentes combustibles orgánicos, siendo una alternativa algunos fluidos fisiológicos como la sangre y la orina, de donde podría generarse energía eléctrica para su posible uso en dispositivos médicos portátiles. Esta conferencia es dedicada a presentar la fabricación, empleando tecnología de microfabricación, y la evaluación de micro celdas de combustible usando combustibles fisiológicos en condiciones reales.

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

## CHARLAS PATROCINADORES



*Equipos de Análisis  
Químico y Físico*

Renato Prada Junior



Natalia Isabel Casadiego  
Robert Stiefvater



Carlos Salazar  
Luca Pini



## Temática

### III Congreso Colombiano de Electroquímica

- EA Electroquímica Analítica
- BB Bioelectroquímica y Bioimpedancia Eléctrica
- COR Corrosión
- EA Electroquímica Ambiental y Tratamiento de Aguas que involucran Fenómenos de Naturaleza Electroquímica
- EE Educación Electroquímica
- EMP Electroquímica en Procesamiento de Minerales y Metales (Metalurgia Extractiva)
- EO Electroquímica Orgánica y de Productos Naturales
- MES Electroquímica de Materiales y Modificación de Superficies (Electrodepósitos, Electropolimerización, Nanoelectroquímica, Semiconductores)
- SE Almacenamiento y Conversión Electroquímica de Energía
- TPE Tecnología e Ingeniería de Procesos Electroquímicos



# PRESENTACIONES ORALES Y POSTERES



# Estimación de la Incertidumbre de Medición del pH con Sistema Primario por el Método de Simulación Monte Carlo

Ronald Cristancho Amaya<sup>\*1</sup>, Andrés Mauricio Castillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Instituto Nacional de Metrología de Colombia.*

*\*rcristancho@inm.gov.co*

Para garantizar la calidad de los resultados y asegurar la trazabilidad en las mediciones del pH que se realizan en varios sectores de la industria y laboratorios de análisis en Colombia, es necesario el uso de materiales de referencia certificados; de esta manera el Instituto Nacional de Metrología ha estado trabajando en el establecimiento del sistema de medición primario del pH, lo cual permitirá realizar la producción de materiales de referencia certificados de la mayor jerarquía metrológica. En este trabajo se presenta el desarrollo de este establecimiento y la estimación de su incertidumbre de medición, aplicando el método de simulación Monte Carlo acorde a la Guía para la Expresión de la incertidumbre de Medida-GUM<sup>1</sup> y el suplemento denominado Guía para la expresión de la incertidumbre de medida - Propagación de distribuciones aplicando el método de Monte Carlo<sup>2</sup>, con apoyo de herramientas de software y ejemplos desarrollados para otros casos de estudio o mediciones<sup>3</sup>.

## Referencias

1. Joint Committee For Guides In Metrology JCGM (2008), ISO/IEC Guide 98-3 (2008) Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995), vol. 50, no. September. Geneva: BIPM, pp. 1–134.



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

2. Joint Committee For Guides In Metrology JCGM (2008), "Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the 'Guide to the expression of uncertainty in measurement' — Propagation of distributions using a Monte Carlo method," Geneva: BIPM.
3. Klauenberg K and Elster C. 'Markov chain Monte Carlo methods: an introductory example': Metrologia, Number 53; 2016.





# Implementación de la metodología de voltamperometría diferencial de pulsos con redisolución anódica para determinación de mercurio en atún enlatado

Jair Esteban Burgos Contento, César Quiñonez Segura,  
Oscar Rodríguez Bejarano,

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás,  
Villavicencio

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás, Bogotá

<sup>2</sup> Facultad Química, Universidad Nacional, Bogotá

\*[jairburgos@usantotomas.edu.co](mailto:jairburgos@usantotomas.edu.co)

En esta investigación se realizó la determinación de mercurio en cinco marcas diferentes de atún enlatado en la ciudad de Bogotá mediante la implementación de la técnica de voltamperometría diferencial de pulsos con redisolución anódica [1]. Para la implementación de esta técnica primero se realizó la digestión de las muestras como lo indica la NTC 1322[2], la configuración de la celda electroquímica consistió en un electrolito soporte de ácido perclórico 0,46 M, y se utilizó un electrodo de trabajo de carbón vítreo de 3 mm de diámetro, un electrodo de referencia de plata-cloruro de plata (Ag/AgCl) y un contraelectrodo con una aleación de titanio y platino. Esta configuración de la celda permitió determinar mediante diferentes barridos, un tiempo

de deposición de 240 segundos, un potencial de deposición de -500 mV y un intervalo de barrido -400 mV hasta 500 mV, como los más adecuados para el estudio. La determinación de la concentración de mercurio se realizó mediante la metodología de adición estándar [3], debido a la complejidad de las matrices de análisis que, por su contenido de materia orgánica pasivan el electrodo de trabajo. Posteriormente el análisis de las muestras permitió determinar que tres de las marcas de atún sobrepasan los límites permitidos por la legislación colombiana, y las dos restantes no contienen mercurio o tienen niveles por debajo del límite de detección de la técnica. Se encontraron concentraciones hasta de 4,14 ppm en una de las muestras analizadas del atún de la marca codificada como VC. La determinación de mercurio en el atún enlatado se convierte en un tema principal debido a la alta toxicidad de éste metal, el cuál se bioacumula y se biomagnifica haciendo más graves sus consecuencias, dentro de las cuales se encuentran enfermedades como ataxia, parestesia, alteraciones sensoriales, temblores, visión borrosa, trastornos del habla, dificultades auditivas, ceguera, sordera, toxicidad renal, infarto al miocardio, mal funcionamiento inmunológico, e irregular presión sanguínea e incluso la muerte, especialmente en personas en estado de gestación y adultos mayores [4], Todas las formas de mercurio son tóxicas, pero particularmente problemáticas son las formas orgánicas como el MeHg, la cual es una neurotoxina.

[1] Fu X C, Chen X, Guo Z, Xie C G, Kong L T, Liu J H, and Huang XJ, 2011 *Anal. Chim. Acta*, 685 1 21–28

[2] ICONTEC, "NTC 1322," 1999.

[3] (a) US EPA, 2014 "Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods SW-846," no. July, pp. 0–27.

(a) US EPA, 2007 "Method 7000B: Flame Atomic Absorption Spectrophotometry," February, p. 23, 2007.

[5] G. Liu, Y. Cai, and N. O'Driscoll, *Environmental Chemistry and Toxicology of Mercury*. Wiley, 2011.



# Determinación de Pb (II) en fresas provenientes del municipio de Sibaté - Cundinamarca, por medio de voltametría de onda cuadrada (SWV)

Stefany Huertas Ortigoza<sup>1</sup>, Cesar Quiñones Segura<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Santo Tomas,

<sup>2</sup> Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

*stefanyhuertas@usantotomas.edu.co<sup>1</sup>,*

*cesarquiones@usantotomas.edu.co<sup>2\*</sup>*

Los metales pesados, son encontrados de manera natural en la corteza terrestre, pero su alta toxicidad, absorción y acumulación, han hecho de lo natural un riesgo para la humanidad [1], encontrado alimentos como las frutas con tan altas concentraciones de metales que han quedado en el tercer puesto de los alimentos mas contaminados en el mundo. El plomo es un metal tóxico que se acumula en partes del cuerpo como dientes y huesos, generando enfermedades graves como el saturnismo [1]. Este metal fue seleccionado por estar en mayor contacto con la población, ya que es usado en baterías, pinturas, e incluso en tuberías por donde se transporta el agua para riego [1]. La determinación se hizo en fresas de Sibaté, debido a que la fresa a reportado concentraciones de Pb en lugares como Boyacá [1], México y China [2], y Sibaté es el principal productor de fresas en Colombia [3]. Finalmente la determinación de Pb se hizo por medio de voltametría de onda cuadrada (SWV), luego de llevar las muestras a medio líquido por medio de digestión ácida. Los parámetros del método electroquímico fueron: cobre WE, Ag/AgCl RE y alambre

de Pt CE, trabajando en un potenciostato Gamry 1000T. La concentración de Pb(II) en las muestras fue de 0,18ppm, con un  $R^2=$  de 0,99 como se observa en (Fig. 1). Tal concentración no excede el límite permisible acordado por las normas nacionales e internacionales, pero si comprueba la sensibilidad de la técnica (SWV) para determinaciones pequeñas en metales.

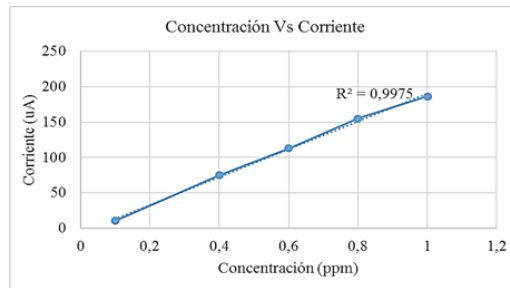


Fig. 1. Concentración de Pb(II) en fresas frescas de Sibate-Cundinamarca.

[1] F. Valdés, La contaminación por metales pesados en Torreón, Texas center for policystudies, 1999.

[2] I. V. O. T. M. D. y. E. G. Y. C. Reyes, Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria, Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo, pp. 66-77, 2016.

[3] DIAN, Cadena de la fresa indicadores e instrumentos, Minagricultura, Octubre 2016.



## Establecimiento del sistema primario de medición de pH y estimación de su incertidumbre de medición

Ronald Cristancho Amaya<sup>\*1</sup>, Henry Torrez Quezada<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Metrología de Colombia<sup>2</sup>

<sup>\*</sup>[rcristancho@inm.gov.co](mailto:rcristancho@inm.gov.co)

El pH es una de las magnitudes que con mayor frecuencia es determinada en laboratorios e industrias en Colombia, para esta medición es utilizado un método potenciométrico con electrodos de vidrio conectados a indicadores, los cuales deben ser calibrados con Material de Referencia Certificados-MRC. La producción de estos MRC es realizada con métodos de alta jerarquía metrológica como el sistema primario de medición del pH (figura 1), el cual es reconocido internacionalmente y asegura la trazabilidad directa al sistema internacional de unidades-SI. La certificación de estos materiales es realizada por institutos nacionales de metrología y su validez es aceptada en todo el mundo<sup>1-2</sup>, por lo que cualquier laboratorio de análisis o área de control debería tener acceso a estas referencias de medición para garantizar la calidad de sus resultados de medición.

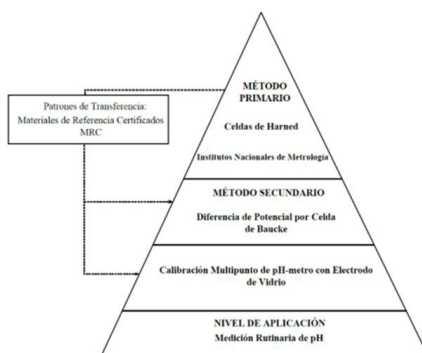


Figura 1. Trazabilidad metrológica de medición del pH

Este trabajo muestra el desarrollo del sistema primario de medición del pH en el Instituto Nacional de Metrología de Colombia, por medio de celdas electroquímicas conocidas como celdas Harned, las cuales no presenta unión líquida y permite la medición absoluta de la definición de  $\text{pH}^3$ . En la celda se involucra la obtención de potenciales estándar de medición del electrodo de Ag-AgCl descrita por la ecuación de Nernst<sup>4</sup>. La finalidad de este sistema es la producción de MRC de nivel primario en la magnitud de pH con su incertidumbre asociada<sup>5</sup>.

#### Referencias

- [1] Spitzer, P.; Seitz, S. Mapan - J. Metrol. Soc. India 2010, 25 (3), 191–196.
- [2] Laongsri, B.; Boonyakong, C.; Tangpaisarnkul, N.; Cherdchu, C. Accred. Qual. Assur. 2007, 12 (3–4), 194–200.
- [3] Brewer, P. J.; Brown, R. J. C. Sensors 2009, 9 (1), 118–130.
- [4] Kristensen, H. B.; Salomon, A.; Kokholm, G. Anal. Chem. 1991, 63 (18), 885A–891A.
- [5] Damasceno, J. C.; Borges, R. M. H.; Couto, P. R. G.; Ordine, A. P.; Getrouw, M. A.; Borges, P. P.; Fraga, I. C. S. Metrologia 2006, 43 (3), 306–310.

# Determinación de la pureza del biftalato de potasio por titulación coulombimétrica a corriente constante; Validación y estimación de incertidumbre

Carlos España Sánchez<sup>1</sup>, Ronald Cristancho Amaya<sup>\*1</sup>, Henry Torrez Quezada<sup>1</sup>, Andrés Castillo Forero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Metrología de Colombia<sup>2</sup>

<sup>\*</sup>[rcristancho@inm.gov.co](mailto:rcristancho@inm.gov.co)

La titulación coulombimétrica es un método utilizado para la certificación de materiales de referencia, ya que es considerada como una técnica primaria por el CCQM<sup>1</sup> para la determinación de la cantidad de sustancia. Esto gracias a que mediante leyes físicas fundamentales se obtiene la trazabilidad directa al sistema internacional de unidades-SI, sin la necesidad de realizar alguna calibración. Esta técnica utiliza una cantidad de carga específica para generar el reactivo titulante que reacciona cuantitativamente con el analito. De esta forma, la cantidad de sustancia está relacionada con la carga generada durante la electrólisis y depende de la corriente aplicada<sup>2</sup>.

Como técnica primaria de medición es importante su desarrollo e implementación en Institutos Nacionales de Metrología, con el fin de proveer la herramienta de mayor jerarquía metrológica necesaria para que la industria y los laboratorios dispongan de la referencia que asegure el control y la calidad de sus resultados en sus procesos o actividades de medición<sup>3</sup>. Some important certified



reference materials (CRMs). El objetivo de este trabajo es mostrar el avance en la validación de esta técnica para la determinación de pureza de una muestra comercial de biftalato de potasio y la estimación de su incertidumbre asociada. Lo cual es el punto de partida para la producción de materiales de referencia certificados de acuerdo con la Guía ISO/ 17034: 2016<sup>4</sup>.

## Referencias

- [1] Máriássy, M.; Vyskočil, L.; Mathiasová, A. Link to the SI via Primary Direct Methods. *Traceability Chem. Meas.* 2005, 93–96.
- [2] Recknagel, S.; Breitenbach, M.; Pautz, J.; Lück, D. Purity of Potassium Hydrogen Phthalate, Determination with Precision Coulometric and Volumetric Titration-A Comparison. *Anal. Chim. Acta* 2007.
- [3] Borges, P. P.; da Silva, W. B. Metrological Evaluation of the Certification of Primary Reference Materials Characterized by High-Precision Constant-Current Coulometry for the Reliability of the Titration Analyses. *J. Appl. Electrochem.* 2014, 44 (12), 1411–1420.
- [4] Contents, I. 35:2015(E). DRAFT ISO GUIDE ISO / GUIDE 35 Reference Materials — Guidance for the Characterization and the Assessment of the Homogeneity and Stability of the Material. ISO: Geneva, Switzerland 2016, p 106.



# Determinación de Cd(II) presente en espinaca cultivada en cota, Cundinamarca por voltamperometría de onda cuadrada (swv)

Julián Peña Bermúdez<sup>1</sup>, Andrea Sánchez Díaz<sup>1</sup>,  
Cesar Quiñones Segura\*<sup>12</sup>

<sup>1</sup> Universidad Santo Tomás

<sup>2</sup> Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano  
Nacional de Metrología de Colombia.

\*[julianpenab@usantotomas.edu.co](mailto:julianpenab@usantotomas.edu.co)

En este trabajo se realizó la determinación de cadmio (II) en una muestra de espinaca cultivada en la vereda El Abra – Cota, Cundinamarca, usando la técnica de voltametría de onda cuadrada, para esto se usó la metodología de digestión ácida asistida por ultrasonido, la configuración de la celda usada fue como electrolito soporte, solución Britton-Robinson (BR pH 4,5), carbón vítreo como electrodo de trabajo, Ag/AgCl como electrodo de referencia y platino como contra electrodo, la técnica de voltametría de onda cuadrada se realizó con un barrido de -1V a -0,5V con una amplitud de pulso de 40mV y un tamaño del paso de 20mV. La determinación de la cantidad de cadmio (II) se halló por medio del método de adición estándar.

Se determinó una concentración de 0,185 ppm para una muestra de espinaca de la finca, denominada Finca 1, concentración que se encuentra cercana al máximo permitido por la norma nacional y las internacionales.



# Electroanálisis sensible y selectivo de dopamina y serotonina en electrodos de oro empleando polímeros molecularmente impresos

Harold Díaz Segura<sup>1</sup>, Fernando E. Larmat<sup>1\*</sup> Walter Torres Hernández<sup>2</sup>

*Grupo de Electroquímica, Departamento de Química, Universidad del Valle, Cali, Colombia.*

*\*Fernando.larmat@correounivalle.edu.co*

Los neurotransmisores dopamina (DA) y serotonina (5-HT) juegan un papel muy importante en los sistemas biológicos y tienen una relación directa con los sentimientos y el estado mental, así como con las funciones fisiológicas. La determinación analítica de estas moléculas es de interés como herramienta de diagnóstico precoz y seguimiento de trastornos graves como Parkinson y la enfermedad de Alzheimer.

Los polímeros de impresión molecular (MIPs) se han utilizado en un número creciente de aplicaciones para el reconocimiento molecular sensible y selectivo. Con esta técnica es posible crear cavidades o sitios de interacción en forma de plantilla en películas de polímero que son complementarias en forma, tamaño y funcionalidad química a la molécula de analito utilizada como molde durante la electrosíntesis de polímeros.

En este trabajo, el concepto MIP se utilizó para desarrollar sensores voltamperométricos selectivos para la determinación rápida y

cuantitativa de dopamina y/o serotonina. El sensor consiste en un microelectrodo de oro modificado electroquímicamente con una película delgada de polipirrol en presencia del neurotransmisor y posterior sobreoxidación de la película. El resultado es la generación de una película de polipirrol sobreoxidado con cavidades moleculares para la detección selectiva y sensible del analito.

Los resultados mostraron que los sensores tienen una respuesta lineal ( $r=0.99974$  y  $0.99981$ ) entre  $5.0$  y  $50.0 \mu\text{M}$ , con un límite de detección de  $1.31$  y  $3.83 \mu\text{M}$ , % RSD de  $1.4$  y  $2.7$ , y un porcentaje de recuperación de  $95.1$  y  $96.4\%$  para una solución de  $30.0 \mu\text{M}$  de DA y 5-HT, respectivamente. La respuesta voltamperométrica de los sensores fue reproducible hasta 3 días.

También se estudió un sensor para la detección simultánea de las dos moléculas, los resultados mostraron una mayor respuesta para ambos analitos siendo mayor para serotonina, con un incremento en la corriente anódica del  $70\%$  con respecto al electrodo.

**Palabras clave:** sensor voltamperométrico, MIP, polipirrol, dopamina y serotonina

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad del Valle por la financiación de este trabajo

[1] Suryanarayanan, V., Wu, C. T., & Ho, K. C. Molecularly Imprinted Electrochemical Sensors. *Electroanalysis*, 2010, 22, 1795–1811.

[2] Terti, M., Cernat, A., Lacati, D. (2017). "Highly selective electrochemical detection of serotonin on polypyrrole and gold nanoparticles-based 3D architecture". *Electrochemistry Communications* (2017), accepted manuscript.



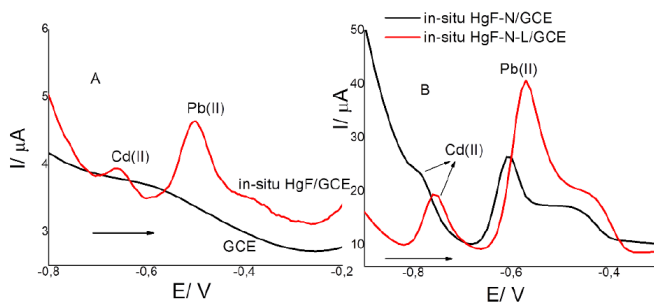
# Simultaneous determination of lead and cadmium by stripping voltammetry using in-situ mercury film nafion coated with macrocyclic ester electrode

John J. Hurtado<sup>1\*</sup>, Edgar O. Nagles<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidad de los Andes, Cra. 1 N° 18-A-12, 111711 Bogotá, Colombia <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Universidad de Ibagué, Cra. 22 calle 67, Ibagué

\*jj.hurtadoe@uniandes.edu.co

This work report a sensitive and selective anodic stripping method for the simultaneous determination of Pb(II) and Cd(II) using a new macrocyclic ester (L)<sup>1</sup>. Anodic peak currents were increased from 1.16 to 31.48  $\mu\text{A}$  for Pb(II) and 0.22 to 6.68  $\mu\text{A}$  for Cd(II) when the in-situ mercury film electrode was modified with nafion and (L). Moreover, potentials separation values for Cd-Pb shift from 150 to 190 mV. Optimal parameters such as: pH; L concentration (CL), mercury concentration (CHg), accumulation potential (EACC) and accumulation time (tACC) were pH 4.0 for Pb(II) and 5.0 for Cd(II) using phosphate buffer solution (PBS), CL 12.0 mmol L<sup>-1</sup>, CHg 28.0 mg L<sup>-1</sup>, EACC -1.0 V and tACC 60. Detection limits (DoL) were 0.085 and 0.80  $\mu\text{g L}^{-1}$  for Pb(II) and Cd(II) respectively. The relative standard deviation (RSD) for seven measurements of Pb(II) and Cd(II) 9.0  $\mu\text{g L}^{-1}$  were of 2.5 and 2.0% respectively. The method was validated by ICP multi-element standard solution IX (Merck) containing As, Be, Cd, Cr(VI), Hg, Ni, Pb, Se and Tl 100 mg L<sup>-1</sup>. Finally, useful of the modified electrode was developed in the analysis of Pb(II) and Cd(II) using tap water samples.



(A) Anodic stripping voltammograms of Pb(II) and Cd(II) solution using GCE (black curve) and in-situ HgF/GCE (red curve). (B) in-situ HgF-N/GCE (black curve) and in-situ HgF-N-L/GCE (red curve). Conditions: pH 4.0;  $C_{\text{Pb(II)}}$ ,  $C_{\text{Cd(II)}}$  9.0.0  $\mu\text{g L}^{-1}$ ;  $C_{\text{L}}$  10.0; mmol  $\text{L}^{-1}$ ;  $C_{\text{Hg}}$  30.0 mg  $\text{L}^{-1}$ ;  $E_{\text{ACC}}$  -1.0 V;  $t_{\text{ACC}}$  60 s. Step amplitude 10 mV; pulse amplitude 100 mV and frequency 25 Hz.

[1] Jesid Lara, Juan F. Torres, Olimpo García Beltrán, Edgar Nagles, John Hurtado. Int. J. Electroanal. Sci. 2017, 12, 6920-6929.



## Estudio de la cinética de la electrooxidación de tiourea sobre electrodo de grafito

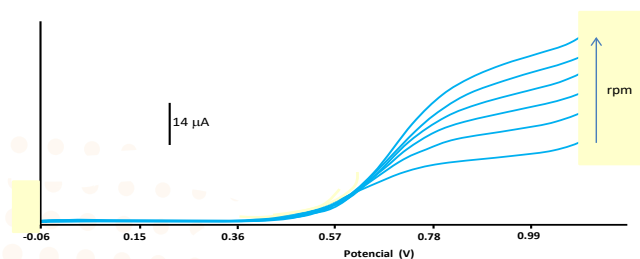
Juan Carlos Canencio Rojas<sup>1</sup>, Germán Cuervo Ochoa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Procesos Electroquímicos (GIPEL),  
Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

\*[gcuervo@unicauca.edu.co](mailto:gcuervo@unicauca.edu.co)

Se investigó a temperatura ambiente la respuesta electroquímica de la interface constituida por un electrodo de grafito y una solución acida de tiourea, utilizando como electrolito soporte  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.5M. Para tal fin se hizo una inspección preliminar del sistema usando la técnica de voltamperometría cíclica, la cual permitió determinar que bajo las condiciones de estudio el transporte de la especie electroactiva hasta la superficie del electrodo juega un rol relevante en la cinética del proceso de la primera etapa de la electrooxidación de la tiourea, sin embargo la irreversibilidad del sistema sugirió la existencia de una limitación en la velocidad de transferencia de carga presumiblemente causada por adsorción de especies químicas producidas durante la reacción y que podría ser el responsable de dicho comportamiento.

Por otro lado haciendo uso de la voltamperometría hidrodinámica, se realizó un estudio de Levich y de Koutecký-Levich mediante la técnica de electrodo rotatorio, lo cual permitió corroborar la cinética lenta de flujo de carga en la interface. Se estimaron los parámetros que gobiernan la velocidad del proceso global de electrooxidación de la especie analizada.



Curvas voltamperométricas obtenidas de solución de tiourea sobre electrodo rotatorio de grafito a diferentes velocidades de rotación.

[1] A.E. Bolzan, I.B. Wakenge, R.C. Salvarezza, A.J. Arvia, 1999. Electrochemical response of thiourea and formamidine disulphide on polycrystalline platinum in aqueous 0.5 M sulphuric acid. *J. Electroanalytical Chemistry*. 475, (181-189).

[2] Bartosz Maranowski, Marcin Strawski, Wojciech Osowiecki, Marek Szklarczyk, 2015. Study of selenium electrodeposition at gold electrode by voltammetric and rotating disc electrode techniques. *J. Electroanalytical Chemistry*. 752, (54-59).





# Electrodos selectivos de iones basados en los ionóforos Salen y Salcn

Luisa Fernanda Díaz Bernal<sup>1</sup>, Germán Cuervo Ochoa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Grupo de investigación en Procesos Electroquímicos (GIPEL),  
Universidad del Cauca, Popayán - Colombia

\*[gcuervo@unicauca.edu.co](mailto:gcuervo@unicauca.edu.co)

Los compuestos tipo Salen se obtienen por reacción entre salicilaldehído y etilendiamina, en tanto que en los compuestos tipo Salcn, la etilendiamina se reemplaza por 1,2-Ciclohexanodiamina. Complejos derivados de salen y Salcn y manganeso se han empleado principalmente como catalizadores en reacciones de epoxidación de olefinas. No obstante, la estructura de los ligandos les permite formar complejos con diferentes metales de transición, por lo que tienen potencial de ser empleados como ionóforos en electrodos selectivos de iones. En este trabajo se pretende determinar la selectividad y el comportamiento analítico de sensores potenciométricos de contacto sólido construidos a partir de ligandos tipo Salen y Salcn, empleándolos como ionóforos. Se estudió el comportamiento del sensor frente a las especies  $\text{Au}^{3+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ . El comportamiento se determinó midiendo el potencial de circuito abierto entre una disolución del analito y una superficie de platino, empleando soluciones de los iones metálicos estudiados con concentraciones entre  $10^{-7}$  y  $10^{-2}$  M. La membrana empleada fue construida a partir de policloruro de vinilo, éter de o-nitrofeniloctilo, tetrafenil borato de sodio y el ionóforo Salen o Salcn en diferentes concentraciones.

Curvas potenciométrica de soluciones de Manganese II, en el rango  $10^{-7}$ - $10^{-2}$  M, las lecturas potenciométricas se realizaron en medio acuoso, a pH 4.0 controlado con buffer tris.

[1] Ali Reza Fakhari, Termeh Ahmad Raji, Hossein Naeimi; "Copper-selective PVC membrane electrodes based on salens as carriers"; Sensors and Actuators B 104 (2005) 317–323.

[2] Artur Jasinski, Marcin Guzinski, Grzegorz Lisak, Johan Bobacka, Maria Bochensk; "Solid-contact lead(II) ion-selective electrodes for potentiometric determination of lead(II) in presence of high concentrations of Na(I), Cu(II), Cd(II), Zn(II), Ca(II) and Mg(II)"; Sensors and Actuators B: Chemical, 218 (2015) 25–30.



# Evaluation of Silver Nanoparticle Size by Anodic Particle Coulometry and Optical Methods

Julián Quintero Rendón<sup>1\*</sup>, Cesar Arizabaleta Ibarbo<sup>2</sup>, †Walter Torres Hernández<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universidad del Valle, Departamento de Química

\*[julian.quintero@correounivalle.edu.co](mailto:julian.quintero@correounivalle.edu.co)

Silver nanoparticles (Ag NPs) with diameters in the range between 10 and 100 nm were synthesized in aqueous solution with the stepwise seed growth method. The average size and size distribution of the as-grown nanoparticles were measured in situ with Anodic Particle Coulometry (APC, also called faradaic nano-impact), an electrochemical method developed in recent years. In essence, in APC, the nanoparticles are oxidized at a constant potential for a few seconds. The oxidation and disintegration of the Ag nanoparticles on the electrode produce a series of distinctive current spikes on the curve of current versus time. The comparison of the particle sizes measured with APC and with dynamic light scattering (DLS) and UV-VIS spectroscopy shows that, under our experimental conditions, APC tends to overestimate the sizes of the smaller particles and underestimate the largest particles. The divergences can be explained in terms of the uncertainties in the charge measurements, in addition to possible lateral chemical oxidation reactions and fragmentation of the nanoparticles on the electrode.



# Desarrollo y evaluación de electrodos de carbón vítreo modificados con nanopartículas bimetálicas de plata-mercurio y plata-bismuto

Danny Valera Bermúdez<sup>1</sup>, Lenys Fernández<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela

<sup>2</sup>Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos, Quito, Ecuador

\*[dannyvalera@usb.ve](mailto:dannyvalera@usb.ve)

La voltimetría de redisolución es una técnica utilizada para el análisis de trazas metálicas. El material con el cual se modifica el electrodo de trabajo es muy importante. El mercurio es el material que domina por sus propiedades únicas, seguido del bismuto<sup>[1]</sup>. Mikkelsen y Schröder, demostraron que el sobrepotencial de los metales nobles puede ser alterado por la adición de un segundo metal con alto sobrepotencial de evolución de hidrógeno, estos electrodos mixtos poseen una toxicidad menor<sup>[2]</sup>.

En este trabajo se desarrollaron depósitos bimetálicos nanoparticulados de plata-mercurio (AgHgNpNf/GC) y plata-bismuto (AgBiNpNf/GC) sobre electrodos de carbón vítreo, con la asistencia de una película delgada de nafión, esta funciona como una plantilla donde las nanopartículas quedan infiltradas. Formar depósitos nanoestructurados permite obtener límites de detección (LDD) más bajos y aumentar el rango de detección. Estos depósitos sirvieron para detectar y cuantificar de plomo y cadmio, además de cisteína.

Para la detección de cadmio(II) y plomo(II) se utilizó la técnica de voltametría de redisolución anódica, donde se preconcentra el analito sobre la superficie del electrodo por aplicación de un potencial eléctrico y posterior redisolución del metal preconcentrado a través de un barrido de potencial en sentido de oxidación. Obtenidas las condiciones de trabajo se procedió a obtener las figuras de mérito analítico. El análisis de Cd (II) y Pb (II) sobre AgBiNpNf/GC proporcionó un LDD de 0.1 y 0.08  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , respectivamente. Mientras que AgHgNpNf/GC obtuvo un LDD para Cd (II) y Pb (II) de 0.2 y 0.06  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ . Estos depósitos generaron resultados comparables a los referenciados en la literatura y por su baja toxicidad, pueden ser una alternativa para sustituir los electrodos de metales puros. Los electrodos fueron aplicados en la determinación de cadmio y plomo en muestras de orina y plasma sanguíneo, lográndose resultados comparables a los obtenidos por métodos espectroscópicos.

Por otra parte, el electrodo AgHgNpNf/GC, se usó para la determinación indirecta de cisteína y glutatión, midiendo la señal de evolución catalítica de hidrógeno según la reacción de Brdička usando cobalto como catalizador. Los LDD para la cisteína y el glutatión fueron de 0.463  $\mu\text{g L}^{-1}$  y 0.064  $\mu\text{g L}^{-1}$ .

[1] Hocevar, S., Ogorevc, B., Wang, J., Pihlar, B., 2002, *Electroanalysis*, 2002, 14: 1707-1712

[2] Skogvold, S., Mikkelsen, O., Schroder, K., *Electroanalysis*, 2005, 17: 1938-1944.



## Yeso como sensor de humedad

Gabriela Vidal García<sup>1\*</sup>, Margarita Teutli León<sup>1</sup>, Martha P. González Araoz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio, s/n, Col. San Manuel. C.P. 72570, Puebla, México

\*[vidalg.ga@gmail.com](mailto:vidalg.ga@gmail.com)

El contenido de humedad del suelo influye en sus propiedades físicas, químicas, y biológicas; por otro lado, la cantidad de humedad disponible en el suelo depende de distintos factores, p. ej., distribución del tamaño de poro y temperatura (Lekshmi et al., 2014). Hasta la fecha existen técnicas clásicas y modernas para determinar el contenido de humedad del suelo (Zazueta y Xin, 1994). Entre las modernas destacan los sensores de resistividad del suelo, en particular aquellos contruidos a partir de yeso, ya que es un material económico. Si bien la resistividad eléctrica cuantifica el contenido de humedad, presenta ciertas dificultades en suelos salinos; por tal razón, el presente trabajo hace uso del potencial eléctrico como medida del grado de humedad en función contenido iónico ante distintos tipos de agua y suelo, para evaluar la factibilidad de usar un yeso como sensor de humedad.

Los sensores se elaboraron a partir una mezcla de yeso con agua, después se colocaron dos alambres de cobre y se dejaron secar a temperatura ambiente. Experimentalmente (Fig. 1) se observó que tanto la presencia del suelo como la calidad de los distintos tipos de agua afecta el grado de saturación del sensor, cuando el yeso está en contacto con agua destilada su saturación se retarda (40 min), mientras que con el agua de la llave ocurre rápidamente (20 min) dicho efecto podría deberse a que el agua de la llave

presenta un mayor contenido iónico en comparación con los otros tipos de agua, entonces al entrar en contacto con el suelo adquiere una mayor contribución de iones derivado de la interacción suelo-agua.

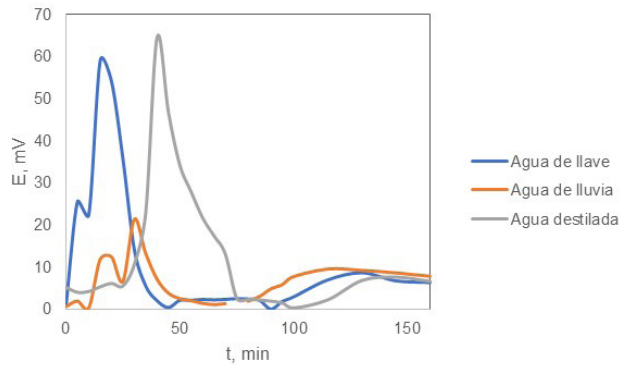


Fig. 1. Efecto del agua y el suelo sobre el yeso.

- [1] F.S. Zazueta, J. Xin, Soil Moisture Sensors, Florida Cooperative Extension Service, Bulletin 292, Inst. Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, 1994.
- [2] S. Lekshmi, D.N. Singh, M.S. Baghini, A critical review of soil moisture measurement, Measurement 54, pp. 92-105, 2014.





## Electroanálisis de acyclovir con electrodos de grafito químicamente modificados

Carolina Ordoñez Huertas<sup>1</sup>, José A. Espitia<sup>1</sup>, Harold Díaz S<sup>2</sup>. Giovanni Rojas G<sup>1</sup>., Alonso Jaramillo<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Icesi, Departamento de Química

<sup>2</sup> Universidad del Valle

<sup>3</sup> Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia

\*aloja12@yahoo.com

El Acyclovir es una droga antiviral que retarda el crecimiento y distribución del herpes virus, así el cuerpo combate la infección. Se usa para combatir infecciones causadas por virus herpes (genital, labial, zoster y varicela). Disminuye la gravedad y duración de estas infecciones, evita la formación de llagas y su expansión en el cuerpo.

Se utilizó un electrodo de grafito ( $0.0673 \pm 0.0089$ ) cm<sup>2</sup> previa limpieza con alúmina 0.025  $\mu$ m y ultrasonido en isopropanol/agua (1:1) y agua. El electrodo luego se limpió haciendo 10 barridos entre -2.0V y +2.0V vs Ag/AgCl a 0.10V.s<sup>-1</sup>. Luego el electrodo se modificó con pirrol, polimerizando a 0.7 V vs Ag/AgCl y sobreoxidando en buffer fosfato pH 7.0 a 0.95 V. Estos procedimientos se hicieron alternadamente hasta suprimir la respuesta ciclovoltamétrica de ferricianuro. La electropolimerización/sobreoxidación también se realizó con plantilla del analito para producir un polímero molecularmente impreso con películas delgadas y sensibles.



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

Una solución 1.0 mM de acyclovir en buffer acetato pH 4.50 se sometió a voltametría de onda cuadrada para determinar los parámetros que proporcionaron una respuesta sensible y reproducible: amplitud, frecuencia, electrólito y concentración. Para comparar la respuesta voltamétrica se empleó igualmente un buffer fosfato pH 4.0.

Con el electrodo desnudo y modificado con plantilla usando soluciones buffer acetato y fosfato se construyeron curvas de calibración, se determinó la linealidad, los límites de cuantificación y detección,  $R^2$  fue 0.9998 para el electrodo desnudo y 0.9986 con GC/OPPY/PLANTILLA. La curva fue lineal de 1.0  $\mu\text{M}$  – 20.0  $\mu\text{M}$  empleando buffer acetato. Los límites de detección y cuantificación fueron sub ppm. El método voltamétrico se aplicó a una preparación comercial de 200 mg de acyclovir. El resultado voltamétrico por el método de adición múltiple de estándar produjo  $(206.0 \pm 4.2)$  mg. Se hicieron igualmente estudios de repetibilidad y reproducibilidad con el electrodo GC/OPPY/Plantilla.

**Palabras clave:** Grafito. Electrodo modificado, Voltametría, Polipirrol, Plantilla. Sensibilidad. Adición de estándar.

[1] Didem, G.D., Differential Pulse Voltammetric Determination of Acyclovir in Pharmaceutical Preparations using a Pencil Graphite Electrode, *Mat. Sci. Eng.: C*, 2016, 63, 570 – 76.

[2] Spurlock, L.D., Jaramillo, A., Praserthdam, J.L., Brajter-Toth, A., *Anal. Chim. Acta*, 1996, 336, 37 – 46.



# Determinación electroanalítica de catecol por un biosensor basado en la casa de *Aspergillus oryzae* inmovilizada sobre electrodos serigrafados de oro

Silvia J. Caballero<sup>1</sup>, M. Alejandra Guerrero<sup>1</sup>, Luz Y. Vargas<sup>1</sup>, Sergio I. Blanco<sup>2</sup>, Jorge A. Gutiérrez<sup>3</sup>, John J. Castillo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Química,

<sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales.  
Universidad Industrial de Santander

<sup>3</sup>Programa de Química. Universidad del Quindío.

[sj.caballero16@gmail.com](mailto:sj.caballero16@gmail.com) / [jcasleon@uis.edu.co](mailto:jcasleon@uis.edu.co)\*

Existe un número considerable de contaminantes orgánicos con estructuras fenólicas presentes en aguas residuales industriales, debido principalmente a que son subproductos de la industria petroquímica, agroquímica y textil. El catecol es un compuesto fenólico corrosivo con efectos cancerígenos, que provoca disrupciones endocrinas que afectan el desarrollo y la reproducción humana; adicionalmente, se ha demostrado que es altamente tóxico en organismos acuáticos. Tradicionalmente, la determinación de catecol se basa en técnicas analíticas robustas como cromatografía líquida, espectrometría de masas, fluorescencia, entre otras. Sin embargo, estas técnicas requieren tiempos largos de tratamiento de la muestra, equipos e insumos de alto costo y tiempos de análisis extensos. Es por ello que surge la necesidad de desarrollar métodos analíticos alternativos y novedosos para la detección de compuestos en aguas residuales,

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

entre estos se encuentran los sensores electroquímicos que ofrecen una respuesta rápida, in situ, específica y sensible con equipos de bajo costo y fácil manejo. Los sensores electroquímicos que integran en su estructura moléculas de tipo biológico permiten realizar una determinación selectiva de diferentes compuestos. En el presente trabajo se estudió la detección del catecol en soluciones acuosas mediante un biosensor compuesto por un electrodo de oro serigrafiado funcionalizado con la enzima lacasa de *Aspergillus oryzae* y cisteína como linker. Se efectuaron voltamperometrías cíclicas a los electrodos de oro inmovilizados con soluciones de cisteína y cisteína - lacasa en solución buffer acetato pH=4.5 para determinar el rango de estabilidad de los electrodos, y los procesos óxido-reducción presentes en su superficie. Los resultados obtenidos con las voltamperometrías confirman una variación de la respuesta de los electrodos modificados en presencia del catecol, observándose dos picos de oxidación en 400 y 540 mV correspondientes a la oxidación del catecol.

Las voltamperometrías se realizaron a diferentes concentraciones de catecol, estableciendo una relación entre la corriente observada y la concentración de catecol en solución mediante cronoamperometrías realizadas a los potenciales correspondientes a los picos de oxidación. Los resultados obtenidos en este proyecto de investigación abren nuevas posibilidades para el desarrollo de biosensores electroquímicos portátiles para la detección rápida y eficiente del catecol en aguas residuales industriales.





# Diseño de biosensores amperométricos por autoensamble de nanopartículas y enzimas peroxidasa sobre electrodos serigrafiados de platino

M. Alejandra Guerrero<sup>1</sup>, Laura A. Díaz<sup>1</sup>, Vianny Gutiérrez<sup>1</sup>, Silvia J. Caballero<sup>1</sup>, John J. Castillo<sup>1</sup>, Sergio I. Blanco<sup>2</sup>, Jorge A. Gutiérrez<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Química, <sup>2</sup>Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Universidad Industrial de Santander

<sup>3</sup> Programa de Química. Universidad del Quindío.

[alejandraguerrero0623@gmail.com](mailto:alejandraguerrero0623@gmail.com), [jgutierrez@uniquindio.edu.co](mailto:jgutierrez@uniquindio.edu.co)\*

Los biosensores son dispositivos analíticos en los que convergen las propiedades de materiales químicos con elementos de detección biológicos, generando un sistema de sensibilidad y especificidad única. El uso de estos ha permitido la cuantificación de especies contaminantes que pueden afectar la salud humana o el medio ambiente. En la actualidad, la nanotecnología ha permitido el desarrollo de novedosos y mejorados biosensores, en los cuales se incluyen nanomateriales que incrementan las propiedades catalíticas de los mismos. En el presente trabajo se realizó el estudio del efecto de un nanomaterial metálico sobre las propiedades de biosensores formados por autoensamble capa por capa de nanopartículas de oro (Au), platino (Pt) y oro-platino (Au-Pt) con enzimas peroxidasa funcionalizadas con glutaraldehído como linker, para la determinación de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). La síntesis de las diferentes nanopartículas se

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

realizó mediante micelas inversas de bis (2-etilhexil) sulfocinato de sodio a una relación molar  $W_s = [\text{precursor}]/[\text{surfactante}] = 7$ . Las nanopartículas fueron caracterizadas por técnicas espectroscópicas, microscópicas, de dispersión, y los biosensores por voltametría cíclica en solución de ferricianuro de potasio y en solución buffer con peróxido de hidrógeno como analito. Como resultados, se lograron sintetizar nanopartículas de alrededor de 8 nm, esféricas y monodispersas con excelentes propiedades ópticas. Asimismo, enmarcados en la electroquímica del sistema, los resultados sugieren que la naturaleza de las nanopartículas afectan directamente la respuesta del electrodo y su interacción con el linker. Se observó que las nanopartículas de platino exhiben una mejor respuesta con el uso del linker, mostrando un aumento de corriente en los picos de reducción del peróxido de hidrógeno; por el contrario para las nanopartículas de oro, el linker disminuye dichas corrientes, sugiriendo que estas poseen mayor transferencia electrónica por si solas. Finalmente, las nanopartículas bimetalicas presentan un comportamiento intermedio donde, además de poseer la mejor respuesta del electrodo, la señal aumenta en presencia y ausencia del linker. En este sentido, los resultados soportan la importancia de los nanomateriales bimetalicos y el desarrollo de biosensores amperométricos portátiles y de rápida respuesta para la determinación de moléculas en el campo de alimentos, salud y medioambiente como el peróxido de hidrógeno.





## Carga Interfacial y su Relación con las Propiedades Ácido-Base en Superficie

Ricardo Martínez Hincapié<sup>1\*</sup>, Victor Climent Paya<sup>1</sup>, Juan M. Feliu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Universitario de Electroquímica, Universidad de Alicante

\*ricuardomartin@gmail.com

Los conceptos de carga total y carga libre son investigados en un amplio rango de pH haciendo uso de la técnica de desplazamiento de carga por  $\text{CO}_2$ , además del uso de sondas locales (reducción de  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) [1]. Las disoluciones tampón usadas contienen aniones que no se absorben específicamente (fluoruro y perclorato) por lo cual es posible registrar voltamogramas reversibles hasta pH 6 [2]. Para estas disoluciones, los valores de los potenciales de carga cero libre son constantes en la escala SHE.

En las mismas disoluciones saturadas con  $\text{CO}_2$ , los espectros infrarrojos muestran señales correspondientes a la adsorción por parte de aniones bicarbonato y carbonato, los cuales no están presentes en el bulbo de la disolución a concentraciones significativas. Las intensidades de estas señales depende de parámetros como el potencial y el pH. Los valores de pH (a cada potencial) en el cual la concentración en superficie de ambas especies es igual puede ser tomado como una medida del pKa superficial para el equilibrio bicarbonato-carbonato. El pKa superficial depende linealmente del potencial, al extrapolar hasta el potencial de carga cero libre el valor de pKa es cinco unidades más bajo que el valor correspondiente en disolución [3].

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

- [1] Martínez-Hincapié, R., V. Climent, and J.M. Feliu, Peroxodisulfate reduction as a probe to interfacial charge. *Electrochemistry Communications*, 2018. 88: p. 43-46.
- [2] Martínez-Hincapié, R., et al., Exploring the interfacial neutral pH region of Pt(1 1 1) electrodes. *Electrochemistry Communications*, 2015. 58: p. 62-64.
- [3] Martínez-Hincapié, R., et al., Surface Acid–Base Properties of Anion-Adsorbed Species at Pt(1 1 1) Electrode Surfaces in Contact with CO<sub>2</sub>-Containing Perchloric Acid Solutions. *The Journal of Physical Chemistry C*, 2016. 120(29): p. 16191-16199.





# Voltamperometría cíclica: Una herramienta útil para evaluar modelos biomiméticos de Hidrogenasa-[NiFe]

Alexander Mondragón Díaz<sup>1\*</sup>, Juan C. Aquite-Londoño<sup>1</sup>, Norberto Benitez  
Vásquez<sup>1\*</sup>, Iván Castillo P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Química, Universidad del Valle, Ciudad  
Universitaria Meléndez, Calle 13 # 100-00

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria,  
México DF, 04510, México

\*mondragon.alexander@correounivalle.edu.co

Actualmente, los científicos están enfocados en revertir el cambio climático provocado por el uso indiscriminado de combustibles fósiles. Así, existe interés en desarrollar fuentes de energía a partir de recursos renovables que generen bajas emisiones de CO<sub>2</sub>; un ejemplo de dichas fuentes está en la fotosíntesis, proceso mediante el cual las hidrogenasas [NiFe] almacenan la energía solar en forma de especies químicas (H<sub>2</sub>); en este contexto, la electrocatálisis es una herramienta para elucidar estos procesos, llevándonos a desarrollar tecnologías para disminuir nuestra dependencia a los combustibles fósiles. En este trabajo se sintetizaron dos complejos de níquel de la forma Ni<sub>2</sub>[N<sup>Ph</sup>(μ-SMe-C<sub>6</sub>H<sub>2</sub>-Ar<sup>CF3</sup>)<sub>2</sub>] **1** y Ni<sub>2</sub>[Ni<sup>Bu</sup>(μ-SC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>)<sub>2</sub>] **2**, como modelos biomiméticos funcionales del sitio activo de la hidrogenasa-[NiFe]. El análisis por DRX de ambos complejos, reveló su naturaleza dimerica, en donde cada centro de níquel se encuentra tetracoordinado en una disposición cuadrada plana; en **1** estos planos presentan un ángulo de 81.3(5)° vs 180(2)° para **2**, lo que lleva a una enorme diferencia entre las



distancias Ni...Ni de 2.726 y 3.364 Å, respectivamente, hecho que afecta profundamente las propiedades redox y catalíticas de los complejos. Por otro lado, el método más común para evaluar la actividad catalítica tipo hidrogenasa, es mediante voltamperometría cíclica, así, los estudios realizados revelaron que ambos complejos generan hidrógeno mediante la reducción electrocatalizada del ácido trifluoroacético, donde 2 generó H<sub>2</sub> a -1,72 V con  $i_{cat}/i_p \approx 2.4$  ( $i_{cat}/i_p$  = relación de la corriente con y sin catalizador), que corresponde a un TOF de  $\sim 4,4 \text{ s}^{-1}$ ; de forma interesante, se encontró que el complejo 1, es un electrocatalizador mucho más eficiente en la producción de hidrógeno con  $i_{cat}/i_p \approx 21.8$ ; y un valor TOF de  $\sim 45.6 \text{ s}^{-1}$  a -1.74 V frente a Fc<sup>0/+</sup> en presencia de [TFA] diferencia que se atribuye al uso de ligantes altamente voluminosos en 1, lo cuál favorece un efecto cooperativo entre los centros metálicos dada la corta distancia Ni...Ni en este complejo dimérico.

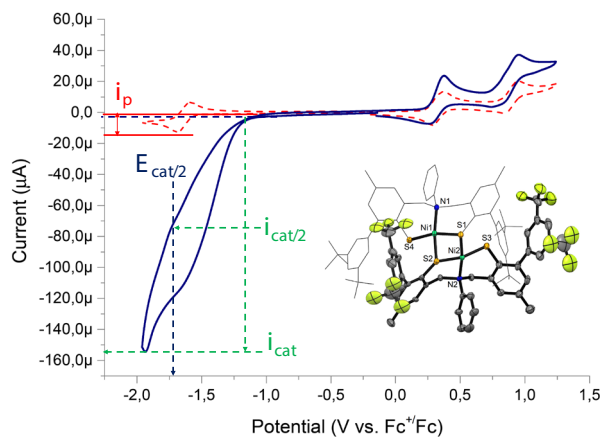


Figura. Voltamperograma ciclico catódico de 1-CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> vs [TFA].



## Evaluación electroquímica de extractos naturales (té de cascarrilla de café y gel de aloe vera) utilizados como inhibidores verdes de corrosión.

Alejandro Henao Ramírez<sup>1</sup>, Victoria Vargas Valbuena<sup>1</sup>, José Luis Tristancho Reyes<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira – UTP*

*alejandro.henao@utp.edu.co , josetris@utp.edu.co*

Durante el desarrollo de la presente investigación se evaluó el efecto inhibitor de extractos naturales (té de cascarrilla de café y gel de aloe vera), incorporados en distintas concentraciones V/V en un agente corrosivo (salmuera 3,5%W) al exponer en estos medios un acero inoxidable del tipo 304H durante diferentes periodos de tiempo, mediante técnicas electroquímicas de corriente directa (curvas de polarización y resistencia a la polarización lineal). Los resultados obtenidos, mostrados en las Fig. 1 y Fig.2., evidenciarán menores valores de velocidades de corrosión en los sistemas con presencia de inhididores verdes comparados con los valores obtenidos en sistemas únicamente con salmuera. Estos resultados fueron ratificados al verificar la presencia de alcaloides y saponinas, además de fenoles y flavonoides en el té de cascarrilla de café y en el gel de aloe vera respectivamente, mediante la técnica de cromatografía de capa húmeda, todos y cada uno de estos agentes considerados como antioxidantes.

Concentración	0%		5%		10%	
	Rp(kΩ)	Vcorr	Rp(kΩ)	Vcorr	Rp(kΩ)	Vcorr
0	7,22	0,03837	9,85	0,02594	9,20	0,02667
24	7,87	0,03802	12,75	0,02529	15,15	0,03546
48	7,22	0,11058	10,51	0,03538	15,84	0,02092
72	6,91	0,14731	8,46	0,02324	11,67	0,07812
96	11,39	0,14614	8,28	0,04528	12,55	0,08957

**Fig.1.** Resultados de curvas de polarización en concentraciones de 0%, 5% y 10% de cascarilla de café como inhibidor.

Concentración	0%		5%			10%		
	Rp	Vcorr	Rp	Vcorr	EI%	Rp	Vcorr	EI%
0	5,37	0,08118	26,37	0,04431	45	21,88	0,04446	45
24	11,95	0,06914	28,20	0,03685	46	7,13	0,03538	48
48	22,84	0,46176	9,44	0,0307	93	9,17	0,06149	87
72	13,12	0,12683	5,52	0,00873	93	96,61	0,01489	88
96	14,64	0,11499	9,97	0,03303	71	4,35	0,01536	86

**Fig.2.** Resultados de velocidades de corrosión en concentraciones de 0%, 5% y 10% de Aloe Vera como inhibidor.

- [1] D. E. N. Ciencias and R. G. Inzunza, "California," 2014.
- [2] J. Genesc et al., Más allá de la herrumbre. .
- [3] L. P. T. Benítez, P. J. M. Castellar, E. D. A. Percy, and M. J. Berrocal, "Uso de extractos de plantas como inhibidores de corrosión.," Inf. técnico, vol. 78, pp. 155–164, 2014.



# Formación de recubrimientos base polipirrol con nanopartículas de $\text{TiO}_2$ sobre el acero AISI-SAE 1020 mediante síntesis electroquímica

Marly Blanco Vera<sup>1</sup>, Carlos Blanco Pinzón<sup>2</sup>, Sandra García Vergara<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Universidad Industrial de Santander, km 2 vía al Refugio Parque Tecnológico de Guatiguará, Piedecuesta – Santander, Colombia

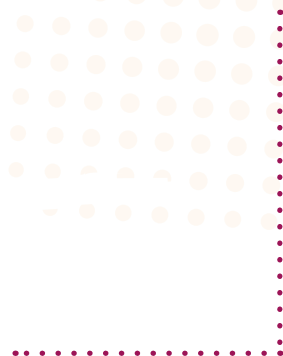
<sup>2</sup> Instituto Colombiano del Petróleo, km 7 vía Autopista, Piedecuesta – Santander, Colombia

\*sagarver@uis.edu.co

Los polímeros conductores han despertado gran interés en diferentes campos de la ingeniería, ya que presentan propiedades interesantes tales como conductividad eléctrica, estabilidad ambiental y térmica, fácil proceso de síntesis y baja toxicidad.

En los últimos años, se ha observado que la electrodeposición de polímeros conductores tales como el polipirrol (PPy) sobre metales ferrosos constituye una alternativa atractiva para su uso como recubrimientos protectores contra la corrosión. Además se observó que la adición de partículas inorgánicas tales como  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y  $\text{WO}_3$  de tamaño nanométrico en la matriz del polímero, permite obtener recubrimientos más homogéneos y protectores [1]. Así mismo, se ha encontrado que la variación de la rugosidad superficial del sustrato altera la adherencia del recubrimiento al sustrato metálico [2]. En el presente estudio, se

sintetizaron recubrimientos base polipirrol (PPy), empleando una solución compuesta por 0,1 M de ácido oxálico y 0,1 M de pirrol con adición de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  fase rutilo, mediante síntesis electroquímica, sobre un acero AISI-SAE 1020. El acero fue sometido a dos tratamientos superficiales: a) desbaste mecánico hasta #600 con papel abrasivo de carburo de silicio, seguido de un pulido mecánico e inmersión en una solución de 2%v/v de  $\text{HNO}_3$  por 10 s y b) desbaste mecánico hasta #600 con papel abrasivo de carburo de silicio, con el propósito de estudiar el efecto de la rugosidad superficial sobre la adhesión de los recubrimientos. El análisis de los recubrimientos sintetizados mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), revela que son homogéneos con espesores que varían entre 3-5  $\mu\text{m}$ . Se observa una gran cantidad de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  ancladas a la superficie del polímero y encapsuladas dentro de la matriz polimérica. Mediante espectroscopía infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR) fue posible confirmar la estructura química asociada al PPy. La mejor resistencia frente a la corrosión, evaluada por espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) en una solución estándar 3,5 %p/p de NaCl, se presentó con los recubrimientos formados sobre el acero preparado usando el tratamiento a). Además se observa que la presencia de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  mejora la estabilidad del recubrimiento.





# Desarrollo de recubrimientos electroquímicos de polipirrol y evaluación de sus propiedades anticorrosivas sobre acero 1020

Williams Orlando Gómez Romero, María Teresa Cortés Montañez<sup>2</sup>, Pablo Ortiz Herrera<sup>3</sup>

*Estudiante Doctorado en ciencias Químicas-Universidad de los Andes*

<sup>2</sup> *Profesora Asociada, Departamento de Química, Universidad de los Andes*

<sup>3</sup> *Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes*

*\*wo.gomez@uniandes.edu.co*

La corrosión metálica, como la del acero al carbono, genera efectos negativos en multitud de ámbitos, por lo cual continua la motivación por encontrar mejores métodos de protección, por ejemplo, alternativas al uso de inhibidores tóxicos basados en cromatos<sup>1</sup>. Los polímeros conductores intrínsecos (PCI)<sup>2</sup> han sido estudiados desde la década del 90 demostrando propiedades anticorrosivas en diferentes metales y ambientes agresivos<sup>3</sup>, por lo que su electro-deposición sobre superficies metálicas no nobles es un área de investigación muy prometedora. La ventaja de los PCI sobre los recubrimientos protectores típicos, como las pinturas, es que no contienen sustancias tóxicas y que confieren protección como barrera física y electrónica. Dentro de los PCI, el polipirrol sobresale por su estabilidad y biocompatibilidad, adicionalmente presenta la ventaja de ser fácilmente electropolimerizado y de mantener una buena conductividad a pHs neutros y básicos, lo que facilita su papel protector en medios salinos<sup>4</sup>.

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

En este trabajo se investigaron las condiciones de síntesis para la formación electroquímica de recubrimientos de polipirrol dopado con diferentes aniones, como poliestireno sulfonato, bis(2-etilhexil) sulfosuccinato (BEHSS), y polifosfato; todos de sodio, sobre electrodos de acero 1020. Los polímeros fueron caracterizados mediante técnicas electroquímicas y espectroscópicas. Sus propiedades protectoras contra la corrosión del acero 1020 se evaluaron a través de experimentos de inmersión en NaCl al 3% y de espectroscopía de impedancias. Los resultados permitieron relacionar la capacidad de protección con la estructura química de los materiales.

- [1] V. C. and B. Al-Numan, Corrosion Chemistry, Scrivener Publishing, Salem, Massachusetts., 2011.
- [2] G. Inzelt, Conducting polymers: a new era in electrochemistry, 2012.
- [3] P. P. D. y D. Sazou, Corrosion Protection of Metals by Intrinsically Conducting Polymers, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2016.
- [4] B. Liu, Z. Zhang, J. Wan and S. Liu, Int. J. Electrochem. Sci., 2017, 12, 994–1003.





# Evaluación de la estabilidad de un acero al carbono en ambiente de cloruros usando como antioxidante un extracto natural

William Yamid Aparicio Bayona<sup>1</sup>, Jacqueline Corredor Acuña<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Pamplona, km 1 vía a Bucaramanga

\*[jacquelinecorredor@yahoo.com](mailto:jacquelinecorredor@yahoo.com)

Los inhibidores de la corrosión son sustancias que cuando se agregan en pequeñas concentraciones a medios corrosivos disminuyen o evitan la reacción del metal con los medios [1].

Según el estudio del riesgo en ductos de transporte de gasolinas y diésel realizado en México, los daños originados por corrosión son el segundo factor con mayor probabilidad de ocurrencia en poliductos [2]. Pero no únicamente se ve afectado el factor económico, también, se aqueja el medio ambiente como se evidencia en el desprendimiento de iones de metales pesados, por ejemplo, el cobre que es nocivo para los ecosistemas acuáticos [3].

En este trabajo se evaluó el comportamiento de un acero al carbono en solución de cloruros. La selección del inhibidor natural (extracto de una planta con capacidad antioxidante) fue fundamental ya que múltiples extractos se han utilizado con buenos resultados. Se evaluaron diferentes concentraciones de inhibidor adicionadas al electrolito corrosivo (HCl 0,5M), determinando las velocidades de corrosión a 25°C (1h) y las eficiencias mediante técnicas gravimétricas. La mejor eficiencia (concentración de inhibidor) obtenida a 25°C se evaluó a otras temperaturas (30°C, 35°C y



40°C) y tiempos de inmersión (1, 2 y 3 horas). La actividad del inhibidor a diferentes temperaturas permitió calcular parámetros cinéticos. Los resultados a 25°C ajustaron a un modelo de isoterma de adsorción de Freundlich con una concentración de inhibidor de  $8 \times 10^{-4}$  M en 1 h de inmersión y con 82% de eficiencia.

[1] Raja, P. B., & Sethuraman, M. G. 2008. Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media—a review. *Materials letters*, 62 1 113-116.

[2] Olivera-Villaseñor, R. E., & Rodríguez-Castellanos, A. 2012. Estudio del riesgo en ductos de transporte de gasolinas y diesel en México. *Científica*, 16,4.

[3] Bertuola, M., Grillo, C. A., & de Mele, M. F. L. 2016. Reduction of copper ions release by a novel ecofriendly electropolymerized nanolayer obtained from a natural compound (carvacrol). *Journal of hazardous materials*, 313, 262-271





## Evaluación de un sistema de protección catódica utilizando Mg y aleaciones Mg-Cr y Mg-Nb como ánodos en agua de mar.

Tezozomoc Pérez López<sup>1\*</sup>, Antonio Contreras Cuevas<sup>2</sup>, Judith Sanmiguel<sup>1</sup>,  
Erick Adrián Juárez Arellano<sup>3</sup>, Miguel Ramón Sosa Baz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Campeche, Centro de Investigación en Corrosión, México.

<sup>2</sup>Instituto Mexicano del Petróleo, Exploración, México.

<sup>3</sup>Universidad del Papaloapan, Instituto de Química, México.

\*tezperez@uacam.mx

El presente trabajo muestra la evaluación de sistemas de protección catódica formados por una placa de acero API X52 o APIX65 acopladas con muestras sinterizadas de aleaciones de Mg, Mg-Cr y Mg-Nb como ánodos galvánicos, sumergidos en agua de mar en condiciones estáticas. El desempeño de los sistemas de protección catódica se evaluó mediante el seguimiento del potencial electroquímico y la densidad de corriente que circuló entre los electrodos.

Los resultados del seguimiento potencial indicaron que los tres sistemas de acero API X52 (Mg-X52, MgCr-X52, MgNb-X52) lograron la polarización catódica del acero en agua de mar, sin embargo, el acoplamiento MgNb-X52 presenta mejores resultados porque registró valores más bajos de densidad de corriente manteniendo el valor del potencial en la zona de protección. Para los otros dos sistemas, el de Mg-X52 registró los

valores más altos de densidad de corriente que condujeron a una polarización excesiva, mientras que para el MgCr-X52 sistema la densidad de corriente era insuficiente. Para los sistemas de acero API X65 (Mg-X65, MgCr-X65 y MgNb-X65) los pares Mg-X65 y MgNb-X65 lograron la polarización catódica y mantienen el valor potencial de la zona de protección durante los 7 días de exposición, mientras que el MgCr-65 mostró una polarización inicial excesiva (-1,34 V frente a ESC) para luego observar una tendencia a la despolarización, dicha despolarización se debió a una deficiencia en el suministro de corriente.

Por otro lado, el magnesio y las aleaciones de Mg-Cr y Mg-Nb, presentan potenciales apropiados para actuar como ánodos de sacrificio para aceros API X52 y API X65, específicamente, la aleación de Mg-Nb presentó las mejores características para este uso. Sin embargo, la decisión del posible uso factible de estas aleaciones como ánodos de sacrificio y su posible aplicación dependerá de consideraciones económicas, teniendo en cuenta el costo adicional representado por los elementos de aleación.





# An alternative method to calculate Tafel slopes and corrosion current from Electrochemical Frequency Modulation (EFM) data using a polynomial best fit

Alfredo Gualdrón Gamarra<sup>1,2\*</sup>, Mauricio Rincón Ortiz<sup>1</sup>, Rodolfo Villamizar Mejía<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Desarrollo y Tecnología de Nuevos Materiales (GIMAT) – Universidad Industrial de Santander UIS: CP 680002 Cr 27 Calle 9, Bucaramanga, Santander – Colombia

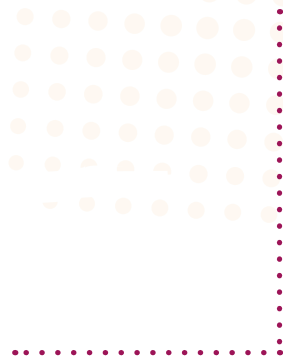
<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación (CEMOS) – Universidad Industrial de Santander UIS: CP 680002 Cr 27 Calle 9, Bucaramanga, Santander - Colombia

\*[agualdro@gmail.com](mailto:agualdro@gmail.com)

The Electrochemical Frequency Modulation (EFM) technique applies a potential signal consisting of two sinusoids of the same amplitude and different frequencies to a corroding system. The analysis of the non-linear components at harmonic and intermodulation frequencies of the system's response can give information about the corrosion behavior, such as Tafel slopes and corrosion current. These components are usually computed using the Fast Fourier Transform (FFT) algorithm on the current response. An alternative method for computing Tafel constants and corrosion current from Electrochemical Frequency Modulation (EFM) data is proposed. The method uses polynomial best fit to model the current response

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

of the electrochemical system in order to compute the harmonic components analytically. The validity of the method was evaluated by processing theoretical data based on the Butler-Volmer equation. Results indicate that a good approximation of the Tafel constants and corrosion current can be calculated from a polynomial fitting of 5th order. Additionally, the method was tested on experimental data from a three-electrode system consisting of an AISI SS316L working electrode, platinum counter electrode and ECS reference electrode in a NaCl 1M solution. Results show a good agreement between the proposed method, Tafel extrapolation method, and the FFT based method.





# Análisis electroquímico de partículas y superficies de desgaste por deslizamiento de aceros

Yeraldi Cogollo<sup>1</sup>, Edgardo Saaverda<sup>1</sup>, Alejandra Flórez, Cristian Viáfara<sup>1,2,\*</sup>,  
Ángel M. Meléndez<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Calle 8N No. 3w-60 El Refugio, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Investigación Científica y Tecnología en Materiales y Nanociencias UIS-CMN, Calle 8N No. 3w-60 El Refugio, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia.

\*[cviafara@saber.uis.edu.co](mailto:cviafara@saber.uis.edu.co), \*\*[amelende@uis.edu.co](mailto:amelende@uis.edu.co)

Durante el desgaste por deslizamiento de los aceros se presenta pérdida de masa en una o ambas piezas que están en contacto, según las condiciones de operación puede resultar en un régimen de desgaste predominantemente severo (alto desgaste) o moderado (bajo desgaste). Se estudió el comportamiento de desgaste de discos de acero AISI H13 deslizando contra pines de acero AISI 4140 por medio de ensayos Pin-sobre-Disco y variando las durezas de ambos aceros. Las superficies desgastadas fueron caracterizadas por técnicas de Estereoscopia, Dureza y Microscopia Electrónica de Barrido. Además, se realizaron medidas electroquímicas por Voltamperometría Lineal en 0.1 M HClO<sub>4</sub> (Figura 1) y Espectroscopia de Impedancia Electroquímica en 3% NaCl de las partículas producto del desgaste, inmovilizando estas en la superficie de un electrodo de grafito impregnado con parafina (PIGE), y de las superficies de los materiales ensayados para determinar el grado de oxidación de las superficies. Los

resultados mostraron la operación de los regímenes moderado y severo de desgaste cuando las durezas de discos y pines fueron altas y bajas, respectivamente. Los análisis de Estereoscopia y SEM permitieron observar la presencia de óxidos de hierro en la superficies desgastadas cuando el régimen de desgaste fue moderado, mientras que en el régimen de desgaste severo no hubo dicha oxidación. El análisis electroquímico corroboró estos resultados, proporcionando información adicional referente a la reactividad química de los aceros y su comportamiento en desgaste.

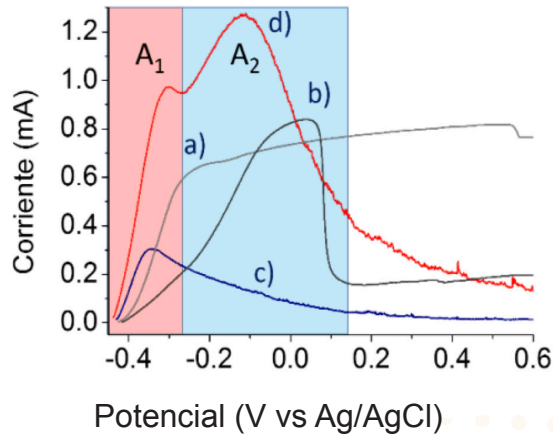


Figura 1. Voltamperogramas ( $v = 10 \text{ mVs}^{-1}$ ) de los aceros AISI a) 4140, b) H13, y la mezcla de partículas de ambos aceros desgastadas en régimen de desgaste c) severo y d) moderado inmovilizadas en un PIGE.

### Agradecimientos:

Al proyecto VIE-2303 por la financiación de la investigación y a la Decanatura de Ingenierías Físicoquímicas de la Universidad Industrial de Santander por el apoyo para asistir al evento.



# Comportamiento electroquímico de una herramienta de corte de Co-WC-TiN

Sebastián Márquez<sup>1</sup>, Alejandra Flórez, Cristian Viáfara<sup>1</sup>, Ángel M. Meléndez<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Calle 8N No. 3w-60 El Refugio, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia.

<sup>2</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Investigación Científica y Tecnología en Materiales y Nanociencias UIS-CMN, Calle 8N No. 3w-60 El Refugio, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia.

\*[cviafara@saber.uis.edu.co](mailto:cviafara@saber.uis.edu.co), \*\*[amelende@uis.edu.co](mailto:amelende@uis.edu.co)

En la fabricación por maquinado de piezas de máquinas es frecuente el uso de herramientas de corte de Co-WC recubiertas con TiN. Una empresa fabricante de máquinas agrícolas actualmente utiliza herramientas de este tipo y estas usualmente presentan un desgaste prematuro, por lo cual es necesario establecer la causa de tal comportamiento. En este trabajo se caracterizó una herramienta por medio de las técnicas de Estereoscopia, Dureza, Microscopía Óptica y Electrónica de Barrido (SEM) Adicionalmente, se realizaron mediciones de espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS). El análisis estereoscopio confirmó el pobre desempeño de la herramienta, evidenciando características típicas de un desgaste severo. La dureza fue de aproximadamente 90 HRA, que está de acuerdo con la microestructura observada compuesta de la matriz de cobalto con los carburos de tungsteno [1]. El análisis en SEM permitió observar la presencia del recubrimiento de TiN con aluminio, con un espesor de 4  $\mu\text{m}$  aproximadamente [2]. Los resultados de EIS mostraron que las zonas desgastadas



presentan un comportamiento resistivo (Figura 1a), mientras que el recubrimiento presenta una menor resistencia a la corrosión lo cual indica que el desgaste prematuro pueden estar en la selección de las condiciones de operación de la herramienta.

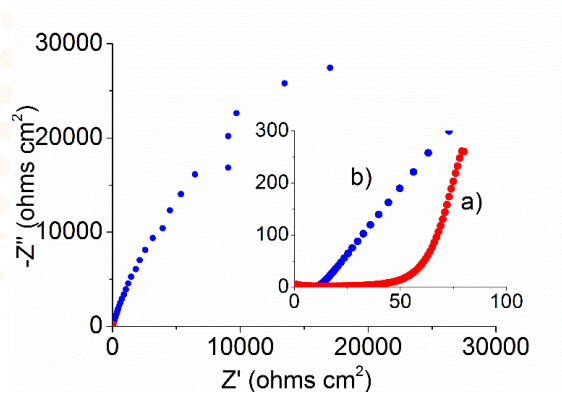


Figura 1. Diagramas de Nyquist de a) Co-WC y b) su recubrimiento de TiN obtenidos en una solución al 3% NaCl en un intervalo de frecuencias de 0.1 a 105 Hz.

Agradecimientos: Al proyecto VIE-2303 por la financiación de la investigación y a la Decanatura de Ingenierías Físicoquímicas de la Universidad Industrial de Santander por el apoyo para asistir al evento.

[1] ASM METALS HANDBOOK, Machining, Vol. 16, 1989.  
[2] HOLMBERG K. (2009). COATINGS TRIBOLOGY, Properties, Mechanisms, Techniques and Applications in Surface Engineering, Second Edition, Tribology and Interface Engineering Series, 56, 2009.



# Increase of the corrosion resistance of AISI 316L through ceramic films annealed under reduced pressure

Gloria I. Cubillos\*, Alejandro García , Constana López

<sup>1</sup> *Docente universidad Nacional de Colombia*

<sup>2</sup> *Estudiante de Maestria Universidad Nacional de Colombia.*

\*[gcubillos@unal.edu.co](mailto:gcubillos@unal.edu.co)

In the field of thin films the aim is to employ coatings as a protective method against corrosion of metal substrates forming a physical barrier between the electrolyte and the metal to be protected, the presence of porosity is detrimental, because it will accelerate the rate of interaction of the electrolyte with the substrate [1-3]. The presence of pores quickly deteriorates the coatings, providing direct paths for corrosive electrolytes to reach the coating/substrate interface, where localized galvanic corrosion can be initiated due to the corrosion potential difference between the coating and the metal [3-6]. To develop a method that reduces the porosity and the presence of imperfections on the surface of the ceramic at low temperature without altering the properties of the steel and the substrate is the objective of the present research paper. For it, porous  $ZrO_2Y$ ,  $ZrO_2YNi$ ,  $ZrO_2YN_5$ ,  $ZrO_2YNiN_5$ , and  $ZrO_2YAlN_{20}$  thin films partially stabilized with 8% mol  $Y_2O_3$  were deposited on AISI-316L. To reduce their porosity and increase corrosion resistance, was carried out for two hours the annealing at  $265^\circ C$  (ARP) in inert atmosphere of Ar under reduced pressure.

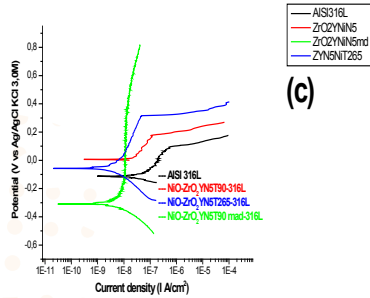


Fig. 1. Linear polarization curves corresponding to samples tested in NaCl 3.5% solution ZrO<sub>2</sub>Y-316L deposited at T = 90 °C, (iii) ZrO<sub>2</sub>Y-316L deposited at T = 265 °C.

- [1] N.F. Daudt, M. Brama, A.P. Cysne-Barbosa and C. Alves: Mater Lett., 2015, vol. 141, pp. 194-197.
- [2] X. Chen, Q. Fu, Y. Jin ,M. Li, R. Yang, X. Cui and M. Gong: Mater. Sci. Eng. C., 2017, vol. 70, pp.1071-1075. [3] A. Qingbo, T. Huiping, W. Jianzhong, Z. Hao, M. Jun, L. Bin: Rare Metal Mat. Eng., 2014, vol.43, pp. 2344-2348. [4] S. Jain, N. D. Budiansky, J.L. Hudson and J.R. Scully: Corros Sci., 2010, vol. 52, pp. 873-885.
- [5] N.H. Turner, D.E. Ramaker and F.L. Hutson: J. Electron. Spectrosc. Relat. Phenom., 1993, vol. 63, pp. 117
- [6] X. Chen, Q. Fu, Y. Jin ,M. Li, R. Yang, X. Cui and M. Gong: Mater. Sci. Eng. C., 2017, vol. 70, pp.1071-1075



## Propiedades de inhibición de la corrosión de un fármaco vencido (trazodona) sobre un acero al carbono

M. A. Suárez Flórez<sup>2</sup>, K. Ortiz<sup>3</sup>, D. Merchán Arenas<sup>1,3\*</sup>, A. M. Meléndez<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Recursos Ambientales, Unidades Tecnológicas de Santander, Calle de los estudiantes, Bucaramanga, Colombia.

<sup>2</sup> Centro de Investigación Científica y Tecnología en Materiales y Nanociencias (CMN), Universidad Industrial de Santander, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia.

<sup>3</sup> Laboratorio de Química Orgánica Aplicada, Universidad Manuela Beltrán, Calle 33 27-23, Bucaramanga, Colombia, PBox 680002, Fax/ Tel: +57 7 6525202 ext 7307

\*[diego.merchan@docentes.umb.edu.co](mailto:diego.merchan@docentes.umb.edu.co), \*\*[amelende@uis.edu.co](mailto:amelende@uis.edu.co)

Los fármacos vencidos representan un problema de contaminación ambiental; sin embargo, estos tienen un gran potencial como materia prima para la obtención de inhibidores de la corrosión, debido su arquitectura molecular con heteroátomos que interaccionan con la superficie del metal, logrando su protección. Así, se recolectaron tabletas de trazodona (TRZ) vencida, las cuales fueron pulverizadas, disueltas en agua y filtradas para obtener el principio activo. Con el fin de evaluar la pureza del inhibidor, se evaluó la reactividad de TRZ sobre un electrodo de pasta de carbono (Figura 1), el comportamiento electroquímico obtenido es característico de la TRZ purificada [1]. La adsorción de TRZ sobre electrodos de disco de acero al carbono se evaluó

por medidas de potencial de circuito abierto en 3% NaCl y 3% NaClO<sub>4</sub> adicionando (100, 200 y 300) ppm de TRZ. Además, se realizaron medidas de impedancia y de potencial de circuito abierto en los medios acuosos antes mencionados. La TRZ extraída no contiene otras especies moleculares que puedan adsorberse en el acero, y su adición a los medio electrolíticos estudiados aumenta la resistencia a la corrosión del acero al carbono.

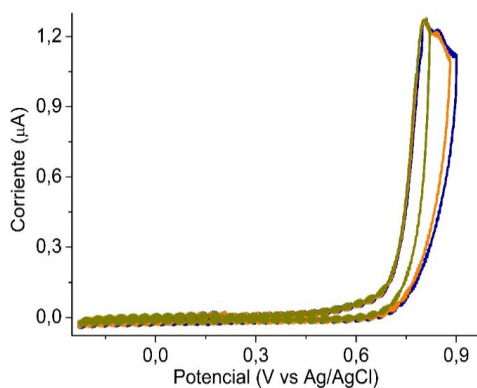


Fig. 1. Voltamperogramas ( $v = 100 \text{ mV/s}$ ) obtenida sobre un electrodo de pasta de carbono en una solución acuosa de  $10^{-4} \text{ M}$  trazadona en metanol 20% p/p y 0,2 M de un amortiguador de fosfatos a pH7.0.

[1] J.M. Kauffmann, J.C. Vire, G.J. Patriarche, Voltammetric oxidation of trazodone. *Electrochim. Acta* 32 (1987) 1159.



# Evaluación comparativa de la degradación del colorante safranina T mediante oxidación electroquímica y procesos avanzados de oxidación

Carlos Granda Ramírez<sup>1\*</sup>, Gina Hincapié Mejía<sup>1</sup>, Efraím A. Serna Galvis<sup>2</sup>,  
Ricardo A. Torres Palma<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Ambiente, hábitat y sociedad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio mayor de Antioquia, IUCMA, Car. 78 No. 65-46, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB), Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia.

\*[carlos.granda@colmayor.edu.co](mailto:carlos.granda@colmayor.edu.co)

Este trabajo compara la degradación del contaminante safranina T (SF, 20 ppm) mediante oxidación anódica (usando ánodos de Ti/IrO<sub>2</sub> y cloruro de sodio como electrolito soporte (1-2)) frente a tres procesos avanzados de oxidación (Fotocatálisis heterogénea con TiO<sub>2</sub>, UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y foto-Fenton). La eliminación de SF en cada proceso se formuló en términos de la eliminación del contaminante y de su mineralización, de la mejora de la biodegradabilidad de las soluciones tratadas y del consumo de energía. El proceso más eficiente fue el sistema electroquímico, ya que la SF fue degradada eficientemente (97% en una hora) por el HOCl electrogenerado. A diferencia, el proceso foto-Fenton no pudo degradar la SF debido

a la formación de un complejo entre el hierro y la SF; mientras que los procesos UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y fotocátalisis con TiO<sub>2</sub> eliminaron la SF mas lentamente (con degradaciones de 65% y 75% respectivamente en una hora). De manera muy interesante, el sistema electroquímico transformó la SF en sustancias biodegradables (lo cual no fue posible con el proceso UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). El proceso con TiO<sub>2</sub> alcanzó las mayores mineralizaciones (85% en 10 horas). Finalmente, el consumo de energía eléctrica (CEE) para la eliminación del 100% de SF mostró que el proceso electroquímico solo gastó 0.04 y 0.06% del CEE requerido por la fotocátalisis con TiO<sub>2</sub> y el UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, respectivamente. Los resultados evidencian que para la remediación de aguas que contienen colorantes tales como la SF, el sistema de oxidación electroquímica, debido a la rápida degradación de esta, la alta biodegradabilidad de las soluciones tratadas y el bajo consumo de energía, es el más prometedor frente a otros procesos avanzados de oxidación.

[1] Serna-Galvis, E. A., Berrio-Perlaza, K. E., & Torres-Palma, R. A. (2017). Electrochemical treatment of penicillin, cephalosporin, and fluoroquinolone antibiotics via active chlorine: evaluation of antimicrobial activity, toxicity, matrix, and their correlation with the degradation pathways. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9985-2>.

[2] Serna-Galvis, E. A., Jojoa-Sierra, S. D., Berrio-Perlaza, K. E., Ferraro, F., & Torres-Palma, R. A. (2017). Structure reactivity relationship in the degradation of three representative fluoroquinolone antibiotics in water by electrogenerated active chlorine. *Chemical Engineering Journal*, 315, 552–561.





# Desempeño de electrodos de magnesio en la electrocoagulación con cambio de polaridad de soluciones de índigo carmín

David Ricardo Bermúdez Rubio<sup>1</sup>, Brian Alexis Torralba-Ramírez<sup>1</sup>, Dayana Donneys Victoria<sup>1\*</sup>, Nilsón Marriaga Cabrales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali, Colombia.*

*\*dayana.donneys@correounivalle.edu.co*

Se estudió el desempeño del magnesio (Mg) de alta pureza y la aleación AZ31 como ánodos de sacrificio en un proceso de electrocoagulación (EC) con cambio de polaridad (CP), usando una celda electrolítica monopolar en paralelo, en la cual se evaluó la remoción de carbono orgánico no purgable (CONP) y de color para el tratamiento de soluciones sintéticas de índigo carmín (IC). Se manejó una concentración fija de NaCl (1800 ppm) como electrolito y se controló la condición inicial de pH en un valor cercano al neutro. Las variables estudiadas fueron temperatura, densidad de corriente, velocidad de agitación y concentración inicial de IC.

Se evidenció que es viable el uso potencial del AZ31 en la EC de soluciones sintéticas de IC con CP, en las que se podría alcanzar disminuciones cercanas al 80% en CONP y 96% en color, bajo condiciones de temperatura ambiente, régimen turbulento, concentración inicial de IC de 100 ppm y densidad de corriente de 50 A/m<sup>2</sup>. Por otra parte, para el caso particular del Mg de alta pureza, se evidenció que la EC con CP no fue favorable, en



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

comparación con la aleación AZ31, alcanzando una máxima remoción de 75% de CONP y de 86% en Color, esto para las mismas condiciones descritas anteriormente. Fenómenos como la posible formación de complejos poliméricos de aluminio (Al) que mejoran la permeabilidad de la capa pasivante, así como de hidróxidos Mg-Al de doble capa con altas propiedades de adsorción, se les puede atribuir el mejor rendimiento al usarse la aleación. Se determinó que variables como la temperatura y la velocidad de agitación en los rangos estudiados no tienen un efecto significativo en las variables de respuesta, además, se encontró que el cambio de polaridad de los electrodos favoreció la remoción de CONP, aumentando la eficiencia en un 43%.

Los resultados de este estudio permitieron establecer el potencial de uso del magnesio en el tratamiento de colorantes mediante electrocoagulación, con miras a propiciar el aprovechamiento de este material poco contaminante y de fácil separación.





# Degradación comparativa de antibióticos representativos tipo penicilina, fluoroquinolona y cefalosporina usando un sistema electroquímico $\text{Ti}/\text{IrO}_2$ | Zr y NaCl

Efraím A. Serna Galvis<sup>1\*</sup>, Karen E. Berrío Perlaza<sup>1</sup>, Ricardo A. Torres Palma<sup>1\*\*</sup>

*<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GI-RAB), Universidad de Antioquia, UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia.*

*\*\*ricardo.torres@udea.edu.co*

Los antibióticos son productos farmacéuticos de constante ingreso a las aguas naturales, donde pueden inducir efectos tóxicos y promover el desarrollo de bacterias resistentes. La variedad estructural hace que el problema de los antibióticos en agua sea aun más complejo. Considerando esto, en el presente trabajo se comparó la degradación de antibióticos pertenecientes a tres clases representativas: penicilinas (oxacilina y cloxacilina), cefalosporinas (cefalexina y cefadroxilo) y fluoroquinolonas (ciprofloxacina, norfloxacina y levofloxacina). Los antibióticos a una concentración de 40  $\mu\text{M}$ , se trataron individualmente usando un sistema electroquímico con un ánodo de  $\text{Ti}/\text{IrO}_2$ , un cátodo de Zr y NaCl (a 0.05 M) como electrolito soporte. La principal vía de degradación de los antibióticos fue el ataque de cloro activo electrogenerado. Después de solo 20 min, el proceso disminuyó más del 90% de la concentración inicial de los antibióticos, con orden de degradación: fluoroquinolonas > penicilinas >

cefalosporinas. En todos los casos, las transformaciones de los antibióticos condujeron a la disminución de la actividad antimicrobiana. En contraste, la toxicidad frente *S. cerevisiae* mostró resultados diferenciales. Debido a la conservación del núcleo de quinolona en los subproductos de la fluoroquinolona, la toxicidad de las soluciones tratadas se mantuvo; con las penicilinas, la producción de fragmentos de cloro-fenil-isoxazol aumentó el nivel de toxicidad de la solución resultante, mientras que la apertura de la  $\beta$ -lactama en las cefalosporinas disminuyó la toxicidad. Finalmente, se aplicó el tratamiento electroquímico a un agua residual hospitalaria y agua de mar (sintéticas) cargadas con un antibiótico representativo. La alta concentración de iones cloruro en el agua de mar aceleró la degradación del contaminante; pero, la presencia de urea y amonio en el agua residual hospitalaria retrasó la eliminación del antibiótico. Estos resultados permiten ilustrar las potencialidades y limitaciones del sistema electroquímico perfilado como una alternativa interesante para disminuir la entrada de antibióticos a las aguas naturales [A].

[A] Serna-Galvis, E. A., Berrio-Perlaza, K. E., & Torres-Palma, R. A. (2017). Electrochemical treatment of penicillin, cephalosporin, and fluoroquinolone antibiotics via active chlorine: evaluation of antimicrobial activity, toxicity, matrix, and their correlation with the degradation pathways. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9985-2>.



# Mecanismo teórico de la degradación de un colorante azoico por fotoelectrocátalisis

Wilber Silva López<sup>1</sup>, Lina M. Castañeda Quiroz<sup>2\*</sup>, Dora M. Carmona<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Óptica y Espectroscopía

<sup>2</sup> Grupo de Investigaciones Ambientales, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín

\*lina.castaneda@upb.edu.co

La presencia de colorantes en efluentes de tratamientos secundarios en el sector textil son una problemática para su potencial reuso, para su eliminación se requiere de tratamientos terciarios de oxidación avanzada. Entre las alternativas de degradación de colorantes se tiene la Fotoelectrocátalisis, que consiste en la utilización de un semiconductor y un cátodo al cual se aplica un voltaje, generando así pares hueco-electrón, altamente oxidantes de manera directa e indirecta; se tiene la ventaja de disminuir la recombinación y explica el fenómeno de separación de cargas foto-inducidas. El diseño de un reactor fotoelectrocatalítico para la degradación de colorantes azo en estos efluentes puede abordarse desde diferentes puntos de vista. En este estudio se plantea desde el modelado computacional, para ello, una de las etapas fundamentales es determinar el mecanismo de descomposición de los colorantes y su cinética de reacción, para posteriormente realizar su diseño desde la ingeniería electroquímica, disminuyendo así costos y largos tiempos experimentales. La etapa que limita el modelado del mecanismo es la transferencia de carga (electrones o radicales libres), para ello se seleccionó la molécula de azobenceno como representativa de los colorantes, y evaluar cómo afecta el mecanismo de descomposición los radicales libres generados

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

en un catalizador. Se usó el métodoDensity funcional theory–DFT b3lyp/6-311g(d,p) implementado en el software Gaussian® y Gabedit, y los análisis de los índices de Fukui y la teoría química de las reacciones entre especies aromáticas y los radicales hidroxilo. Una revisión de los mecanismos propuestos en otros estudios refleja una disyuntiva sobre si la degradación comienza en la ruptura del enlace N=N ó C-N del grupo funcional azo, específicamente en el AR145. Shuang et al.

[1] presenta que la ruptura se da por el enlace C-N, y para este caso se plantea un mecanismo semidetallado basado en los pasos de degradación por el enlace N=N de azobenceno hasta obtener el ácido maleico, el cual es un producto característico en la degradación del AR145, ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Se muestra una nueva alternativa del mecanismo para evaluar la ruta más probable de degradación y así tener el mecanismo de degradación como primer paso para la modelación de la transferencia de carga.

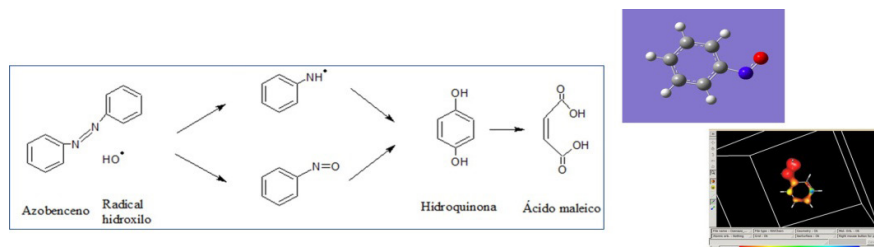


Figura 1. Resumen del mecanismo teórico de la degradación del azobenceno

[1] S. Shuang et al., "Mineralization of Cl reactive yellow 145 in aqueous solution by ultraviolet-enhanced ozonation," Ind. Eng. Chem. Res., vol. 47, no. 5, pp. 1386–1391, 2008.



# Eliminación de *Klebsiella pneumoniae* resistente a antibióticos carbapenémicos en agua residual municipal mediante tres procesos electroquímicos

Martha I. Verbel Olarte<sup>1\*</sup>, Efraim A. Serna Galvis<sup>1</sup>, Lorena Salazar Ospina<sup>2</sup>, J. Natalia Jiménez Quiceno<sup>2</sup>, Ricardo A. Torres Palma<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB), Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia.

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Microbiología Básica y Aplicada (MICROBA), Línea de Epidemiología Molecular Bacteriana, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

\*[martha.verbel@udea.edu.co](mailto:martha.verbel@udea.edu.co), \*\*[ricardo.torres@udea.edu.co](mailto:ricardo.torres@udea.edu.co)

Las enfermedades infecciosas causadas por microorganismos resistentes a los antibióticos son una problemática de orden global. *Klebsiella pneumoniae* resistente a antibióticos carbapenémicos (CR-Kp) esta entre las bacterias prioritarias según la Organización Mundial de la Salud (OMS), debido a su resistencia a casi todos los agentes antimicrobianos, incluidos fármacos de último recurso<sup>1,2</sup>; por lo tanto la eliminación de este patógeno en el agua requiere del uso de procesos eficientes y adaptables<sup>3</sup>. En el presente trabajo se estudió la inactivación de CR-Kp en agua residual municipal (simulada) mediante la aplicación de tres sistemas electroquímicos (oxidación anódica, foto-electro-oxidación y foto-electro-Fenton). En el proceso de oxidación anódica se uso un DSA (Ti/IrO<sub>2</sub>) y se evaluó el efecto del tipo de cátodo (Zr vs. cátodo de difusión de aire (CDA)). En el sistema de foto-electro-oxidación se utilizó

el ánodo  $\text{Ti}/\text{IrO}_2$  un CDA y luz UV-A (365 nm) y para el proceso foto-electro-Fenton se consideró la configuración  $\text{Ti}/\text{IrO}_2$  | CDA irradiada con la UV-A y en presencia de  $\text{Fe}^{2+}$  (5 ppm). Todos los sistemas fueron operados a una corriente de solo 40 mA.

En la oxidación anódica, el sistema con el CDA mostró mayor habilidad para la eliminación de CR-Kp. De modo interesante, la foto-electro-oxidación llevó a la completa inactivación de la población bacteriana ( $10^6$  UFC/mL) en 90 minutos de tratamiento, a su vez el proceso foto-electro-Fenton requirió 120 min para eliminar las 6 unidades logarítmicas de CR-Kp. La diferencia entre los dos últimos procesos podría asociarse a los efectos de matriz del agua y/o la naturaleza capsular de la bacteria problema. Finalmente, cabe resaltar que la acción desinfectante alcanzada por los tratamientos evidencian la viabilidad de aplicación de estos procesos electroquímicos para la eliminación de CR-Kp en aguas.

[1] J.D. Lutgring, B.M. Limbago, J. Clin. Microbiol. 54 (2016) 529–534..

[2] WHO, Antimicrobial resistance, Bull. World Health Organ. 61 (2014) 383–94.

[3] E.A. Serna-Galvis et al., J. Environ. Chem. Eng. (2018), doi: 10.1016/j.jece.2018.02.004



## Uso del electrodo de $\text{Ti|IrO}_2\text{-SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_3$ para degradar contaminantes orgánicos

David Sánchez Santacruz<sup>1</sup>, Adrián Reyes Palacios<sup>1</sup>, José A. Valencia Pérez<sup>1</sup>, Alejandro Medel Reyes<sup>2</sup>, Jimmy A. Morales Morales<sup>3</sup>, Erika Méndez Albores<sup>1\*</sup>, Miguel A. González Fuentes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Química y Facultad de Ciencias Químicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, CU, San Claudio S/N. C.P 72570, Puebla, Pue., México

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

<sup>3</sup> Universidad Santiago de Cali, Colombia.

\*erika.mendez@correo.buap.mx; miguel.gonzalezfuentes@correo.buap.mx

La oxidación electroquímica de numerosos compuestos orgánicos ha sido abordado a lo largo de los últimos años, particularmente con el empleo de ánodos dimensionalmente estables (DSA) [1]. La característica que poseen los DSA, además de su elevada actividad electrocatalítica para llevar a cabo la oxidación del agua, es su estabilidad para evitar la corrosión y su gran capacidad para resistir mecánicamente. Es por ello que su uso se ha extendido para tratar efluentes de diversas industrias. En ese sentido, el material del electrodo dentro de un proceso de oxidación juega un papel muy importante debido a que la oxidación se puede llevar a cabo vía directa o indirecta. Es decir, si la transferencia electrónica se produce entre el contaminante y la superficie del electrodo, o si es a través de la generación de especies reactivas con elevado poder de oxidación como el



$\bullet\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ , entre otros, respectivamente [2]. Dentro de los electrodos DSA mas comúnmente empleados se tienen a los que poseen óxidos binarios de  $\text{RuO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{IrO}_2$ ,  $\text{RuO}_2$ , etc., los cuales mayoritariamente están soportados en Ti y son muy pocos los DSA formados por óxidos ternarios. Es por ello que, en este trabajo de investigación, se presentan los resultados obtenidos de sintetizar un DSA ternario formado por  $\text{IrO}_2\text{-SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_3$  para ser empleado en la degradación de compuestos orgánicos de diversas industrias. En cuanto a la industria petroquímica se presenta la oxidación de la mezcla de dibenzotiofeno, 4-metil dibenzotiofeno, 4,6-dimetil dibenzotiofeno, compuestos que están presentes en los combustibles líquidos como el diesel y la gasolina con la finalidad de cambiar su naturaleza para extraerlos del combustible y evitar la formación de  $\text{SO}_2$  durante su combustión. Así mismo, se presenta la eficiencia de oxidar a la tartrazina, colorante sintético de tipo azoico presente en diversos efluentes industriales empleando dicho electrodo DSA.

[1] S. Trasatti, Electrocatalysis: understanding of the success of DSA, *Electrochim. Acta* 45 (2000) 2377–2385.

[2] C.R. Costa, C.M.R. Botta, E.L.G. Espindola, P. Olivi, Electrochemical treatment of tannery wastewater using DSA electrodes, *J. Hazard. Mater.* 153 (2008) 616–627.

# Mejoramiento de la calidad de agua residual en una industria gráfica por métodos fisicoquímicos y tratamiento fenton

Ronal Leonel Morales Lame, Oscar Eduardo Castro Ordóñez, Sandra Castro Narváez\*

*<sup>1</sup>Universidad Santiago de Cali. Grupo de Investigación en Electroquímica y Medio Ambiente. Cali.*

*\*sacastro@usc.edu.co*

Las aguas residuales finales de las máquinas de impresión por flexografía constituida por pigmentos, resinas, aditivos, niveladores, agua y jabones industriales (surfactantes) que le imparten alta coloración, pH bajos (4-5), alta demanda química de oxígeno (DQO) entre 12000 y 33000 mg/L y baja biodegradabilidad (relación DQO/DBO<sub>5</sub> entre 1.8 y 7.5) se sometieron a tratamientos fisicoquímicos primarios y posteriormente a proceso fenton para mejorar su disposición final. El tratamiento primario consistió en agregar un coagulante (policloruro de aluminio o cloruro férrico) a diferentes concentraciones (entre 10 y 25%) seguido de la adición de carbón activado. En el tratamiento secundario se optimizó el proceso fenton variando condiciones de pH (2 a 6,5), contenido de hierro (0-70 ppm) y concentración de peróxido de hidrógeno (0 a 500 ppm); en cada caso se siguió la disminución de la respuesta de DQO como criterio de selección. Después del tratamiento primario las muestras mejoraron su calidad de agua aproximadamente en un 50%, siendo el policloruro de aluminio el mejor agente coagulante a una concentración del 25%.

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

El proceso fenton, pH:4; iones férricos a 40 ppm y peróxido de hidrógeno a 200 ppm y una hora de tratamiento, permite que el agua residual alcance remociones hasta del 80%, significando que el acople de las tratamientos permiten obtener aguas residuales de bajo impacto ambiental.

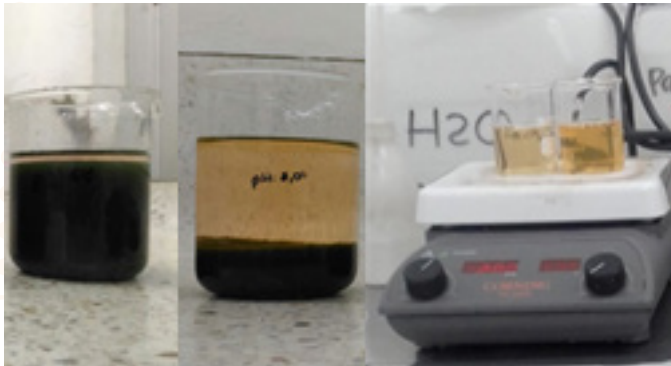


Fig. 1. Apariencia del agua residual de una industria gráfica. A. Floculación con policloruro de aluminio (25% por 12 min). B. Carbón activado. C. Proceso fenton: pH:4;  $[Fe^{3+}]$  40 ppm,  $[H_2O_2]$  200 ppm, 1 hora.

- [1] Espinoza, C.; Romero, J.; Villegas, L.; Cornejo-Ponce, L.; Salazar, R. *Journal of Hazardous Materials* 319 (2016) 24–33.
- [2] Cogollo Flórez, J. M. *DYNA*, 78, 165, (2011) 18-27.



## Reactor de electrocoagulación y software para la enseñanza práctica de la electroquímica

Andrea Carolina Sánchez Díaz<sup>1</sup>, Pedro Santiago Martínez González<sup>1\*</sup>,  
Julián Camilo Peña Bermúdez<sup>1</sup>, Cesar Augusto Quiñonez Segura<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Santo Tomás

<sup>2</sup> Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

\*pedromartinez@usantotomas.edu.co

La electroquímica es una ciencia que presenta innumerables aplicaciones en el campo de la ingeniería, la tecnología, medio ambiente entre otras; es por ello que su enseñanza en la educación superior es esencial. (Aran Ais, Busó Rogero, Chumillas, Climent, & Herrero, 2013). Para desarrollar en los estudiantes un conocimiento amplio en esta ciencia, no es suficiente contar con clases teóricas, se hace necesario tener prácticas experimentales para mostrar la aplicabilidad de los conceptos en la vida real y fomentar la investigación. (Tarhan & Burcin, 2011) Para ello es preciso tener equipos de laboratorio que permitan la ejecución de actividades de este tipo, en este proyecto se diseñó y construyó un equipo portátil y de bajo costo de electrocoagulación con el fin de poder ser utilizado a nivel universitario y de posgrado, para la enseñanza, investigación y desarrollo de proyectos relacionados. Este consta de una unidad de electrocoagulación y un programa desarrollado en LabVIEW para el control del mismo. Este software explica cada uno de los pasos que se deben llevar a cabo en el reactor, hace dosificación y agitación automática y además registra información para dar un reporte de la experimentación

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

al finalizar las prácticas. Con este prototipo es posible variar parámetros como pH, conductividad y densidad de corriente. La utilización de éste, en laboratorios y prácticas académicas permitirá a los estudiantes afianzar los conocimientos en el campo de electroquímica, aplicando los conceptos más importantes como lo son la óxido-reducción, electrólisis, entre otros.

- [1] Aran Ais, R., Busó Rogero, C., Chumillas, S., Climent, V., & Herrero, E. (2013). Un nuevo enfoque didáctico para acercar la Electroquímica al alumnado a través de experiencias cotidianas.
- [2] Tarhan, L., & Burcin, A. S. (2011). Inquiry-Based Laboratory Activities in Electrochemistry: High School Students' Achievements and Attitudes. *Research in Science Education*.





# Diseño y construcción de un reactor de electrocoagulación a escala laboratorio para la remoción de Plomo en agua

Andrea Carolina Sánchez Díaz<sup>1</sup>, Pedro Santiago Martínez González<sup>1</sup>, Jhon Navarrete Gómez<sup>1</sup>, Cesar Augusto Quiñones Segura<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Santo Tomás

<sup>2</sup> Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

\*andreasanchez@usantotomas.edu.co

La electrocoagulación es una técnica electroquímica utilizada para la remoción de contaminantes orgánicos e inorgánicos, en la cual se producen cationes metálicos encargados de formar el coagulante in situ y así desestabilizar las partículas coloidales para que formen aglomerados que posteriormente son removidos del agua a tratar. (Shakir & Husein, 2009). Esta técnica ofrece ventajas sobre los tratamientos convencionales ya que es de menor costo, versátil, y efectiva. (Mehran, Ali, Mohammad, & Maryam, 2015). Es importante el tratamiento de aguas que contengan contaminantes tóxicos como el plomo ya que la salud del ser humano se ve comprometida, éste, incluso a niveles bajos de concentración ya sea por ingesta o inhalación ocasionan daños graves a la salud a causa de su acumulación en el organismo (Téllez & Marlen, 2005). En este trabajo se construyó un prototipo de electrocoagulación a escala laboratorio, se realizó una revisión bibliográfica, con el fin de establecer los parámetros más importantes del proceso enfocado a la remoción de plomo. De esta manera el reactor consta de un tanque de 100x100x150mm, para tratar un volumen de agua de 1L, con electrodos de aluminio

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

siendo 8 láminas de 80x50mm de área efectiva, separadas 10mm entre ellas, a la salida del tanque se tiene un pequeño filtro para la remoción de los lodos y espumas generadas en el proceso. El prototipo cuenta con un circuito impreso que permite la variación de la corriente hasta 1A con un voltaje máximo de 10V. Las pruebas llevadas a cabo se realizaron con un pH inicial neutro, y la conductividad se ajustó utilizando sal común, se pueden alcanzar remociones cercanas al 90%.

[1] Mehran Mohammadian, F., Ali, A., Mohammad Mehdi, E., & Maryam, G. (2015). Optimization of lead removal by electrocoagulation from aqueous solution using response surface methodology. \*Desalination and Water Treatment. Shakir, I., & Husein, B. (2009). LEAD Removal from Industrial Wastewater by Electrocoagulation process. Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering.

[2] Téllez Mosquera, J., & Marlen Bautista, F. (2005). Exposición ocupacional a plomo: aspectos toxicológicos. Avances en enfermería.





## ¡Celdas Galvánicas en el Aula!

David Sánchez Santacruz<sup>1</sup>, Saraí Satarain Lizárraga<sup>1</sup>, Genaro Carmona Gutiérrez<sup>1</sup>, Albino Moreno Rodríguez<sup>1</sup>, Erika Méndez Albores<sup>1</sup>, Jimmy A. Morales Morales<sup>2</sup>, José R. Márquez López<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Químicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, CU, San Claudio S/N. C.P 72570, Puebla, Pue., México

<sup>2</sup> Universidad Santiago de Cali, Colombia.

\*jose.marquez@correo.buap.mx

La electroquímica y los procesos de óxido-reducción son temas fundamentales en la enseñanza de la química. Algunos estudios han mostrado la dificultad que tienen los alumnos en el aprendizaje de los conceptos necesarios para explicar los experimentos que generalmente se llevan a cabo en los laboratorios escolares y sobre todo los fenómenos naturales que ocurren día con día.

Huddle et al. (2000) señalan dos posibles razones para estas dificultades en el aprendizaje de la electroquímica: los conceptos son muy abstractos y el lenguaje empleado es totalmente nuevo para los estudiantes. Por lo anterior, en este trabajo se presentan los resultados de hacer un "concurso de prototipos de celdas galvánicas" como estrategia didáctica para introducir el tema de los "principios básicos de la electroquímica" en la asignatura de Química General a un grupo de estudiantes de nuevo ingreso de nivel licenciatura en la una carrera de ciencias químicas de la BUAP/México. El objetivo fue promover el aprendizaje significativo de conceptos en electroquímica de manera práctica, así como desarrollar, a través de una actividad motivadora, las habilidades de pensamiento creativo en el estudiante para generar el conocimiento. Primeramente, los estudiantes realizaron



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

una búsqueda bibliográfica de manera libre y en grupos de tres, sobre el concepto de: celdas galvánicas, los componentes que lo constituye y el funcionamiento ó aportación de cada uno de los elementos necesarios para construir dicho dispositivo. Para tal actividad, diversos recursos didácticos fueron empleados como libros, revistas científicas, internet, entre otras fuentes que la BUAP ofrece a través de su acervo y la red inalámbrica (RIU) disponible para los estudiantes. Posteriormente, cada estudiante consiguió materiales baratos que no representan un daño ambiental para construir la pila. Por último, en el aula y con la guía del profesor, los alumnos, además de construir sus celdas electroquímicas, interpretaron sus observaciones y explicaron los conceptos teóricos en que se basa la electroquímica al asociar su dispositivo creado y experiencias adquiridas con los dispositivos comerciales existentes.

[1] Huddle, P. A.; White, M. D.; Rogers, F. (2000). Using a Teaching Model to Correct Known Misconceptions in Electrochemistry. *Journal of Chemical Education*. 77, 104-110



# Estudio electroquímico para la recuperación de $\text{Fe}^{+2}$ procedente del decapado y regeneración de ácidos de la industria metalmecánica

B. Miranda Alcántara<sup>1</sup>, R. Antaño<sup>1</sup>, L. Frade<sup>1</sup>, F. Castañeda<sup>1</sup>,  
F.F. Rivera<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica. Parque Tecnológico Querétaro s/n Sanfandila, Pedro Escobedo, Querétaro, México. C.P. 76703.

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

\*frivera@cideteq.mx

La mayoría de los procesos de acabado metálico usados industrialmente, como el fosfatizado, galvanizado, electroplateado, por mencionar algunos, requieren de una superficie limpia y libre de grasa, herrumbre o incrustaciones [1]. Para que esto sea posible, la pieza metálica se sumerge en una solución acida, a este proceso se le llama decapado. Para llevar a cabo esta limpieza, se utilizan diversos ácidos, algunos de ellos son el HCl,  $\text{HNO}_3$  y el  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para eliminar los óxidos superficiales; lo que queda después de este proceso son aguas residuales que contienen cierta cantidad de ácido y sales. La composición de la misma depende del metal que fue tratado. El baño de decapado residual debe ser regenerado, reciclado o eliminado para no generar

problemas ambientales; lo más conveniente es regenerarlo puesto que con ello además de solucionar la problemática ambiental se estarían recuperando productos de valor agregado. Existen diversos métodos para regenerar los baños de decapado entre los que se cuentan: diálisis por difusión, electrolisis de membrana, evaporación, precipitación, cristalización de disolvente y extracción de membrana [2]. Los procesos para regenerar los baños de decapado han ido evolucionando a lo largo del tiempo, sin embargo muchos de estos resultan ser costosos y algunos de ellos generan lodos que son difíciles de desechar ya que contaminan y dañan el medio ambiente. El presente trabajo consiste en la caracterización de baños de decapado con  $H_2SO_4$  agotados, con el propósito de recuperar  $Fe^{2+}$ , conociendo con esto la cinética química y electroquímica para poder establecer una metodología que permita regenerar el baño agotado electroquímicamente y recuperar la especie metálica que se encuentra disuelta en el mismo.

[1] W, R. (1990) The phosphating of metals. Edited by F. P. LTD. England.)

[2] Regel-Rosocka, M. (2010) 'A review on methods of regeneration of spent pickling solutions from steel processing', Journal of Hazardous Materials. Elsevier B.V., 177(1-3), pp. 57-69. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.12.043.





## Evaluación de distintos tipos de electrodo para el estudio de la disolución de minerales sulfurosos en etalina

Kimberly V. Lázaro Hernández<sup>1</sup>, Mónica J. Mendoza<sup>1</sup>,  
Ángel M. Meléndez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Materiales y Nanociencias UIS-CMN, Parque Tecnológico Guatiguara, Piedecuesta, Santander, Colombia.

\*angelemet@gmail.com

Convencionalmente la lixiviación de minerales sulfurosos se ha estudiado electroquímicamente en medios acuosos; sin embargo, recientemente se ha propuesto una nueva alternativa basada en el uso de líquidos iónicos (ionometalurgia) [1], la cual involucra la disolución de minerales en ausencia de agua. Por tanto, es necesario encontrar un método práctico para estudiar la reactividad de minerales sulfurosos. Así, se estudió el comportamiento electroquímico de granos de arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ) en la superficie de electrodos de: a) grafito impregnado con parafina (PIGE), b) pasta de carbono (CPE), y c) pasta de etalina pintada sobre una placa de titanio (EP). Se encontró que los electrodos a base de carbono no son convenientes para el estudio de minerales en etalina, ya que los procesos de reducción son inhibidos por la fuerte interacción entre los cationes colina y la superficie de carbono. Además, el aglomerante en el CPE interfiere con la respuesta del mineral. La mejor alternativa para caracterizar los minerales estudiados fue el EP.

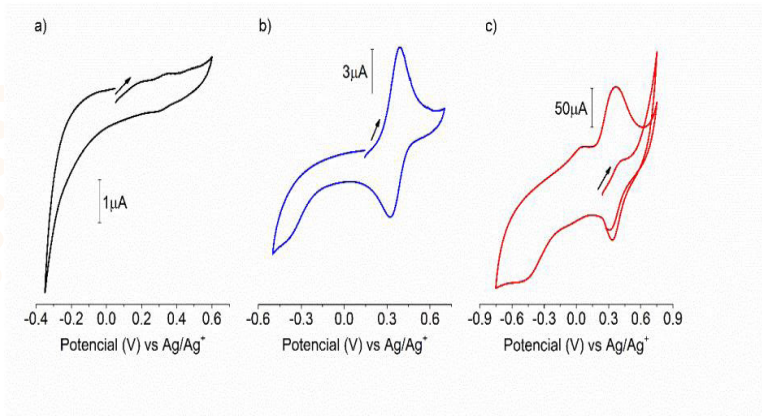


Fig. 1. Voltamperometría cíclica ( $v = 10\text{mV/s}$ ) de arsenopirita inmovilizada en: a) CPE, b) PIGE, c) EP.

[1] Green Chemistry, 19(9), 2225-2233.

Agradecimientos: a la decanatura de Ingenierías Físicoquímicas por el apoyo para asistir al evento.





# Recuperación y valorización de los metales contenidos en baterías gastadas a través de la síntesis electroquímica de recubrimientos anticorrosivos Zn-Ni

Daniela Quiroz<sup>1\*</sup>, Johan Pinto<sup>1</sup>, Sergio Blanco<sup>1</sup>, Pedro Delvasto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.  
Calle 9, Carrera 27, ciudad universitaria.

\*dannifoon27@gmail.com

Las baterías gastadas contienen metales pesados, los cuales pueden afectar al medio ambiente y a la salud humana. Por esta razón, actualmente se realizan esfuerzos para recuperar y revalorizar estos materiales, como parte de un proceso denominado minería urbana. En su composición, las baterías alcalinas y las recargables Ni-MH contienen, respectivamente, Zn y Ni. Estos metales pueden ser empleados para el desarrollo de recubrimientos anticorrosivos Zn-Ni, los cuales sobresalen por tener una resistencia a la corrosión diez veces mayor que la de los galvanizados tradicionales de zinc. En el presente trabajo, se procesaron manualmente tanto pilas alcalinas como pilas Ni-MH, para extraer sus materiales activos, los cuales contienen mayoritariamente Zn y Ni. Estos materiales se lixiviaron, por separado, en una solución concentrada de  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  en presencia de ácido cítrico, con el fin de estabilizar los iones metálicos en la solución. Los lixiviados obtenidos se analizaron por absorción atómica para determinar la concentración de estos metales. Posteriormente, se preparó el baño electrolítico con una concentración molar de 9:1 Zn-Ni, a partir del cual se realizó

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

el proceso de electrodeposición potenciostática sobre acero AISI SAE 1020. El voltaje de reducción de las especies se determinó mediante voltametrías cíclicas. La estabilidad electroquímica del recubrimiento obtenido se evaluó por medio de la medición del potencial a circuito abierto (OCP), espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y voltametría lineal de barrido (LSV), en una solución de NaCl al 3%. Finalmente, la morfología y composición del recubrimiento se estudió mediante microscopía electrónica de barrido (SEM-EDS). Los resultados y análisis electroquímicos y morfológicos evidencian que las baterías gastadas pueden ser empleadas como una fuente alternativa para la obtención de recubrimientos anticorrosivos estables químicamente, homogéneos, compactos y adherentes sobre acero convirtiéndose en un proceso prometedor para valorizar este tipo de residuos tóxicos.





# Comparación de la eficiencia del proceso de extracción de oro con membranas poliméricas y diferentes ligandos tipo Salen con Aliquat 336®

Maicol Leandro Pérez Urbano<sup>1</sup>, Germán Cuervo Ochoa<sup>\*</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación en Procesos Electroquímicos (GIPEL),  
Universidad del Cauca, Popayán - Colombia

\*[gcuervo@unicauca.edu.co](mailto:gcuervo@unicauca.edu.co)

Las membranas de inclusión polimérica (MIP) son un tipo de material, compuesto por una fase líquida que contiene un agente extractante y un polímero base. Algunos agentes extractantes tienen también propiedades plastificantes, como es el caso del producto comercial Aliquat 336, una sal cuaternaria de amonio utilizada como catalizador de transferencia de fase o como agente de extracción de metales. Las MIP se han empleado en diferentes estudios relacionados con el intercambio de iones entre dos disoluciones acuosas o en procesos de extracción de iones metálicos.

En este trabajo se determinaron las condiciones experimentales bajo las cuales se obtiene un alto rendimiento en extracción de oro a partir de disoluciones acuosas, empleando una membrana de inclusión como sistema extractor. La síntesis de la membrana se realizó utilizando Aliquat 336 y polícloruro de vinilo (PVC) y se estudiaron los efectos de la variación del espesor y composición de la membrana y del pH de las disoluciones de partida y



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

receptora. Se realizaron medidas del potencial de membrana en dos celdas separadas entre sí por la MIP. Se evaluó adicionalmente el porcentaje de extracción de otros 11 iones metálicos con la misma membrana ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ). Los resultados obtenidos mediante la medición del potencial de membrana se confirmaron con los obtenidos mediante la medición de la concentración de los metales en ambas disoluciones mediante espectrofotometría de absorción atómica. La eficiencia de la extracción de oro con Aliquat 336 fue comparada con la extracción con diferentes ligandos tipo Salen.

[1] Marceline Akieh-Pirkanniemi, Grzegorz Lisak, Jesus Arroyo, Johan Bobacka, Arilvaska, Tuned ionophore-based bi-membranes for selective transport of target ions, *Journal of Membrane Science* 511 (2016) 76–83

[2] Xiang Li, Chengcheng Zhang, Rui Zhao, Xiaofeng Lu, Xiuru Xu, Xiaoteng Jia, Ce Wang, Lijuan Li, Efficient adsorption of gold ions from aqueous systems with thioamide-group chelating nanofiber membranes, *Chemical Engineering Journal* 229 (2013) 420–428.





## Electrodeposición de aleaciones Ni-La y Co-La sobre cobre a partir de soluciones acuosas con glicina

Jacobo Bustamante, Pedro Luís Delvasto Angarita, Ángel M. Meléndez\*

*<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Materiales y Nanociencias, GIMBA, Calle 8N No. 3W-60 El Refugio, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia*

*[jacobopalmab@gmail.com](mailto:jacobopalmab@gmail.com), [delvasto@uis.edu.co](mailto:delvasto@uis.edu.co), [amelende@uis.edu.co](mailto:amelende@uis.edu.co)*

La recuperación de tierras raras a partir de fuentes secundarias se ha convertido en un tema de interés debido a la escasez de sus yacimientos<sup>1</sup>. Con el objetivo de recuperar Ni, Co y La a partir de una solución sintética que simula las concentraciones de estos metales en un lixiviado de baterías Ni-MH, se determinó por voltamperometría ciclica el potencial para obtener aleaciones Ni-La y Co-La. Se agregó glicina para favorecer la codeposición de lantano. Los depósitos metálicos se obtuvieron potenciostáticamente sobre cobre a diferentes tiempos. La morfología de los depósitos, observada por microscopía electrónica de barrido, es de forma globular y de tamaño homogéneo. A pesar que se agregaron cloruro de amonio y ácido bórico para amortiguar el pH se obtuvo que, entre mayor es el tiempo o el potencial de deposición mayor es el tamaño de las grietas que se forman debido a la reacción de evolución de hidrógeno. Las aleaciones obtenidas fueron caracterizadas por difracción de rayos X de haz rasante, espectroscopia de fotoelectrones inducidos por rayos X y espectroscopia de electrones retrodispersados.

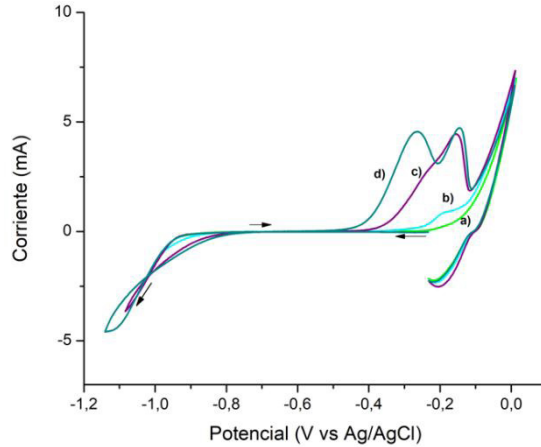
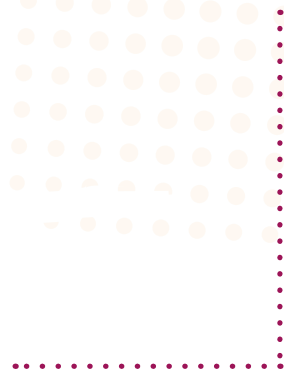


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos de una solución 0.12 M  $\text{Co}^{\text{II}}$  y 0.3 M  $\text{La}^{\text{III}}$  a una  $v = 100 \text{ mVs}^{-1}$  sobre un electrodo de cobre a potenciales de inversión de a) -900mV, b) -980 mV, c) -1080 mV y d) -1140 mV

**Palabras clave:** Níquel, Lantano, Codepósito, electroquímica, voltamperometría

[1] Müller, T. Friedrich, B. Development of a recycling process for nickel-metal hydride batteries. *Journal of Power Sources*. 2006, vol 158, pp. 1498-1509





# Obtención de Bio-crudo Vía Conversión Térmica de Bagazo de Caña de Azúcar y Evaluación del Potencial Antioxidante por Voltamperometría Cíclica

Natalia Afanasjeva<sup>1\*</sup>, Alexander Mondragón<sup>2</sup>, Luís Carlos Castillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad del Valle.. Grupo de Investigación en Contaminación Ambiental por Metales y Plaguicidas-GICAMP, Cali-Colombia

<sup>2</sup> Universidad del Valle. Grupo de Investigación de Procesos Avanzados para Tratamiento Químicos y Biológicos-GAOX Cali-Colombia.

\*natalia.afanasjeva@cooreounivalle.edu.co

Actualmente, existe creciente interés en desarrollar métodos para el uso de los residuos forestales y agrícolas para la producción de biocombustibles y otros bio-derivados. La pirólisis de la biomasa es un método prometedor para la producción simultánea de bio-char, bio-crudo y combustibles gaseosos. En el presente trabajo se evaluó el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante de los bio-crudos obtenidos por pirólisis lenta a diferentes temperaturas y con varios tipos de biomasa de bagazo de caña de azúcar. Las propiedades térmicas de las muestras de bagazo de caña se determinaron por TGA. Las muestras de biocrudo obtenidas del proceso de pirólisis de cuatro tipos de bagazos colombianos fueron analizadas por UVVis, IR-ATR y GC-MS. Se determinó el contenido de fenoles totales de las muestras de bio-crudo por el método de Folin-Ciocalteu, encontrando valores entre 2.863 y 11.020 mg EAG/g bagazo. La capacidad antioxidante se evaluó por dos métodos: un método químico, mediante la

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

captación del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) y un método electroquímico mediante la determinación del potencial antioxidante total por voltamperometría cíclica; en este caso, la capacidad antioxidante de los crudos se puede relacionar con la integral del producto de la corriente y el exponente del potencial a lo largo del pico voltamperométrico, con estos ensayos, los crudos se pueden medir de manera precisa, robusta, y los datos son directamente proporcionales a la concentración de la muestra y dependen solo del potencial redox. El ensayo propuesto ha sido probado en las mezclas que no requieren tratamientos previos complejos, en donde se aprecia un proceso irreversible al hacer el barrido de potencial en dirección anódica a 0.98 V (vs Ag<sup>0</sup>/+).

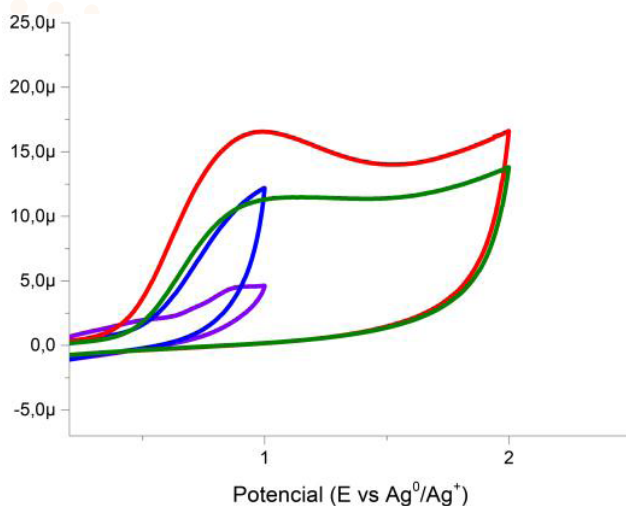


Fig. 1. Voltamperograma cíclico anódico del extracto fenólico a 80 mVs<sup>-1</sup> a diferentes concentraciones.



## Electroepoxidación de Limoneno con Complejos Quirales Mn-Salcn

Paola Andrea Barbosa Gutiérrez, Olga Lucía Hoyos Saavedra\*,  
Germán Cuervo Ochoa

*Grupo de Procesos Electroquímicos, Departamento de Química,  
Universidad del Cauca*

*\*olhoyos@unicauca.edu.co*

La investigación sobre epóxidos de terpenos es muy prometedora por su utilidad en la síntesis de compuestos de interés en química fina. Aunque hay diferentes métodos para su síntesis, aún es necesario implementar metodologías verdes que sean selectivos hacia la regio o estereoselectividad. En este trabajo se evaluó la selectividad en la electroepoxidación de limoneno, catalizada por complejos (R,R')-Mn(III)-Salcn derivados de ligandos 5,5'-nitrosustituídos, 5,5'-clorosustituídos, 5,5'-nitro-3,3'-bromosustituídos y no sustituido. Se compararon dos procedimientos de reacción, ambos en un sistema bifásico donde el sustrato y el catalizador se disolvieron en la fase orgánica y el agente oxidante en la fase acuosa. En el químico, se parte de una solución acuosa de hipoclorito de sodio, mientras que en el electroquímico, se generó in situ mediante electrólisis de una solución de cloruro de sodio. La concentración del agente oxidante se determinó durante el avance de las reacciones a diferentes tiempos. La conversión del limoneno a sus epóxidos se monitorearon mediante GC-MS. El estudio comparativo de los resultados de la conversión de limoneno a epóxidos se llevó a cabo a las 4, 8 y 12h. Para todos los catalizadores, se determinó una mayor conversión del limoneno en la reacción

de electroepoxidación, en donde el complejo  $[\text{Mn}(\text{Nitro-Salcn})]\text{Cl}$  presentó la mayor actividad (61,88%/12 h), mientras que por el método químico se alcanzó este valor a las 48 h de reacción con el mismo catalizador (40,69%/12h). Se encontró una mayor selectividad hacia el *cis*-1,2-óxido de limoneno con los complejos  $[\text{Mn}(\text{Nitro-Salcn})]\text{Cl}$ ,  $[\text{Mn}(\text{Cl-Salcn})]\text{Cl}$  y  $[\text{Mn}(\text{Salcn})]\text{Cl}$ , mientras que la reacción en presencia del complejo  $[\text{Mn}(\text{Bromoni-Salcn})]\text{Cl}$  dio como producto principal carvona.

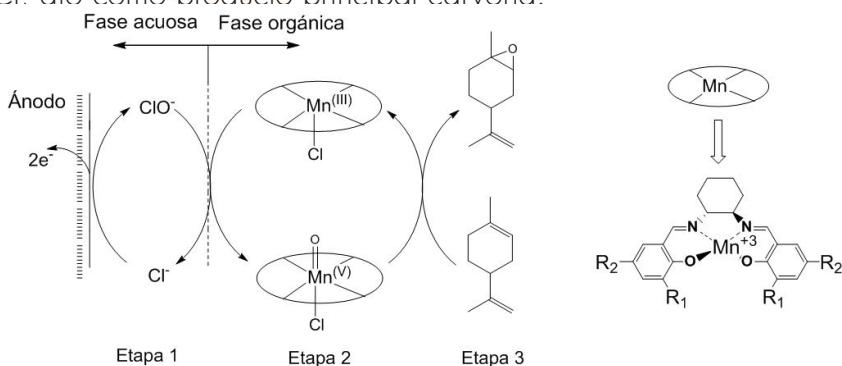


Figura 1. Esquema del proceso de electroepoxidación de limoneno

[1] Barbosa, P. (2018). Estudio Regioselectivo de la Electroepoxidación de Limoneno Utilizando Complejos Quirales Mn-Salen (Tesis de Pregrado en Química). Departamento de Química, Universidad del Cauca.



## Study of the electrochemical oxidation of 2-Thiazolamine and 2-Oxazolamine on a platinum wire as working electrode

Jhon J. Ríos Acevedo<sup>1</sup>, Andrés F. Villamarín<sup>1</sup>, Edwin Flórez López<sup>1</sup>, Jimmy Morales Morales<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia.

\* [jimmy.morales00@usc.edu.co](mailto:jimmy.morales00@usc.edu.co)

The electrochemical oxidation of 2-aminothiazole (2AT) and 2-aminoxazole (2AO) was studied by means of the cyclic voltammetry technique (VC), on a Pt wire as working electrode. An anodic wide peak centered at 0.79V was observed and 0.98V (Ia wave) caused by the oxidation of the 2AT and 2AO compounds and the formation of cationic radicals on the clean surface of the electrode, respectively. During the studies of (VC) in a small range of exploration speeds, the oxidation signal increased with the increase in speed and moved to more positive potential values. This dependence of the potential with respect to the potential sweep speed indicated a controlled diffusion of the system of an irreversible nature. At T = 298 K, from the electrochemical oxidation of 2 AT, a thin coating film with a light brown color was obtained on the surface of the Pt wire. However, in the electrooxidation of 2 AO, that result was not evident. While the 2AT electrooxidation product loses conductivity, in the case of the 2AO compound, the electrogenerated product on the surface of the platinum wire maintains the conductive properties.



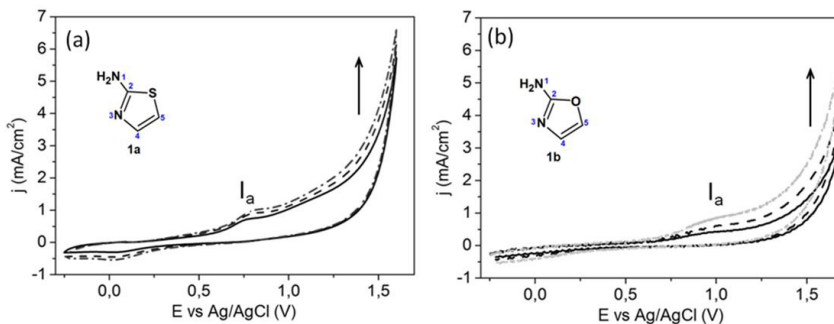


Figure 1. The cyclic voltammograms recorded on the platinum (Pt) wire electrode for (a) 0.01M 2-aminothiazole (b) 0.01M 2-aminooxazole in 0.3M ammonium oxalate, at different scan rates: 50 mVs<sup>-1</sup> ( \_\_\_ ), 80 mVs<sup>-1</sup> (- - -) and 100 mVs<sup>-1</sup> (.....)

[1] Zhi-Hua Z.; Yu C.; Bao-Shan C.; Xiao-man Y.; Xiao-Yu C.; Bo C.; Song Y. *Chin. J. Org. Chem.* 2017, 37, 9, 2377-2384.

[2] Duran. M.; Demirayak S. *Med Chem Res.* 2013, 22, 4110-4124.

[3] Mori, M.; Nucci, A.; Dasso Lang M. C.; Humbert, N.; Boudier, C.; Debaene, F.; Sanglier-Cianferani, S.; Catala, M.; Schult-Dietrich, P.; Dietrich, U.; Tisne, C.; Mely, Y.; Botta, M. *ACS Chem. Biol.* 2014, 9, 1950–1955.1



# Short approach to the electrochemical behavior of 2-Amino-4-(4-X-phenyl)thiazoles derivatives with voltammetry in glassy carbon electrode

Jhon J. Ríos Acevedo<sup>1</sup>, Edwin Florez López<sup>1</sup>  
Jimmy A. Morales Morales<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia.

\* [jim.ale.mor@gmail.com](mailto:jim.ale.mor@gmail.com)

In this work a short voltammetric study of the reduction processes of five substituted 2-Amino-4-(4-X-phenyl)thiazoles ( $X = -H, -OCH_3, -CH_3, -Cl, -NO_2$ ) in dimethylsulphoxide was performed. In the potential range considered here (-2.0 to -2.9 V vs  $Ag^+/AgCl$ ), one signal ( $I_c$ ) were detected; this was associated with the electrochemical reduction of the corresponding structure of compound heterocycle. The voltammetric analysis at the reduction signal showed that when increasing the sweep speed ( $0.1 < v < 1.0 \text{ Vs}^{-1}$ ), an oxidation signal associated with the  $I_c$  wave was not observed. The linear dependence of the peak current with respect to the root of the velocity of the  $I_c$  wave, showed that this was a process controlled by diffusion and showed an apparent ir-reversible behavior. Peak potential shifted to more negative values as the potential sweep speed was higher; this was indicative of irreversible behavior in this signal. The substitution change influenced the electrochemical behavior, evidencing that a substituent, as in this case methoxy group compound 1b, causes a greater energetic demand for the reduction of the thiazole derivative it becomes evident in the most

negative potential, with respect to the derivative without substituent 1a. This was new evidence of the behavior electrochemical of 2-Amino-4-(4-X-phenyl) thiazoles derivatives which had not been reported for these compounds.

- [1] Sayyah S. M., Azooz R. E. *Arabian J. of Chem.* 2016, 9 S576–S586.
- [2] Zhi-Hua Z., Yu C., Bao-Shan C., Xiao-man Y., Xiao-Yu C., Bo C., Song Y. *Chin. J. Org. Chem.* 2017, 37.
- [3] Mori M., Nucci A., Dasso Lang M. C., Humbert N., Boudier C., Debaene F., Sanglier-Cianferani S., Catala M., Schult-Dietrich P., Dietrich U., Tisne´ C., Mely Y., and Botta M. *ACS Chem. Biol.* 2014, 9 1950–1955



# Síntesis, caracterización y estudio electroquímico de compuestos tipo [(dppf)Ni L<sub>2</sub>]; donde dppf=[1,1'-Bis(difenilfosfino)ferroceno] y L= Bencentiolato pentafluorado (S-C<sub>6</sub>F<sub>5</sub>), Mercaptobenzotiazol (S-C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>NS)

William Santacruz Parra<sup>1</sup>, David Morales<sup>2\*</sup>,  
Jimmy A. Morales Morales<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Santiago de Cali (USC), Cali, Colombia

<sup>2</sup> Instituto de Química UNAM, México

\* [jim.ale.mor@gmail.com](mailto:jim.ale.mor@gmail.com)

En este proyecto se desarrolló la síntesis y caracterización de compuestos de coordinación de níquel(II) con un bencentiolato Penta fluorado y mercaptobenzotiazol, como ligandos, las síntesis se llevaron a cabo a través de reacciones de metátesis entre [(dppf)NiCl<sub>2</sub>] y las sales de plomo de cada ligando, obteniendo rendimientos entre 70 y 90% según el compuesto, posteriormente se hizo un estudio y seguimiento electroquímico de los compuestos de coordinación sintetizados; utilizando dimetilsulfoxido (DMSO) como medio y empleando un electrodo de carbono vítreo como electrodo de trabajo, de Ag/Ag<sup>+</sup> como electrodo de referencia y un barra de acero como contraelectrodo, se empleó voltamperometría cíclica como técnica de seguimiento electroquímico, ya que aporta información rápida acerca del comportamiento redox de las especies, de las reacciones químicas en que participan (mecanismos de reacción, reacciones químicas acopladas) y

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

permitirá evaluar el efecto de algunos parámetros estructurales de cada uno de los compuestos, se determinaron los potenciales de oxidación-reducción y se conoció la reversibilidad de estos procesos; las ondas observadas se atribuyen a la oxidación del Hierro(II) en el ligando de ferroceno y a la reducción del Níquel(II).

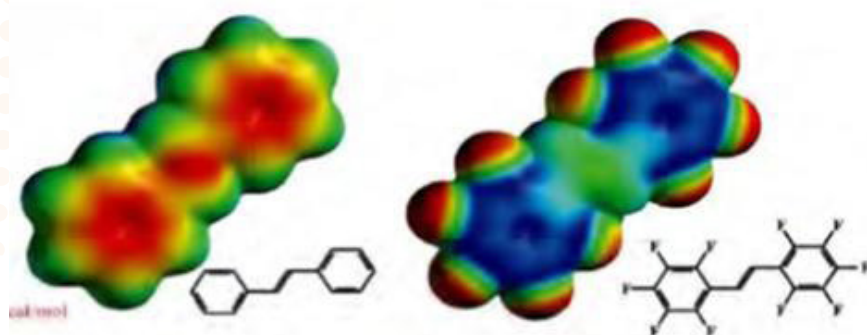


Figura. 1. Distribución de la densidad electrónica del estilbena y del decafluoroestilbena.[1]

[1] Marín E.(2014). Síntesis y caracterización de compuestos tipo  $[LM(SRf)_2]$  donde  $L = 2,3\text{-bis}(2\text{-piridil})\text{-pirazina}$  y  $6,7\text{-dimetil-}2,3\text{-di}(\text{piridin-}2\text{-il})\text{quinoxalina}$  como ligantes,  $M = \text{Zn(II)}, \text{Pd(II)}$  y  $SRf = \text{SC}_6\text{F}_5$ . Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.



# Oxidación electroquímica de 2-amine-4-phenylthiazoles

Jose L. Patiño Izquierdo<sup>1</sup>, Jimmy A. Morales Morales<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Santiago de Cali (USC), Cali, Colombia

\* [jim.ale.mor@gmail.com](mailto:jim.ale.mor@gmail.com)

Los experimentos de voltamperometría cíclica se realizaron en acetonitrilo MeCN, usando un analizador electroquímico PGSTAT 128N AUTOLAB. Se realizó un estudio de 30 ciclos de barrido de potencial a  $v = 0.05 \text{ Vs}^{-1}$ . Se usó un electrodo de disco de carbón vítreo ( $0,07 \text{ cm}^2$ ) como electrodo de trabajo, se pulió con alúmina de  $0,05 \mu\text{m}$  (Buehler) y se enjuagó con acetona antes de cada ejecución voltamperométrica. Se usaron un alambre de platino y un electrodo comercial de  $\text{Ag} / \text{Ag}^+$ , como los electrodos auxiliares y de referencia, respectivamente. Los valores potenciales obtenidos se refieren al par de (ferrocenio / ferroceno +  $0,44 \text{ V}$ ) frente a la referencia empleada. Los estudios se llevaron a cabo en una atmósfera inerte por saturación con argón de alta pureza a temperatura ambiente (aproximadamente  $29^\circ\text{C}$ ). Se realizaron experimentos con dos tipos de sales: el hexafluorofosfato de tetrabutilamonio ( $\text{TBAPF}_6$ ) y el tetrafluoroborato de tetraetilamonio ( $\text{TEABF}_4$ ). Un aumento en el tamaño molecular ocasionó que los procesos de oxidación se lleven a cabo a potenciales más positivos. Un cambio en el sustituyente evidenció este mismo efecto. Un grupo electroattractor de electrones, provocó que el potencial de oxidación sea más positivo. Desde el estudio de ciclos, se encontró que para la primera señal de oxidación, Figura 1, los valores de corriente pico decrecen a medida que aumenta el número de ciclos, debido al crecimiento de una película barrera durante los ciclos, lo que generó un efecto de bloqueo por especies o estructuras químicas electrogeneradas sobre la superficie del electrodo.

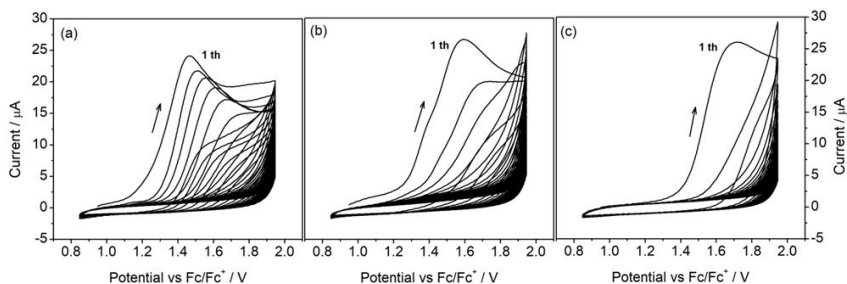


Figura. 1. Señales de Voltamperometría cíclica a 30 ciclos de 2-amino-4-(4-R-fenil)tiazol 3mM en MeCN+Bu<sub>4</sub>NPF<sub>6</sub> 0,1M,  $v = 0,05\text{V/s}$ . (a) R = -CH<sub>3</sub>; (b) R = -H y (c) R = -Br

[1] Villamarin A. & Morales J. (2017). Estudio de la oxidación electroquímica de derivados 4-(4-X-fenil)-2-aminotiazoles. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Santiago de Cali, Colombia.



## Derivado de indol-acrilonitrilo con fluorescencia para aplicaciones OLED

Jhon S. Oviedo Ortiz<sup>1</sup>, Rodrigo Abonia<sup>2</sup>, Edwar Cortés González<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Compuestos Organometálicos y Catálisis, Programa de Química, Universidad del Quindío. Armenia, Colombia

<sup>2</sup> Grupo de Investigación de Compuestos Heterocíclicos, Departamento de Química, Universidad del Valle. Valle del Cauca, Colombia

\*[ecortes@uniquindio.edu.co](mailto:ecortes@uniquindio.edu.co)

En el presente trabajo se realizó la síntesis de (Z)-3-(7-cloro-2-oxo-1,2-dihidroquinolin-3-il)-2-(1H-indol-3-carbonil)acrilonitrilo mediante una reacción Knoevenagel asistida por microondas de 3-(1H-indol-3-il)-3-oxopropanonitrilo y 3-quinolinecarboxaldehído en presencia de piperidina como catalizador, se obtuvo un sólido rojo con un rendimiento del 83%. El compuesto fue caracterizado por espectroscopía infrarrojo, UV, RMN y espectrometría de masas. Los niveles de energía LUMO y HOMO del compuesto fueron estimados usando voltametría cíclica y se compararon con cálculos teóricos usando GAUSSIAN 09. La transición de dos electrones en el voltamograma cíclico en relación con las densidades electrónicas obtenidas mostró principalmente las transiciones  $\pi\text{-}\pi^*$  del grupo nitrilo y indol. La banda de energía prohibida obtenida es de 2,64 eV y la longitud de onda es de alrededor de 469,6 nm, el cual está en el rango de radiación visible y por lo tanto, puede ser utilizado para aplicaciones OLED.



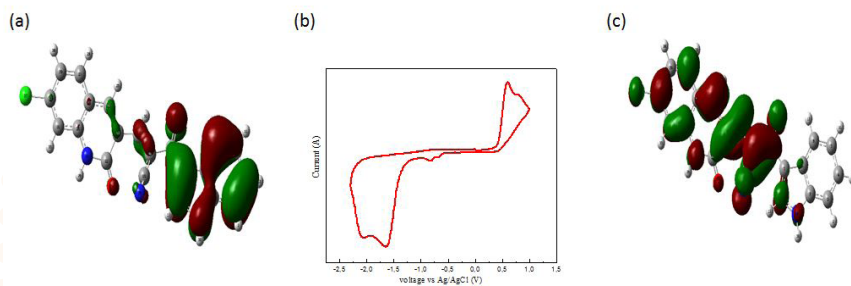
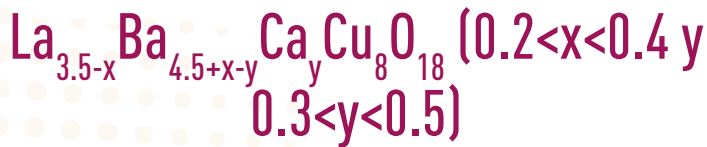


Fig. 1. (a,c) Los orbitales HOMO y LUMO calculados por el metodo B3LYP/631G+(d). (b) Voltamperograma cíclico de 1 mM obtenidos a una velocidad de barrido de  $100 \text{ mVs}^{-1}$  sobre un electrodo de platino. Electrolito soporte 0.1 M  $[\text{NBu}_4][\text{PF}_4]$ .





## Propiedades Electroquímicas del sistema



Linda Alejandra Pérez Díaz<sup>1\*</sup>, Jairo Alberto Gómez Cuaspud<sup>1</sup>,  
Carlos Arturo Parra Vargas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo Física de materiales, Universidad pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia

\*[linda.perez@uptc.edu.co](mailto:linda.perez@uptc.edu.co)

Este trabajo describe la síntesis y caracterización del sistema  $\text{La}_{3.5-x}\text{Ba}_{4.5+x-y}\text{Ca}_y\text{Cu}_8\text{O}_{18}$  obtenido por el método convencional de reacción de estado sólido, mediante en la síntesis de muestras que se encuentran en el rango de fase pura propuesta por West.

Las muestras fueron caracterizadas por difracción de rayos X (XRD) y refinamiento Rietveld. Las muestras fueron producidas partiendo de los óxidos de  $\text{La}_2\text{O}_3$  (99.99%),  $\text{CuO}$  (99.999%) y carbonatos de  $\text{BaCO}_3$  (99.999%) y  $\text{CaCO}_3$  (99.999%). La temperatura de calcinado fue de 780 °C durante 24 horas, mientras el proceso de sinterizado y oxigenado se hizo a 850°C durante 24 horas con el fin de obtener la formación de la estructura final del sistema. Con los datos obtenidos se realizó una comparación entre el patrón reportado 358 y con la ayuda del programa PCW, permitiendo determinar las señales de difracción características de estos sólidos. El análisis estructural se llevó a cabo mediante XRD y refinamiento Rietveld, análisis que permitieron determinar que el sistema presenta una estructura ortorrómbica con parámetros de celda  $a=3.845 \text{ \AA}$ ,  $b=3.894 \text{ \AA}$  y  $c=31.093 \text{ \AA}$ , volumen de celda  $=465.537 \text{ \AA}^3$  y grupo espacial  $\text{Pmm}^2$  (358) como se indica

en la figura 1. El análisis por espectroscopia Raman permitió determinar los principales modos de vibración de los diferentes enlaces que se forman entre los átomos en la estructura de la perovskita sintetizada en concordancia con un material óxido con señales alrededor de  $100\text{--}200\text{ cm}^{-1}$ . La microscopía electrónica de barrido permitió analizar la estructura morfológica del sistema estudiado obteniendo un tamaño de cristal de  $35\text{ nm}$ . Los resultados del análisis por espectroscopia de impedancias, mostró valores de conductividad consistentes con valores de excitación térmica relacionada con la evolución de átomos de cobre de  $\text{Cu}$  a  $\text{Cu}^{1+}$ . Así, se confirma que el número de átomos que pierden su electrón de conducción está bien definido, suponiendo la aplicabilidad del material como apantallamiento electromagnético, patrones de voltaje, sensores SQUID, sensores de infrarrojos, dispositivos de microondas y procesamiento analógico de señales.

**Palabras clave:** Celda unidad, difracción de rayos X, perovskita, reacción de estado sólido.

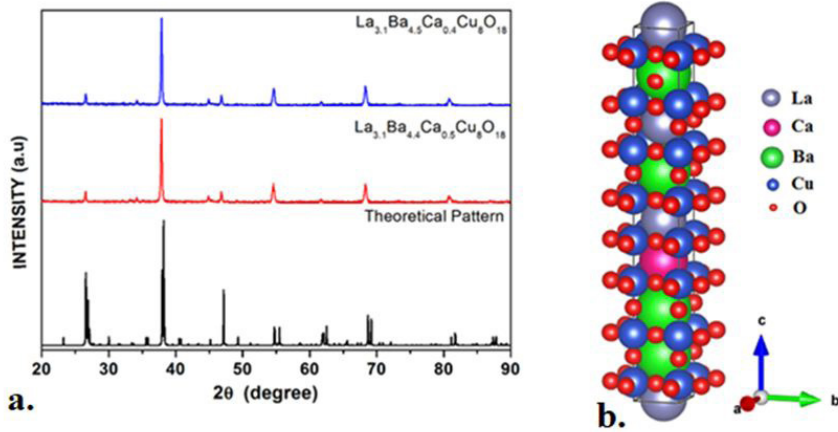


Fig. 1. a. Comparación de patrones de difracción de rayos X de las muestras  $\text{La}_{3.1}\text{Ba}_{4.5}\text{Ca}_{0.4}\text{Cu}_8\text{O}_{18}$  y  $\text{La}_{3.1}\text{Ba}_{4.4}\text{Ca}_{0.5}\text{Cu}_8\text{O}_{18}$  con el patrón teórico obtenido en el software PCW. b. estructura ideal del sistema  $\text{La}_{3.5x}\text{Ba}_{4.5+x}\text{Ca}_y\text{Cu}_8\text{O}_{18}$ .



# Hydrothermal synthesis of nano-semiconductor stannite-type $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ and its properties as absorber material in photovoltaic applications.

Jorge Muñoz Malpica<sup>\*1</sup>, María Isabel Espitia<sup>2</sup>, Jairo Gómez Cuaspu<sup>1</sup>,  
Enrique Vera López

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Integridad y Evaluación de Materiales (GIEM), Instituto para la Investigación e Innovación en Ciencia y Tecnología de Materiales (INCITEMA). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Av. Central del norte 39-115 Tunja – Boyacá Colombia.

<sup>2</sup> Grupo de Desarrollo y Aplicaciones de Nuevos Materiales (DANUM). Escuela de Ciencias Químicas. Facultad de Ciencias. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Av. Central del norte 39-115. Tunja – Boyacá. Colombia

\*[jorge.munoz02@uptc.edu.co](mailto:jorge.munoz02@uptc.edu.co)

Nowadays fossil fuels represents the biggest source of the energy production at global scale, however the secondary effects derived from accumulation of greenhouse gases that create the global warming problem is one of the main challenges of present time. Due to previous problems, the research in field of new energy sources derived from renewable sources is a requirement for the new generations, mainly concentrated in the use of photovoltaic energy, which provide a clean and sustainable alternative to energy production at global scale. Although this solution has been explored for decades, the need to implement novel systems with low levels of processing and contamination in non-conventional scenarios has allowed the emergence of a new series of materials

based on new semiconductor materials for its ability to reach high levels of efficacy, low band-gap values and a high processability, derived from its basic composition of  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  (abbreviate CZTS). This quaternary system derived from calcogenide configuration is characterized by its non-rare and abundant components free of toxic elements, represent the new generation of materials for photovoltaic applications, since improve the concentration of p-type carriers in a wide interval of temperature, however the incorporation of transition cations in the position of Zn by Fe or Co, provide the increase in the conductivity values for potential applications maintaining the structure of the kesterite. Based on previous advantages, the present work is based on the hydrothermal synthesis of a composition based on  $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$  system reported by Wang et al. [1], starting from corresponding nitrates of copper, iron, tin chloride and thiourea (TU) as S source. The process was performed under different synthesis conditions (12h, 24h and 48h) and thermal treatments (250, 300 °C) in a steel autoclave. The obtained materials at the end of each process were washed with ethanol and then dried at 80 °C. The structural, morphologic and optoelectronic properties were evaluated by means X-ray diffraction, scanning electron microscopy (SEM), UV, FTIR and Raman measurements.

[1] H. Wang, et al. One-step synthesis of high quality Kesterite  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$  Nanocrystals – a Hydrothermal Approach. Beilstein J. Nanotechnol 2014; 5 438–446.





# Producción de hidrógeno en una celda PEC, utilizando urea como sustrato y óxidos metálicos como semiconductores

Santiago Cartagena Ocampo<sup>1</sup>, Carlos I. Sánchez Saenz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia sede Medellín

\*[cisanche@unal.edu.co](mailto:cisanche@unal.edu.co)

El uso de combustibles fósiles genera problemas ambientales y de salud [1], lo que hace necesario el uso de fuentes energéticas renovables como solar y eólica; sin embargo, por su variabilidad es necesario almacenarla para utilizarla en periodos de baja producción. Una forma de hacerlo es produciendo hidrógeno, mediante una celda PEC (celda fotoelectroquímica) la cual usa energía solar para llevar a cabo la reacción de interés [2]; la reacción anódica normalmente es oxidación de agua para producir oxígeno, reacción que requiere grandes sobrepotenciales, por esto se propone reemplazarla por la oxidación de urea que se da con mayor facilidad [3] y se encuentra en la orina, la cantidad de urea que se produce en la orina humana diariamente es de 240 millones de toneladas en el mundo [4]. Se estudiará un fotoánodo de  $\text{BiVO}_4/\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  que absorbe la energía solar en el visible y permite usarla en la reacción, se busca entonces evaluar el fotoelectrodo y la producción de hidrógeno usando urea como sustrato y Pt como cátodo; los electrodos se sintetizarán usando electrodeposición anódica y calcinación y se caracterizarán mediante pruebas electroquímicas como EIS, voltametría de barrido lineal, con lo que se determinará el potencial uso de urea como sustrato y posteriormente la viabilidad de usar orina como fuente de urea.

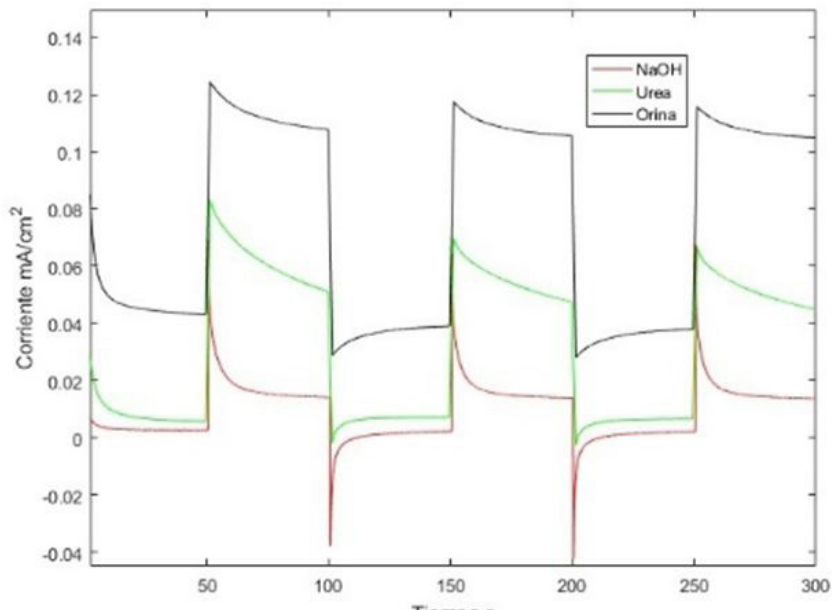


Fig. 1. J-t a 500 mV vs Ag/AgCl con  $\text{BiVO}_4/\text{ZnFe}^{2+}\text{O}_4/\text{NiOOH}$  en diferentes medios.

- [1] R. B. . Gupta, Ed., Hydrogen Fuel Production, Transport, and Storage. CRC Press, 2008.
- [2] N. Chouhan, R.-S. Liu, and J. Zhang, Photochemical Water Splitting: Materials and Applications. 2017.
- [3] G. Wang et al., "Solar driven hydrogen releasing from urea and human urine," Energy Environ. Sci., vol. 5, no. 8, pp. 8215–8219, 2012.
- [4] A. N. Rollinson, J. Jones, V. Dupont, and M. V Twigg, "Urea as a hydrogen carrier: a perspective on its potential for safe, sustainable and long-term energy supply," Energy Environ. Sci., vol. 4, no. 4, pp. 1216–1224, 2011.



# Síntesis galvanostática y caracterización de películas de polipirrol y polipirrol-dopamina: Propiedades eléctricas y superficiales de estos polímeros.

Ricardo Barrera Gutiérrez<sup>1\*</sup>, María T. Cortéz Montañez<sup>1</sup>,  
Pablo Ortiz Herrera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Química, Universidad de los Andes, Bogotá,  
111711, Colombia.

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes, Bo-  
gotá, 111711, Colombia.

\*[r.barrera@uniandes.edu.co](mailto:r.barrera@uniandes.edu.co)

La polidopamina (PDA) es un polímero bio-inspirado que se sintetizó por primera vez por Messersmith et al. con base a la polimerización oxidativa de la Dopamina a pH básico<sup>1</sup>. Desde entonces se han revelado interesantes propiedades asociadas a múltiples funcionalidades e interacciones moleculares de la PDA, las cuales favorecen procesos de inmovilización y detección de biomoléculas, de generación de reacciones secundarias; o características fisicoquímicas, como una alta adhesión, hidrofobicidad y resistividad.

La obtención de materiales compuestos, bien sea como mezclas homogéneas o involucrando uniones químicas, es una de las mejores alternativas para generar materiales con propiedades más versátiles y mejoradas. Con este fin, Kim et al.<sup>2</sup> electro-sintetizaron



películas de PPI-PDA por ciclovoltametría y cronoamperometría, sobre ITO con pirrol y dopamina en distintas proporciones. Se evidenció que las propiedades eléctricas del material dependen de la relación molar DA/Pi y que la DA ejerce un papel catalítico en la polimerización. Tan et al.<sup>3</sup> evaluaron el efecto del dopante en propiedades de películas PPI-PDA sintetizadas potenciostáticamente. Encontrando que dopantes de naturaleza surfactante propician la formación de películas nanoestructuradas de mayor hidrofobicidad.

En esta investigación se estudió la formación de polímeros PPI-PDA sobre electrodos de carbono (Carbono vítreo y grafito) utilizando cronopotenciometría a bajas densidades de corriente como una nueva alternativa de síntesis. Adicionalmente, se caracterizó la capacidad de transferencia de carga y estabilidad a la oxidación, mediante voltametría cíclica. Las propiedades superficiales de los polímeros se evaluaron mediante el ángulo de contacto en la interface agua/aire/película.

[1] Lee, H.; Dellatore, S. M.; Miller, W. M.; Messersmith, P. B. Mussel-Inspired Surface Chemistry for Multifunctional Coating. *Science* 2007, 318 (2007), 426–430.

[2] Kim, S.; Jang, L. K.; Park, H. S.; Lee, J. Y. Electrochemical Deposition of Conductive and Adhesive Polypyrrole-Dopamine Films. *Sci. Rep.* 2016, 6, 0–6.

[3] Tan, J.; Zhang, Z.; He, Y.; Yue, Q.; Xie, Z.; Ji, H.; Sun, Y.; Shi, W.; Ge, D. Electrochemical Synthesis of Conductive, Superhydrophobic and Adhesive Polypyrrole-Polydopamine Nanowires. *Synth. Met.* 2017, 234 (April), 86–94.



# Detección de amarillo crepúsculo sobre un electrodo de carbono vítreo modificado con quitosano por voltamperometría de adsorción

Edgar Nagles Vidal<sup>1\*</sup>, Andrés Peña González<sup>1\*</sup>, Olimpo García Beltrán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Ibagué, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas  
\*edgar.nagles@unibague.edu.co; c120131017@estudiantesunibague.edu.co

La simple modificación de la superficie de un electrodo de carbono vítreo con quitosano (QS) permitió el desarrollo de un método electroanalítico útil para la cuantificación de amarillo crepúsculo (AC-E110) por voltamperometría de adsorción con onda cuadrada (SWAdV). La superficie del electrodo se caracterizó con impedancia electroquímica (IE) y voltamperometría cíclica (VC). Los resultados mostraron que la presencia de QS sobre la superficie del electrodo, permitió la oxidación del AC a 1.01 V en un proceso controlado por adsorción. Bajo las óptimas condiciones (pH 2.5; t<sub>ADS</sub> 60s; E<sub>ADS</sub> 0,10 V) la intensidad de corriente fue proporcional a la concentración de AC entre 0,25 to 3,25  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , con un límite de detección de 0,098  $\mu\text{mol L}^{-1}$ . La desviación estándar relativa (DER) de E110 fue de 2,5 % para cinco electrodos diferentes (n=5). El método fue validado con muestras de gelatina sin sabor dopadas con AC. La interferencias de otros colorantes sintéticos, fueron estudiados y Finalmente el método fue probado con muestras reales que contenían AC y otros colorantes sintéticos. Los resultados fueron aceptables comparado con reportes previos [1, 2].

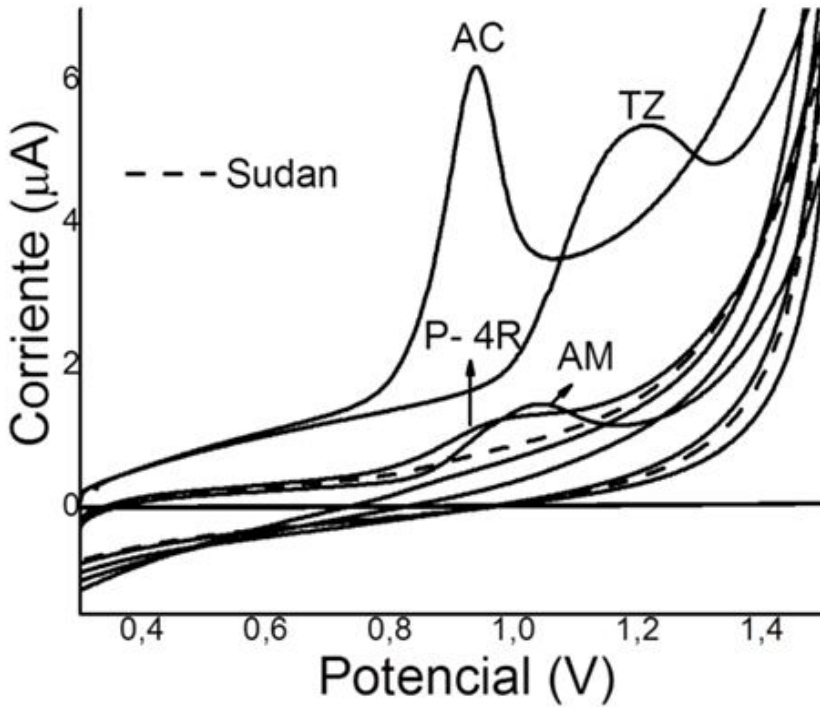


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos para amarillo crepúsculo (AC), tartrazina (TZ), amaranth (AM), sudan (SD) y ponceau 4R (P-4R) sobre CS/GCE

- [1] Alves, S. P. et al., *Food Chem.*, 107 (2008) 489-496;
- [2] Ghoreishi, S., et al., *Food Chem.* 132 (2012) 637-641.





# Efecto de la solución de anodizado en la formación de capas anódicas sobre la aleación Ti6Al4V para aplicaciones aeronáuticas

Mayra Gómez Méndez<sup>1</sup>, Carlos Durán Pabón<sup>1</sup>, Diana Naranjo Zuluaga<sup>1</sup>,  
María Arenas Vara<sup>2</sup>, Sandra García Vergara<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Universidad Industrial de Santander, km 2 vía al Refugio Parque Tecnológico de Guatiguará, Piedecuesta – Santander, Colombia

<sup>2</sup> Grupo de Corrosión y Protección de Materiales Metálicos (Cropromat) del Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas (CENIM), Avda. Gregorio del Amo, 8 28040 Madrid, España

\*sagarver@uis.edu.co

La aleación Ti6Al4V constituye cerca del 80% del titanio empleado por la industria aeronáutica para la fabricación de elementos estructurales, gracias a las excelentes propiedades que la caracterizan. Con la actual incursión de materiales compuestos de matriz polimérica en esta industria, la unión física satisfactoria entre estos y las aleaciones de titanio requiere de una adecuada preparación superficial de las aleaciones. En la presente investigación, muestras de la aleación Ti6Al4V fueron anodizadas en dos soluciones acuosas: a) 1 M de peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) y 0.5 M de hidróxido de sodio (NaOH) y b) 0.5 M de trióxido de cromo ( $CrO_3$ ) y 0.018 M de bifloruro de amonio ( $NH_4F_2$ ), como pretratamiento para mejorar la unión adhesiva de la aleación a otros materiales.

El anodizado se llevó a cabo a un voltaje constante de 10 V por 15 y 30 min a 30 °C. La caracterización morfológica de los recubrimientos anódicos formados se realizó mediante SEM, microscopía confocal y medidas del ángulo de contacto, con el método de la gota sésil. La morfología de los recubrimientos revela la presencia de poros distribuidos aleatoriamente sobre la superficie. El diámetro de los poros depende directamente de la solución de anodizado, siendo entre 150 y 350 nm para la solución de anodizado básica y menor de 100 nm, cuando el anodizado se lleva a cabo en la solución ácida. Dos aspectos claves que debe tener la superficie de la aleación para favorecer su unión adhesiva a otros materiales son mojabilidad y rugosidad. De acuerdo con los resultados obtenidos, los recubrimientos formados en la solución ácida por 30 min presentan las mejores condiciones de mojabilidad y la mayor rugosidad superficial, comparada con los recubrimientos formados a las demás condiciones de estudio. Dichos recubrimientos favorecerán la aplicación de pegamentos epóxicos normalmente utilizados para la unión adhesiva de la aleación Ti6Al4V a materiales poliméricos.



# Síntesis y caracterización de perovskitas híbridas tipo $(CH_3)NH_{(n-1)}MX_3$ (M = Ge, Sn; X = Cl, I) para el diseño de celdas solares de alta eficiencia

Diana Gómez Reyes<sup>\*1</sup>, Jairo Gómez Cuaspué<sup>1</sup>, Enrique Vera López

*<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Integridad y Evaluación de Materiales (GIEM), Instituto para la Investigación e Innovación en Ciencia y Tecnología de Materiales (INCITEMA). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Av. Central del norte 39-115 Tunja – Boyaca Colombia.*

*\*diana.gomez04@uptc.edu.co*

El presente proyecto se focaliza en la obtención, caracterización e implementación de perovskitas híbridas tipo  $(CH_3)NH_{(n-1)}MX_3$  (M = Ge, Sn; X = Cl, I) mediante la implementación de técnicas de reacción de fase líquida, para el desarrollo de celdas solares de alta eficiencia. Esto permitirá la obtención de una serie de materiales avanzados cuyo objetivo se centra en el diseño y construcción de dispositivos fotovoltaicos diversificados, empleando intermediarios de tipo organometálico, que permitan reducir los actuales costos asociados a la fabricación de celdas solares soportadas, posibilitando la identificación de aspectos claves del proceso de síntesis, deposición en capa fina y evaluación de la eficiencia fotovoltaica de los dispositivos fabricados, en orden a generar prototipos adaptables a las necesidades básicas de investigación, diseño y construcción de dispositivos para la generación de energía limpia y renovable con bajo impacto ambiental. Inicialmente, los materiales precursores monoméricos y

poliméricos serán valorados mediante técnicas de espectroscopía infrarroja y ultravioleta (FTIR-UV) y microscopía Raman, con el fin de determinar algunos aspectos químicos y de composición que permitan determinar la validez de la metodología propuesta. Posteriormente, los materiales tipo perovskitas híbridas, serán obtenidos y caracterizados por técnicas de FTIR, UV, Raman, difracción de rayos X (RXD), microscopía electrónica de barrido y transmisión (SEM-TEM), espectroscopía de impedancias de estado sólido (IS), para evaluar particularidades en su aspecto químico y físico que finalmente determine el material más prometedor de estas series sintetizadas, el cual será objeto de estudio en el diseño de un prototipo de celda solar de capa delgada obtenida mediante técnicas de doctor blade y dip coating. Las pruebas validarán la eficiencia del dispositivo y de conversión bajo condiciones de irradiación constante, permitirán constituir un trabajo de relevancia en la obtención de materiales fotovoltaicos avanzados y aportará herramientas en la comprensión química, estructural y de eficiencia de estos sistemas con la correspondiente formación de personal científico en el campo de la ciencia de los materiales, en concordancia con el desarrollo, aprovechamiento y potencial explotación de los resultados derivados de la presente propuesta.

[1] Jia, Xianyu, Ziyang Hu, Yubing Zhu, Tianyao Weng, Jie Wang, Jing Zhang, and Yuejin Zhu. 2017. "Facile Synthesis of Organic-inorganic Hybrid Perovskite  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  Microcrystals." *Journal of Alloys and Compounds* 725:270–74. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.07.154>.





# Carbon nanotube-iron@graphene hybrid material for (bio)sensing

Dayana Soto<sup>1</sup>, Manuela Alzate<sup>2</sup>, Jaime Gallego<sup>2</sup>, Jahir Orozco<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Max Planck Tandem Group in Nanobioengineering, Universidad de Antioquia, Complejo Ruta N.

Calle 67 N° 52-20, Medellín 050010, Colombia

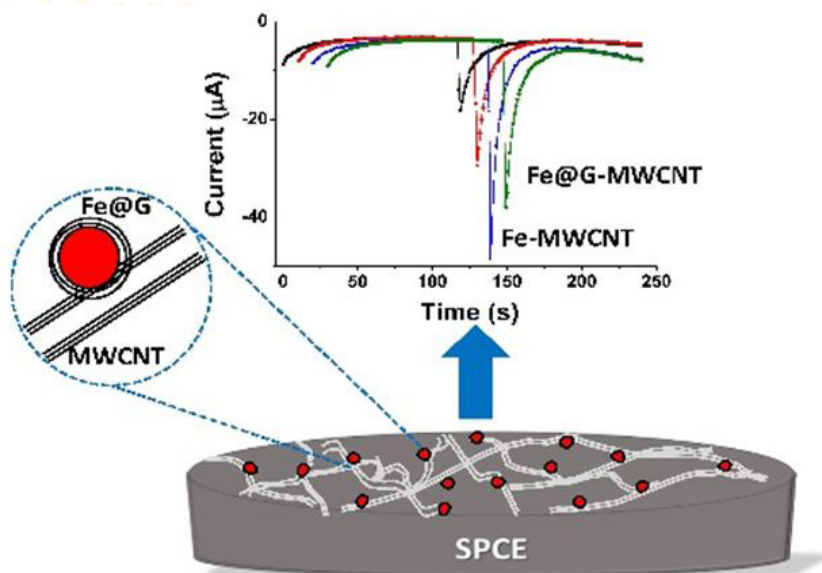
<sup>2</sup> Química de Recursos Energéticos y Medio Ambiente, Instituto de Química, Universidad de Antioquia, Calle 70 N° 52-21, Medellín, Colombia

\* [grupotandem.nanobioe@udea.edu.co](mailto:grupotandem.nanobioe@udea.edu.co)

The development of new functional hybrid materials open up a myriad of new opportunities in the construction of novel (bio) sensing platforms of improved performance. This work will show on the fabrication and electrochemical characterization of a sensing platform based on a functional hybrid material-decorated screen printed carbon electrode (SPCE) for the detection of hydrogen peroxide as a proof-of-concept. The hybrid material consists of iron nanoparticles coated with few layers of graphene supported at multi-wall carbon nanotubes (Fe@G-MWCNT) [1]. The hybrid material modified-electrode was exhaustively characterized by high-resolution transmission electron microscopy (TEM), cyclic voltammetry (CV) and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). Electrochemical characterization showed that the resultant electrochemically reduced hybrid-modified electrode exhibited a diffusion-controlled redox process with an enhanced heterogeneous electron-transfer rate constant, respect to that from the MWCNT counterpart. Fe-decorated MWCNT had superior electrochemical performance than the Fe@G-MWCNT and the MWCNT counterparts alone. However, the thin graphene flakes



acted as a protective layer that prevented the loss of the catalytic activity of the Fe nanoparticles, thus improving the long-term stability of the hybrid material [2]. Finally, we demonstrated the potential of the functional nanohybrid platform for (bio)sensing by taking advantage of the carboxylic moieties of the MWCNTs from their fabrication process to anchor amino-containing molecules by covalent linking. Overall, the hybrid material holds potential for the construction of electrochemical (bio)sensors of improved sensitivity, high biocompatibility, and long-term stability. This proof-of-concept paved the way to the development of specific and highly sensitive Fe@G-MWCNT hybrid material-based (bio)sensors.



Scheme. Design of the (bio)sensor based on the hybrid material.

[1] J. Gallego, J. Tapia, M. Vargas, A. Santamaria, J. Orozco, and D. Lopez, *Carbon*. 111, 393 (2017).

[2] D. Soto, M. Alzate, J. Gallego, J. Orozco, *Electroanalysis*. 30, 1 (2018)



# Electrodeposición de Cu-Zn a partir de un electrolito libre de cianuros

Carolina Ramírez Sánchez<sup>1</sup>, Jorge A. Calderón Gutiérrez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales  
- CIDEMAT, Universidad de Antioquia – UdeA, Calle 70 No. 52-21,  
Medellín, Colombia

\*andres.calderon@udea.edu.co

Convencionalmente en la industria de la galvanoplastia, el cianuro ha sido utilizado como agente complejante para obtener recubrimientos de Cu-Zn. Debido a la alta estabilidad de los complejos que forma el cianuro con el cobre, la actividad del cobre se ve altamente disminuida y se hace posible la reducción simultanea del cobre con el zinc. Sin embargo, dada la alta toxicidad del cianuro, se han implementado regulaciones para el uso de los compuestos cianurados en la industria. Debido a ello, se hace cada vez más necesario reemplazar el cianuro en las soluciones electrolíticas para la electrodeposición del latón [1] [2].

En el presente trabajo, se utiliza un ligando no tóxico que favorece la electrodeposición conjunta de Cu-Zn. Se realiza un estudio de la electrodeposición de los cationes individuales y de la electrodeposición conjunta donde se calcula la eficiencia de electrodeposición y se evalúa el ligando como agente complejante y como aditivo el cual mejora las características morfológicas del recubrimiento obtenido.

Para el estudio se utilizaron técnicas electroquímicas convencionales y avanzadas como curvas de polarización, SERS (Espectroscopía Raman amplificada de superficies) y EQCM (balanza electroquímica de cristal de cuarzo). Además

de algunas técnicas para la caracterización morfológica, estructural y composicional como SEM (Microscopía de barrido electrónico), DRX (difracción de rayos X), y EDS (Espectroscopía dispersiva de rayos X).

En el desarrollo del trabajo, se logró obtener recubrimientos de aleaciones de Cu-Zn usando un electrolito libre de cianuros[3] El color y la composición de los recubrimientos se pueden modular variando la concentración del agente complejante y la concentración de los cationes en electrolito. La eficiencia catódica en la obtención de los recubrimientos aumenta con un incremento de la concentración del complejante llegando a valores cercanos a 75%.

La cinética de electrodeposición de ambos metales (Cu y Zn) es afectada por la concentración del complejante el cual disminuye la densidad de corriente y por lo tanto la velocidad de electrodeposición. El efecto de la concentración de agente complejante repercute en la morfología de los recubrimientos obtenidos, el cual promueve la formación de un recubrimiento más organizado y homogéneo.

[1] M. R. H. De Almeida, E. P. Barbano, M. F. De Carvalho, P. C. Tulio, and I. A. Carlos, "Copper-zinc electrodeposition in alkaline-sorbitol medium: Electrochemical studies and structural, morphological and chemical composition characterization," *Appl. Surf. Sci.*, vol. 333, pp. 13–22, 2015.

[2] J. C. Ballesteros, L. M. Torres-Martínez, I. Juárez-Ramírez, G. Trejo, and Y. Meas, "Study of the electrochemical co-reduction of  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$  ions from an alkaline non-cyanide solution containing glycine," *J. Electroanal. Chem.*, vol. 727, pp. 104–112, Aug. 2014.

[3] C. Ramírez and J. A. Calderón, "Study of the effect of Triethanolamine as a chelating agent in the simultaneous electrodeposition of copper and zinc from non-cyanide electrolytes," *J. Electroanal. Chem.*, 2015.



# Evaluación de materiales carbonosos (grafito, óxido de grafeno y negro de carbono) modificados electroquímicamente para su uso como supercapacitores

Carlos A. Carreño Barrera, Rafael Cabanzo, Ángel M. Meléndez\*

*Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Materiales y  
Nanociencias (CMN), Universidad Industrial de Santander, PTG,  
Piedecuesta, Santander, Colombia, C.P. 681011*

*\*angelemet@gmail.com, amelende@uis.edu.co*

Una manera de aumentar la capacitancia en materiales carbonosos consiste en oxidarlos para funcionalizarlos con grupos oxigenados. Los negros de carbono fueron los principales materiales de electrodo de supercapacitores usados en el pasado; sin embargo, el surgimiento de otros materiales carbonosos como el óxido de grafeno (OG) y óxido de grafeno reducido (rOG) ha ampliado la gama de materiales de electrodo. Por tanto, es importante encontrar una manera adecuada de seleccionar los materiales de electrodo que tengan una mayor capacitancia. Los electrodos de pasta de carbono ofrecen la posibilidad de formar grupos orgánicos superficiales y además la posibilidad de aumentar su capacidad para almacenar energía [1]. Así, se prepararon electrodos compuestos de OG y rOG oxidado químicamente por 12 h y 24 h, mezclándolos con grafito y negro de carbono.

La superficie de estos electrodos se oxidó electroquímicamente manteniendo un pulso de potencial de 1.3 V vs Ag/AgCl por 300 s. Los materiales compuestos modificados fueron evaluados por voltamperometría cíclica, espectroscopia de impedancia electroquímica, y curvas de carga y descarga. Además, los materiales de carbono fueron caracterizados por espectroscopia de infrarrojo y Raman, microscopia electrónica de barrido y medidas de ángulo de contacto. Todos los materiales carbonosos modificados presentaron propiedades pseudocapacitivas, mostrando reacciones faradaicas debido a la presencia de grupos funcionales. La mezcla grafito/rOG (oxidado por 24 h) mostró la mayor acumulación de carga y capacitancia siendo está calculada por medio de las curvas de carga (Figura 1) y descarga con la ecuación  $C = \tau I / \Delta E$ .

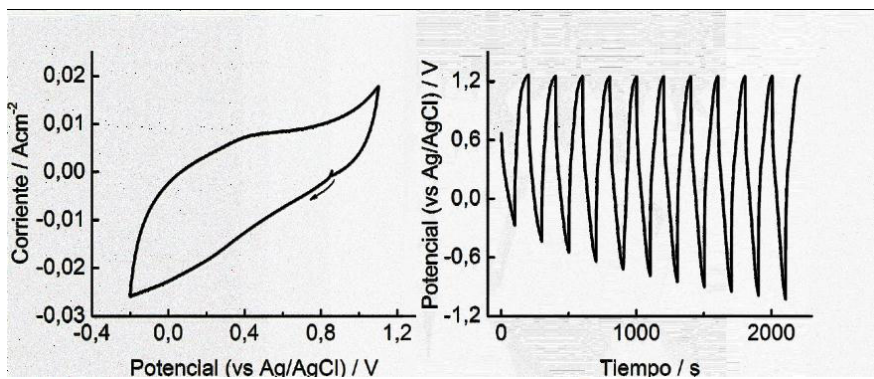


Figura 1. Voltamperograma del electrodo grafito/rOG (oxidado por 24 h) y curva de carga-descarga.

[1] O. Martínez-Alvarez, M. Miranda-Hernández, Carbon – Sci. Tech. 1 (2008) 30.



# Electrosíntesis de películas delgadas de polipirrol para la producción fotoelectroquímica de hidrógeno

Jhon Puerres Puerres<sup>1</sup>, María T. Cortés M.<sup>1\*</sup>, Pablo Ortiz Herrera<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Doctorado en Ciencias-Química, Universidad de los Andes

<sup>1\*</sup> Profesora Asociada, Departamento de Química, Universidad de los Andes

<sup>2</sup> Profesor Asociado, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de los Andes

\*[marcorte@uniandes.edu.co](mailto:marcorte@uniandes.edu.co)

La producción fotoelectroquímica de hidrógeno ha surgido como una alternativa llamativa para abordar problemáticas como la creciente demanda energética y el agotamiento de los combustibles fósiles. No obstante, el proceso cuenta con algunas limitantes, principalmente relacionadas con las bajas eficiencias de conversión de energía y con la estabilidad de los semiconductores que se emplean como fotoelectrodos<sup>1</sup>. Los fotoelectrodos que convencionalmente se han investigado están constituidos por uno o varios semiconductores inorgánicos; sin embargo, algunos estudios han demostrado que los polímeros conductores conjugados pueden ser útiles para la formación de materiales fotoelectroactivos compuestos, los cuales permiten buenas separaciones de carga, mejoras en estabilidad y aumentos en el rango de absorción de luz<sup>2,3</sup>. En este trabajo se estudió la electrosíntesis de películas delgadas del polímero polipirrol (PPy) sobre vidrios conductores de FTO y se examinó la respuesta fotoelectroquímica de este sistema. Las síntesis se realizaron aplicando diferentes señales potencioestáticas y galvanostáticas para evaluar la homogeneidad y la adherencia

de los recubrimientos. Las caracterizaciones fotoelectroquímicas se realizaron en medios acuosos con y sin la presencia de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  como agente donador de electrones. A partir de la comparación de las curvas de síntesis (potenciostáticas) experimentales con curvas teóricas, y con la ayuda de imágenes AFM y digitales se sugirió el tipo de nucleación y crecimiento del PPy sobre el FTO en la etapa inicial del proceso. Se escogió un potencial y una densidad de corriente que favorecieron buenos recubrimientos, y se evaluó la respuesta fotoelectroquímica del polipirrol de acuerdo con la señal de electrosíntesis. El presente trabajo muestra el potencial que tiene el polipirrol como material fotoelectroactivo para la producción de hidrógeno, y evidencia la versatilidad de la síntesis electroquímica de este material para conseguir mejores características de los recubrimientos.

- [1] R. Li, Chinese J. Catal., 2017, 38, 5–12.
- [2] C. Duan, H. Wang, X. Ou, F. Li and X. Zhang, ACS Appl. Mater. Interfaces, 2014, 6, 9742–9750.
- [3] J. Luo, Y. Ma, H. Wang and J. Chen, Electrochim. Acta, 2015, 167, 119–125.



# Una metodología para evaluar la capacidad de adsorción de cobre(II) sobre grupos superficiales orgánicos e inorgánicos en diatomita y compost

María Alejandra Flórez Suárez<sup>1</sup>, Yoreny Román Vargas<sup>2</sup>, Mauricio Rincón Ortiz<sup>1</sup>, Mario Víctor Vázquez<sup>2</sup>, Ángel M. Meléndez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Materiales y Nanociencias UIS-CMN, Calle 8N # 3W-60 El Refugio, Piedecuesta, Santander, Colombia

<sup>2</sup> Universidad de Antioquia, Grupo interdisciplinario de estudios moleculares (GIEM), Calle 67 # 53 -108 Ciudad Universitaria, Medellín, Antioquia

*majandrafl@gmail.com, mrincono@uis.edu.co, amelende@uis.edu.co*

Las propiedades adsorbentes de distintos materiales pueden ser aprovechadas, por ejemplo, para 1) acumular cationes metálicos en superficies de electrodo para su cuantificación, 2) evaluar la calidad de abonos orgánicos y su capacidad de retención de cationes metálicos. Por tanto, la evaluación de la capacidad de adsorción de cationes metálicos es un tema de interés. En esta investigación se desarrolló una metodología para evaluar la capacidad de adsorción de cobre(II) sobre diatomita y compost usando electrodos de pasta de carbono. Las muestras antes mencionadas fueron dispersadas en electrodos de pasta de carbono (CPE). La metodología consistió en sumergir cada uno de los CPE en una solución acuosa 10 mM Cu<sup>2+</sup> a circuito abierto. Se realizaron medidas de potencial de circuito abierto hasta alcanzar un estado estable y posteriormente se lavaron las



superficies de los electrodos con agua desionizada y se llevaron a una celda electroquímica que contenía sólo electrolito soporte. Debido a que la aplicación del CPE-diatomita fue para determinar cobre(II) en solución, el electrodo con el cobre(II) adsorbido sobre la superficie de diatomita fue caracterizado en 0.1 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a pH 3, mientras que el CPE-compost fue evaluado en una solución de PBS a pH 7.4. Los resultados de voltamperometría (Figura 1) muestran el comportamiento característico del cobre(II). La adsorción de cobre (II) depende del tiempo de compostaje. La adsorción de cobre(II) se atribuye a grupos superficiales hidroxilo, siloxano y silanol en el caso de la diatomita, mientras que para el compost se atribuye a grupos orgánicos superficiales.

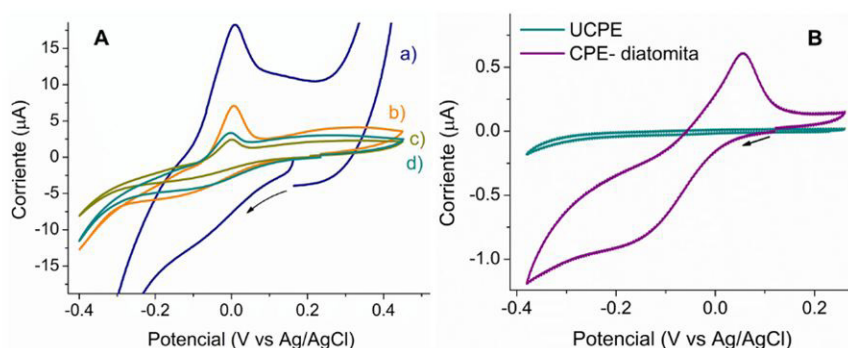


Figura 1. Voltamperogramas cíclicos de la adsorción de cobre(II) sobre A) CPE-compost a diferentes tiempos de compostaje a) 0, b) 20, c) 43 y d) 91 días y B) CPE-diatomita en una solución de PBS pH 7.4 y 0.1 M de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  respectivamente.





# Efecto de la difusión de oxígeno en la transformación anatasa - rutilo en nanotubos de $\text{TiO}_2$ obtenidos por anodizado electroquímico

Héctor Andrés Rueda Bueno, Jhoan Sebastián Becerra Bayona, Sergio Ismael Blanco Vásquez

*<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, Calle 9, Carrera 27, Ciudad universitaria*

*hectoraruedab@gmail.com, jsbecerrab@gmail.com, siblanco@uis.edu.co*

Uno de los materiales de más interés en la actualidad es el  $\text{TiO}_2$ , el cual es un semiconductor tipo n capaz de absorber la radiación UV, ampliamente utilizado en fotocatalisis y generación de energía por vía fotoelectroquímica. Sus propiedades dependen directamente de la estructura cristalina, donde los principales polimorfos estudiados son la anatasa y el rutilo. Entre los procesos de síntesis para la obtención de películas de  $\text{TiO}_2$  se destaca el anodizado, ya que este permite obtener diferentes morfologías.

Al realizar el anodizado el  $\text{TiO}_2$  obtenido es amorfo, por lo que se requiere que sea tratado térmicamente antes de su aplicación. En estudios previos observamos por microscopía electrónica de barrido que al tratar térmicamente láminas de titanio anodizadas la transformación anatasa-rutilo se veía afectada por la microestructura del metal base. En el presente estudio, evaluamos la influencia de los bordes de grano del metal base en la cinética de transformación anatasa-rutilo de un arreglo de nanotubos relacionando el inicio

de la transformación anatasa-rutilo con el proceso de difusión del oxígeno en el  $\text{TiO}_2$ , en el titanio metálico (bulk) y la posible variación en los límites de grano. Para la anodización del foil de titanio, se utilizó como electrolito una solución de glicerol ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ) con un 10% v/v de agua y 0,5 % p/p de fluoruro de amonio ( $\text{NH}_4\text{F}$ ), aplicándose 20 voltios durante 5 horas. Posterior a este proceso se realizaron tratamientos térmicos a 600, 650 y 700°C durante diferentes tiempos; analizando la transformación polimórfica que ocurre en dióxido de titanio. Para comprobar el porcentaje de anatasa-rutilo que presenta el arreglo de nanotubos, se realizó microscopia electrónica de barrido (SEM) y difracción de rayos X (DRX). Las imágenes obtenidas por SEM mostraron un arreglo homogéneo de nanotubos los cuales tuvieron un diámetro promedio de 46 nm y un espesor de pared menor a 10 nm. Al analizar las láminas anodizadas se evidenció la transformación reconstructiva de la anatasa a rutilo a través de la destrucción de las paredes de los tubos y la formación de cristales de rutilo de mayor tamaño. Finalmente, los resultados de DRX confirmaron la transformación.





# Modificación de superficies de carbono por la reducción electroquímica de 1,10-fenantrolina para la remediación de aguas contaminadas con Plomo y Arsénico

Gloria Crespo<sup>1</sup>, Richard Dvries<sup>1</sup>, Drochss Valencia<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Química y Biotecnología (QUIBIO). Facultad de Ciencias Básicas, Universidad Santiago de Cali.

<sup>2</sup> Grupo de investigación para la producción más limpia Pontificia (PML) Universidad Javeriana Cali

\*drochss.valencia@javerianacali.edu.co

Este trabajo describe un método electroquímico para la modificación de superficies de carbono con películas de 1,10-fenatrolina. El método se basa en la reducción electroquímica de 1,10-fenatrolina en medio ácido ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.100 mol L<sup>-1</sup>), este fuerte medio ácido aumenta la solubilidad de la especie orgánica y permite la protonación de la misma<sup>1,2</sup>. Esta especie después es reducida electroquímicamente, presentando dos potenciales de pico a -0.80V y -1.10V vs Ag/AgCl, en posteriores ciclos la corriente disminuye significativamente evidenciando la modificación de la superficie como se aprecia en la fig 1a, esto puede ser explicado desde el mecanismo de transferencia de electrones y protones presentado en la fig 1b, donde la especie 1,10-fenatrolina es reducida y además pierde un protón, generando un radical que es adsorbido sobre la superficie<sup>2,3</sup>, este mecanismo es conocido como grafting electroquímico. La modificación de las superficies de carbono es evaluada por barrido de potencial hacia potenciales positivos, en una solución blanco de ácido sulfúrico, donde se

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

apreció, una señal electroquímica típica de un proceso adsorptivo. Las superficies modificadas están siendo utilizadas para la electroremediación de soluciones que contienen metales pesados como Pb y As, estos metales presentan constantes de asociación metal-ligando superiores a  $10^6 \text{ mol L}^{-1}$ , con fenantrolina, lo que convierte estas superficies de carbono modificadas en potenciales sistemas para la remediación de ríos.

**Palabras Claves:** Electroremediación, electrografting, metales pesados, tratamiento de aguas

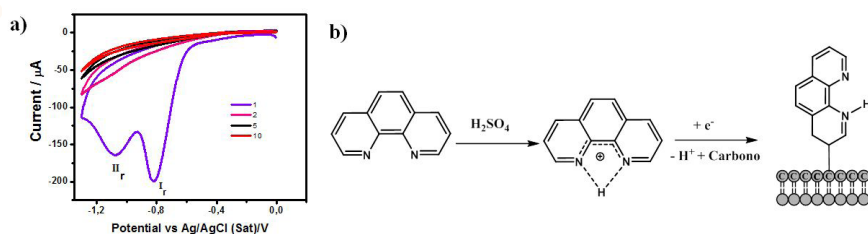


Figura 1. a) Voltamperometría cíclica para la reducción electroquímica de fenantrolina 50mM en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,100 mol  $\text{L}^{-1}$   
b) Mecanismo propuesto para la reducción electroquímica de 1,10-fenantrolina en medio ácido.

- [1] Saveant. J.M. (2006). Elements of Molecular and Biomolecular Electrochemistry: An Electrochemical Approach to Electron Transfer Chemistry. Paris, Wiley Interscience.
- [2] G. Shul, M. Weissmann, D. Bélanger, Langmuir 30, (2014), 6612.
- [3] D.P. Valencia, A.P.R. de Souza, S.I. Cordoba de Torresi, M. Bertotti, Electrochem. Comm. 38, (2014), 32



## Modificación superficial de láminas de acero y zinc por oxidación electrolítica con plasma para la reducción de Cr(VI)

Fernando Gordillo Delgado<sup>1</sup>, John Alexander García<sup>1\*</sup>, Sara Natalia Moya<sup>1</sup>

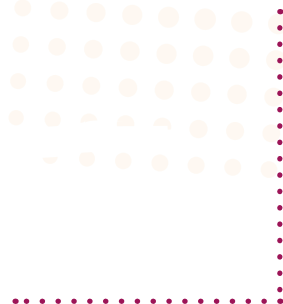
<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Ciencia Aplicada para el Desarrollo de la Ecorregión, GICADE, adscrito al Instituto Interdisciplinario de las Ciencias de la Universidad del Quindío.

\*jagarciag@uniquindio.edu.co

Se implementó un sistema de Oxidación Electrolítica con Plasma (OEP) para generar recubrimientos sobre sustratos de acero y de zinc con dimensiones 10x10x1 mm, empleando voltajes de 480, 550 y 750 Vdc entre los electrodos. Las muestras recubiertas se probaron en la fotoreducción de cromo hexavalente, un agente cancerígeno presente en aguas residuales de procesos industriales de las curtiembres; este procedimiento puede contribuir a la sostenibilidad de esta actividad. La OEP se consigue al aplicar entre el ánodo-sustrato y el cátodo, que puede ser el mismo recipiente metálico que los contiene inmersos en el electrolito, una diferencia de potencial eléctrico; una vez superada la tensión de ruptura del sustrato se generan sobre la superficie de la muestra microdescargas que crean microcavidades debido a que localmente se alcanzan altas presiones y temperaturas. A partir del electrolito utilizado se pueden depositar impurezas donoras de electrones en la capa de óxido que se forma, con el fin de disminuir el ancho de banda de energía prohibida del material. En este trabajo se utilizaron sustratos de acero en un electrolito preparado con 20 mL de solución de borato de sodio al 0.38

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

%, 0.1 g de  $\text{Ag}/\text{TiO}_2$  en suspensión y 5 mL de solución de KCl al 1%, y de zinc en un electrolito con 0.2 g/L de metasilicato de sodio pentahidratado y 0.05 g/L de hidróxido de potasio. A través de los difractogramas de rayos X de las muestras se evidenció la formación de  $\text{ZnO}$  y de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , respectivamente. La completa reducción fotocatalítica de  $\text{Cr(VI)}$ -EDTA, usando radiación ultravioleta, se obtuvo a los 60 minutos con las muestras obtenidas por OEP de la lámina de Zn con 480 V y del acero con 750 V.





# Análisis estructural, eléctrico y químico del sistema $\text{Pr-CeO}_2$ como potencial componente en pilas tipo SOFC

Andrés Felipe Cruz Pacheco<sup>1\*</sup>, Carlos Arturo Parra Vargas<sup>1</sup>, Jairo Alberto Gómez-Cuaspud<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Grupo Física de Materiales - (GFM), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia.

\*andresfelipe.cruz@uptc.edu.co

Este trabajo describe la síntesis de los sistemas  $(\text{Ce}_{1-x}\text{Pr}_x\text{O}_2)$  ( $x = 0.6, 0.8$ ) por el método de combustión, utilizando ácido cítrico como agente quelante. Las características estructurales y morfológicas que resultaron en las diferentes modificaciones del óxido de cerio después del proceso de calcinación a  $800\text{ }^\circ\text{C}$  se analizaron, mediante difracción de rayos X (DRX) y microscopía electrónica de transmisión (MET), evidenciándose la obtención de cristalitas nanométricas con morfología homogénea. Los análisis de espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS), permite identificar los estados de oxidación y las energías de enlace de los cationes cerio y praseodimio en los sólidos sintetizados. Los análisis de área superficial usando isothermas de adsorción de nitrógeno, por el método BET, reveló que los sistemas sintetizados exhiben valores de  $79$  y  $135\text{ m}^2\text{ g}^{-1}$  para  $x=0.6$  y  $0.8$  respectivamente. Las medidas de capacidad de almacenamiento de oxígeno (OSC), demuestran que la sustitución proporcional de iones Ce por Pr, incrementa el almacenamiento de oxígeno debido a la generación de vacancias de oxígeno, provocadas por la presencia de iones  $\text{Pr}^{3+}$ . Para determinar la estabilidad estructural de cada óxido sintetizado



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

en ambientes reductores, se llevaron a cabo experimentos de reducción a temperatura programada de hidrógeno (RTP-H<sub>2</sub>), los cuales permitieron determinar que los materiales son parcialmente estables hasta 790 °C. Por último, la caracterización eléctrica mediante espectroscopia de impedancias (EI), permitió determinar los procesos de conducción eléctrica mediante el análisis de los circuitos equivalentes y los diagramas de Nyquist de todos los sólidos sintetizados y calcinados, logrando identificar el material más relevante en términos de conducción, estabilidad estructural, morfología y textura con un potencial uso como componente en pilas de combustible de óxido sólido.





# Caracterización de materiales fotovoltaicos CZTiS- CZSnS, análisis y modelamiento matemático de conductividad en función de temperatura de síntesis.

Miguel Patarroyo Mesa<sup>1,2</sup>, Yeimy Tatiana Castellanos Baez<sup>2\*</sup>, Jairo Alberto Gómez Cuaspud<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Lic. en Matemáticas 1

<sup>2</sup> Instituto para la Investigación e Innovación en Ciencia y Tecnología de Materiales 2

\*[miguel.patarroyo@uptc.edu.co](mailto:miguel.patarroyo@uptc.edu.co)

Los materiales fotovoltaicos están tomando fuerza debido a su aplicación en las llamadas energías renovables; luego, se ha venido trabajando en la obtención de materiales fotovoltaicos no contaminantes y de bajo costo, usando composiciones de CZTiS y CZSnS ( $\text{Cu}_2\text{ZnTiS}_4$  y  $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$ ). La obtención de materiales y la información numérica, se logró bajo una ruta hidrotérmica, un proceso de caracterización, un análisis estadístico y un modelamiento matemático, con el objetivo de comparar la conductividad entre estos tipos materiales en función de la temperatura de síntesis, en un rango de 200 a 300°C con intervalos de 25°C a 72 horas y con tratamiento térmico de 550°C. La obtención de los materiales se validó mediante técnicas de caracterización como difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido

(SEM), espectroscopia Raman, y espectroscopia de impedancias de estado sólido (IS). Dicha caracterización, permitió confirmar la obtención de materiales semiconductores con un band-gap alrededor de 1.45 eV y 1.50 eV, con estructura cristalina concordante, geometría tetragonal de grupo espacial I-42m y una orientación cristalina preferente en el plano (1 1 2), con tamaño de partícula del orden nanométrico (5-6 nm). Los resultados de la morfología mostraron que estos materiales poseen características propias del método de síntesis utilizado y una distribución regular de partículas. La información obtenida de la caracterización eléctrica de los materiales evidencian un comportamiento de material semiconductor concordante con valores de conductividad registrados en fuentes bibliográficas. Con la información obtenida a partir de los espectros de impedancia se logró encontrar cuatro ecuaciones matemáticas estudiadas mediante el análisis de la varianza, dos ajustadas sin tratamiento térmico y dos obtenidas con los datos bajo tratamiento térmico. Otro método utilizado para validar los datos de las impedancias fue la transformada de Kramers-kronig. Los resultados obtenidos permitieron validar de forma preliminar los siguientes modelos matemáticos:

$$\begin{aligned}C_1(T) &= B_0 + B_1 T + B_2 T^2 + E \\C_2(T) &= D_0 + D_1 T + D_2 T^2 + F \\C'_1(T) &= B'_0 + B'_1 T + B'_2 T^2 + E' \\C'_2(T) &= D'_0 + D'_1 T + D'_2 T^2 + F'\end{aligned}$$

Donde T es la variable temperatura de síntesis,  $B_i$ ,  $B'_i$ ,  $D_i$  y  $D'_i$  los coeficientes ajustados a cada modelo; E, F, E' y F' los errores experimentales. Dichos modelos evidenciaron características semiconductoras y permitieron comparar qué tipo de material bajo condiciones similares poseen mejor conductividad.



## Estudio de las propiedades fotocatalíticas de partículas semiconductoras empleando electrodos de pasta de carbono

Mónica J. Mendoza<sup>1</sup>, Andrea Zarate Osuna<sup>1</sup>, David Ramírez Ortega<sup>2</sup>, Laura García Hernández<sup>3</sup>, Pedro Alberto Ramírez Ortega<sup>3</sup>, Ángel M. Meléndez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Investigación Científica y Tecnológica Materiales y Nanociencias UIS-CMN, Grupos CIMBIOS y GIMBA, Piedecuesta, Santander, Colombia

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, 04510 Coyoacán, CDMX, México

<sup>3</sup> Universidad Tecnológica de Tulancingo, Centro de Desarrollo en Nanotecnología. Camino a Ahuehuetitla No. 301 Colonia Las Presas, Tulancingo, Hidalgo, 43642, México

\*[angelemet@gmail.com](mailto:angelemet@gmail.com), [amelende@uis.edu.co](mailto:amelende@uis.edu.co)

Las reacciones fotocatalíticas heterogéneas que suceden en partículas semiconductoras como el  $\text{TiO}_2$  para descontaminar aguas son esencialmente reacciones redox de transferencia de carga. Los procesos de transferencia de carga de fotocatalizadores convencionalmente se han estudiado depositándolos en forma de películas sobre un sustrato conductor; sin embargo, su estudio debería realizarse dispersando al fotocatalizador en un electrodo, de manera similar a como tiene lugar el proceso fotocatalítico. Por tanto, se estudiaron las reacciones de transferencia de carga involucradas en la oxidación de cianuro y naranja de metilo (MO) sobre una serie de nanopartículas núcleo@coraza/cocatalizador de  $\text{TiO}_2$ @ $\text{SnO}_2$ /Ag y  $\text{TiO}_2$ @ $\text{ZnO}$ /Ag dispersas en electrodos de

pasta de carbono. Se presenta una metodología para evaluar la capacidad de adsorción de MO por voltamperometría, y su relación con el exceso de carga superficial de los fotocatalizadores. Por otra parte, se determinó la velocidad de transferencia de carga bajo irradiación UV por espectroscopia de impedancia electroquímica, y esta fue confirmada por el grado de degradación del MO durante el proceso fotocatalítico. Se determinó por voltamperometría que las nanopartículas del cocatalizador se encuentran en forma metálica, lo cual fue corroborado por HRTEM.

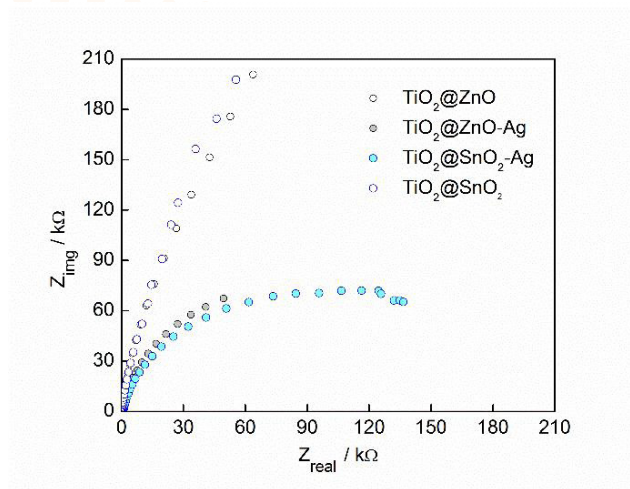


Fig. 1. Diagramas de Nyquist de electrodos de pasta de carbono con  $\text{TiO}_2@ZnO$  y  $\text{TiO}_2@SnO_2$  con y sin plata, en una solución 5ppm de naranja de metilo y bajo irradiación UV. Electrolito soporte:  $0.03\text{M HClO}_4$ .

# Efecto del potencial de deposición en la composición de películas de selenuro de mercurio-cadmio

E. Stiven Durán Uribe<sup>1</sup>, Erika V. Godoy Alarcón<sup>1</sup>, David A. Miranda<sup>1</sup>,  
Ángel M. Meléndez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Investigación Científica y Tecnología en Materiales y Nanociencias UIS-CMN, Calle 8N No. 3w-60 El Refugio, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia.

\*[angelemet@gmail.com](mailto:angelemet@gmail.com), [amelende@uis.edu.co](mailto:amelende@uis.edu.co)

El calcogenuro  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Se}$  tiene una brecha de energía en la región del infrarrojo, lo que lo hace atractivo como material de electrodo en celdas solares. En este trabajo se electrodepositaron películas de  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Se}$  sobre titanio aplicando distintos potenciales con el fin de determinar el efecto en su composición. Para ello se utilizó una solución acuosa 0.050 M  $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , 0.010 M  $\text{SeO}_2$ , 0.001 M  $\text{HgCl}_2$ , 0.25 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ajustada a pH 2.3 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  [1]. Con la finalidad de mejorar la cristalinidad y adherencia de las películas, estas fueron recocidas a una temperatura de 375 K en una atmósfera inerte. La estequiometría de las películas fue cercana a  $\text{Hg}_{0.1}\text{Cd}_{0.9}\text{Se}$ , a sobrepotenciales menores a 0.6 V vs Ag/AgCl se depositó una cantidad de Se mayor a la estequiométrica. Mientras que a medida que el potencial de deposición fue más negativo, un exceso de Cd fue depositada. Una mezcla de calcogenuros fue obtenida cuando la deposición se realizó a temperatura ambiente, por lo cual fue necesario realizar la deposición a una temperatura de 313 K. La agitación térmica evitó el agotamiento de las especies químicas en la capa de difusión favoreciendo la obtención de películas de composición homogénea.

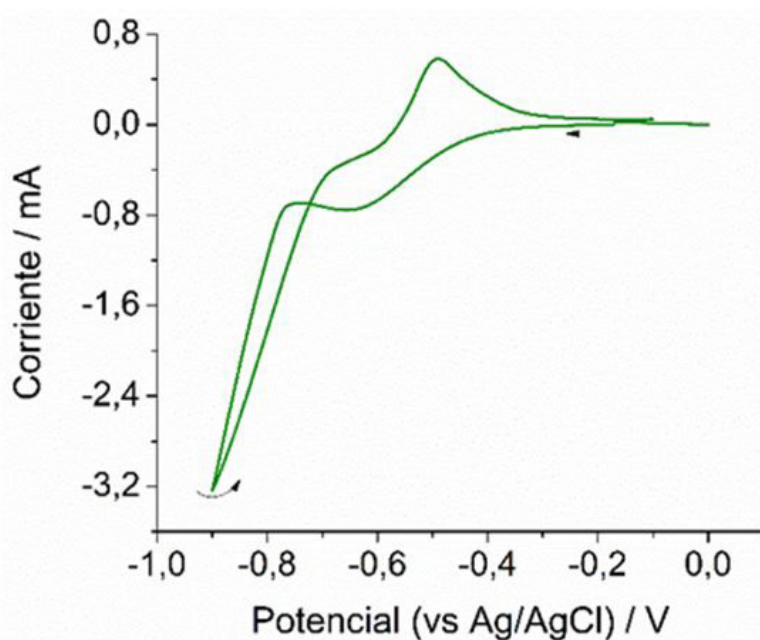


Fig. 1. Voltamperometría cíclica ( $\nu = 10 \text{ mV/s}$ ) obtenida sobre un electrodo de Ti en una solución  $0.050 \text{ M CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ,  $0.010 \text{ M SeO}_2$ ,  $0.001 \text{ M HgCl}_2$ ,  $0.25 \text{ M Na}_2\text{SO}_4$  ajustada a pH 2.3 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

[1] M. Sánchez, F. A. González-Camacho, D. A. Miranda, A. M. Meléndez, Electrosynthesis and characterization of  $\text{Hg}_{1-x}\text{Cd}_x\text{Se}$  films. J. Phys.: Conference Series 582 (2015) 012046.

Agradecimientos: Al proyecto VIE-1970 por la financiación de la investigación y a la Decanatura de Ingenierías Fisicoquímicas por el apoyo para asistir al evento.



# Catalizadores tipo Salen anclados a polianilina Electropolimerizada

Hernán Gabriel Astudillo Campo<sup>1</sup>, Germán Cuervo Ochoa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación en Procesos Electroquímicos (GIPEL),  
Universidad del Cauca, Popayán-Colombia

\*hernanastudillo@unicauca.edu.co

Los catalizadores con estructuras tipo Jacobsen, Katsuki y “Salen” en general, se destacan por sus numerosas aplicaciones en catálisis enantioselectiva que van desde la síntesis de epóxidos hasta reacciones de polimerización. Por tal razón existe un creciente número de estudios respecto a la obtención de este tipo de sustancias para ser utilizadas en la síntesis, a nivel industrial, de precursores y moléculas de interés comercial. De otro lado, el anclaje de catalizadores reviste una enorme importancia en sistemas de catálisis heterogénea, por lo cual, gran atención reciben los mediadores que permiten la unión entre el catalizador y el soporte. En el presente trabajo se aborda el recubrimiento de superficies metálicas con un catalizador tipo SALEN con centro metálico de Manganeso, mediado por capas electrogeneradas de polianilina. El ligando utilizado fue el (1R,2R,6E,7E)-N,N'-Bis(5-aminosaliciliden)-1,2-ciclohexanodiamina, sintetizado a partir del precursor 2-hidroxi-5-nitrobenzaldehído y (R,R)-1,2-ciclohexanodiamina. laelectropolimerización de anilina se realizó en medio orgánico compuesto por acetonitrilo y un catalizador de transferencia de fase (TBAB). Se realizó además la caracterización espectroscópica de ligando, catalizador, polímero y el material híbrido generado, mediante técnicas como espectroscopía UV-vis, FT-IR y 1H-RMN, técnicas electroquímicas como voltamperometría cíclica CV y mediante microscopía electrónica de barrido.



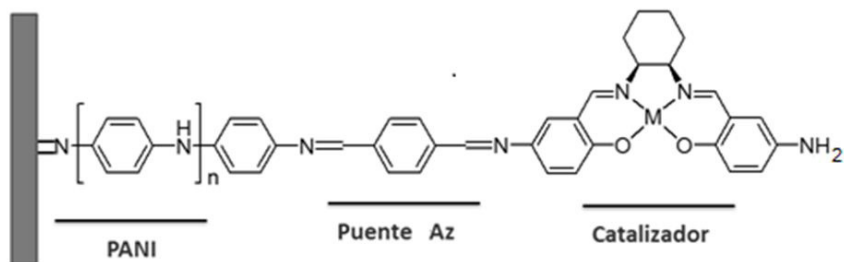


Diagrama de electrodo modificado con polianilina y catalizador tipo Salen

- [1] Jacobsen E.N., Larrow J.F., Topics Organometallic Chemistry, Vol. 6, (2006), pp. 123-152.
- [2] Zulauf, A.; Mellah, M.; Hong, X.; Schulz E., Recent Progress. Dalton Transactions, Vol. 39, (2010), pp. 6911-6935.
- [3] Heizen, J.; Uribe, F.B.A; Ludwigs S., Chemical Reviews, Vol. 110, (2010), pp. 4724-4771.
- [4] Babaiee, M.; Parkshir, M.; Hashemi, B., Synthetic Metals, Vol. 199, (2015), pp. 110-120.
- [5] Nicolas-Debarnot, D.; Poncin-Epaillard, AnalyticaChimicaActa, Vol. 475, (2003), pp. 1-15.



# Electrodeposición de cobalto sobre grafeno

Jeaneth Corredor González<sup>1\*</sup>, Vinicus Cappelleno De Franco<sup>2,3</sup>,  
Joao Schmidt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Antioquia

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul

<sup>3</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos

\*[jeaneth.corredor@udea.edu.co](mailto:jeaneth.corredor@udea.edu.co)

Una de las estrategias que se está implementando para desarrollar nuevos materiales con propiedades interesantes para una gran variedad de aplicaciones está en el uso de grafeno como sustrato, ya que permite controlar el tamaño y el arreglo de nanoestructuras metálicas. Hasta el momento las nanoestructuras de cobalto sobre grafeno fabricadas por diferentes métodos han mostrado poseer potenciales aplicaciones como supercapacitores heterogéneos, sensores electroquímicos, baterías recargables de ión -litio. Además, las nanoestructuras magnéticas de cobalto presentan superparamagnetismo, alta coercitividad, efecto de magnetoresistencia gigante, fuerte anisotropía. Estas características generan gran interés para desarrollar materiales para almacenamiento de datos. En este trabajo se estudió la morfología y propiedades magnéticas de los nanodépósitos de cobalto obtenidos sobre grafeno el cual se usó soportado sobre óxido de silicio y soportado sobre cobre policristalino. Los electrodepósitos fueron obtenidos en una celda de tres electrodos bajo control potencioestático. Las condiciones de operación de la celda se presentan en la tabla 1. Las medidas magnéticas fueron obtenidas usando un magnetómetro de gradiente de fuerza

alternada. El comportamiento magnético se observa después de los 30 segundos de deposición. La morfología estudiada mediante AFM muestra que el depósito se inicia con la formación de islas, las cuales van aumentando en número y tamaño a medida que aumenta el tiempo de deposición. La aparición del comportamiento magnético y la cantidad de material depositado es afectado por el tipo de soporte empleado.

**Tabla 1.** Composición del electrolito y condiciones de operación de la celda.

Tipo de electrodeposito	Composición del baño	Condiciones de operación de la celda
Nanodepositos	Electrolito: $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Electrolitos soporte: $\text{KCl} - \text{K}_2\text{SO}_4$	Electrodo de referencia: Calomelano. Contraelectrodo: Pt pH: 3,5 tiempo de deposición (s): 2-100

[1] Cheng, Meng-meng et. Al. RCS Advances (2017) (7) (47886).

[2] Long. F. et al. Electrochimica Acta. (2015) (168) (337).





# Synthesis and electrochemical behavior of shape-controlled Pt and Pt-Rh nanoparticles: A comparison of the catalytic activity over ethanol and ammonia oxidation in alkaline media

Roberto A. Martínez Rodríguez<sup>1,2\*</sup>, Francisco J. Vidal Iglesias<sup>1</sup>, José Solla Gullón<sup>1</sup>, Carlos R. Cabrera<sup>2</sup>, Juan M. Feliu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Electroquímica, Universidad de Alicante, Apdo 99, 03080 Alicante, España

<sup>2</sup> Department of Chemistry and NASA-URC Center for Advanced Nanoscale Materials, University of Puerto Rico, Río Piedras Campus, PO Box 23346, 00931-3346 San Juan, Puerto Rico

\*[robert\\_arts\\_2@hotmail.com](mailto:robert_arts_2@hotmail.com)

Nanomaterials have been studied intensively for the last decade due to the increment in their uses in different industrial sectors. One of them is catalysis, in which nanomaterials are highly demanded due to the properties presented at this scale. However, the design of scalable and low-cost processes for the synthesis of electrocatalysts is necessary to become competitive with current energy sources. On this basis, we have previously published a methodology to prepare cubic shaped Pt nanoparticles with an easy, cheap and scalable methodology. [1] In addition, the oxidation of organic molecules like ethanol (EtOH) has become important due to the higher energy density obtains from the oxidation process. The abundance is another important thing to be evaluated as a candidate to replace the current fossils fuels

thus, small molecules like ammonia have been proposed as a promising fuel, and for the electrochemical oxidation, studies have determined that it is a structure-sensitive process which occurs preferentially on Pt (100) surface sites.[2] From an applied point of view and among differently shaped nanoparticles, cubes have shown the highest activity, which is expected because a cube is ideally enclosed by six (100) faces. Other pure metals have also shown interesting electrocatalytic behaviors, such as Rh, which decreases the onset potential of the reaction, although significantly reducing the currents observed. Nevertheless, the effect of the particle shape in these bimetallic nanoparticles has not been evaluated yet. In this work, we show the electrochemical behavior towards ethanol and ammonia electro-oxidation on preferentially cubic Pt-Rh nanoparticles. The effect of different Pt precursors and the Pt:Rh mass ratio will be evaluated.

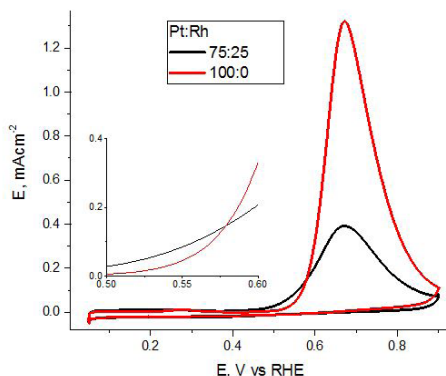


Figure 1. Cyclic voltammetry at  $10\text{mVs}^{-1}$  of the ammonia oxidation in Pt:Rh 75:25 and 100:0 samples. Test solution  $0.05\text{M}$   $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  and  $0.2\text{M}$  NaOH.

[1] Martínez-Rodríguez R. A.; Vidal-Iglesias F.J.; Solla-Gullón J.; Cabrera C.R.; Feliu J.M. (2012) *J. Am. Chem. Soc.*, 136, 1280-1283.

[2] Vidal-Iglesias F.J.; Solla-Gullón J.; Montiel V.; Feliu J.M.; Aldaz A. (2005) *J. Phys. Chem. B.*, 109, 26, 12914-12919.



# Remoción electrocatalítica de iones nitrato sobre nanoespumas de cobre sintetizadas electroquímicamente con plantilla dinámica de hidrógeno

Andrés F. Quintana Rondón<sup>1</sup>, Ángel M. Meléndez\*

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Investigación Científica y Tecnológica en Materiales y Nanociencias UIS-CMN, Calle 8N # 3W-60 El Refugio, Piedecuesta, Santander, Colombia

\*amelende@uis.edu.co

La contaminación por nitratos en el agua es un problema generalizado en todos los países, debido al uso de fertilizantes nitrogenados por el sector agrícola. La reducción electrocatalítica representa una alternativa atractiva debido a su simplicidad en las variables a manejar, la ausencia de generación de lodos o residuos, y el no tener que realizar un mantenimiento continuo o renovación de reactivos al sistema. Se ha mostrado que el cobre es un material que cataliza la reducción electroquímica de iones nitrato. Así, con la finalidad de incrementar el área electroactiva y los sitios activos para reducir iones nitrato disueltos en solución acuosa se sintetizaron nanoespumas. Para modificar su morfología, se electrodepositaron 5 distintas espumas de cobre con paredes nanoestructuradas de distinto tamaño de poro agregando NaCl o ácido acético. Se utilizó una densidad de corriente de  $3 \text{ Acm}^{-2}$ . La estabilidad mecánica de las nanoespumas preparadas electroquímicamente en soluciones con iones cloruro disminuye al aumentar su concentración. El comportamiento electroquímico característico de la reducción de cobre(II) se muestra en la Figura 1.

Se determinó por voltamperometría cíclica que el grado de reducción de 5 mM  $\text{NaNO}_3$  en 0.1M  $\text{HClO}_4$  fue mayor para las nanoespumas modificadas con ácido acético, la cuales presentan mayor número de poros y un diámetro de poro de  $\sim 40 \mu\text{m}$ .

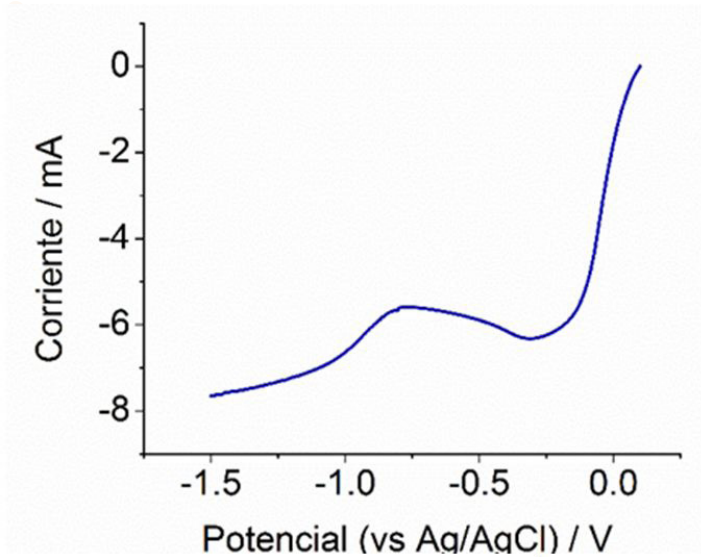


Figura 1. Voltamperograma representativo ( $\nu = 100 \text{ mVs}^{-1}$ ) de la reducción de cobre(II) sobre un electrodo de disco de Cu en una solución de ácido sulfúrico.

Agradecimientos: Al proyecto VIE-UIS 1970 por la financiación para desarrollar esta investigación.





# Estudio del comportamiento a alta presión de la estructura cristalina del compuesto $ZrTi_2$ por medio de algoritmos evolutivos

Andrés G. González Hernández<sup>1\*</sup>, Yhojan Díaz<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Colombia

\*aggonzal@uis.edu.co

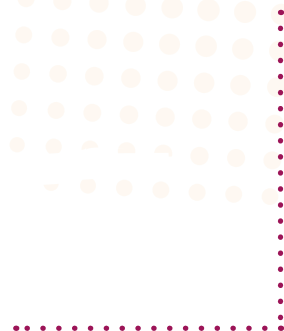
Los elementos del grupo IVb como el Zirconio (Zr) y el Titanio (Ti), son los metales más atractivos para la industria aeronáutica, médica y nuclear debido a que tienen una alta resistencia específica, una excelente biocompatibilidad y una excelente resistencia a la corrosión y baja captura de neutrones. El Zr y Ti forma una solución sólida en estado líquido y sólido. En este trabajo, se estudió el comportamiento a alta presión en la estructura cristalina de  $ZrTi_2$  mediante el uso de un algoritmo evolutivo junto con la teoría funcional de densidad (DFT). La predicción de la estructura se llevó a cabo utilizando el algoritmo evolutivo USPEX (Universal Structure Predictor: Evolutionary Xtallography) junto con el programa de simulación Vienna Ab-initio (VASP) para presiones de 0, 25, 50, 75 y 100 GPa. Uspex fue desarrollado por Oganov, Glass, Lyakhov y Zhu, lo que permite predecir la estructura cristalina más estable y en una serie de estructuras metaestables de baja energía para una composición química en cualquier condición de presión sin requerir ningún aporte experimental y con sólo la composición química. Los pseudopotenciales de los elementos Ti y Zr fueron tratados con sus respectivos orbitales  $3p^6 4s^2 3d^2$  y  $4s^2 4p^6 5s^2 4d^2$  como configuraciones electrónicas de valencia. Para USPEX, el número total máximo de átomos en la unidad de la celda se limitó



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

a 6 átomos (2 átomos de Zr y 4 átomos de Ti). De acuerdo con los estudios previos, se eligieron tres posibles estructuras para estudiar con USPEX:  $\alpha$ -ZrTi<sub>2</sub> con estructura de hcp (P63 / mmc, 194),  $\omega$ -ZrTi<sub>2</sub> con estructura de hcp (P6 / mmm, 191) y  $\beta$ -ZrTi<sub>2</sub> con estructura bcc (Im3m, 229). Además, se utilizaron tres estructuras obtenidas con el mismo software para refinar la búsqueda de las estructuras estables como: P6mm (183), P4mcm (127) y P-3m1 (164)

Los resultados mostraron que los grupos espaciales 183, 164 y 194 son las estructuras más estables a temperatura y presión cero para ZrTi<sub>2</sub>. La estructura  $\alpha$ -ZrTi<sub>2</sub> (194) es la más estable entre 3 y 75 GPa. Finalmente, el grupo espacial 164 es el más estable entre 75 y 100 GPa.





# Evaluación microestructural de recubrimientos de YSZ/NiCrAlCo-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sometidos a oxidación isotérmica a 1050°C durante 100 y 200 horas

Andrés Giovanni González Hernández<sup>1\*</sup>, Esperanza López<sup>2</sup>,  
Hélène Ageorges<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Colombia

<sup>2</sup> Universidad de Antioquia, Colombia

<sup>3</sup> Université de Limoges, Francia

\*aggonzal@uis.edu.co

Los recubrimientos usados como barrera térmica ("thermal barrier coatings" – TBCs) son principalmente utilizados en la industrial para proteger los alabes de turbinas de gas, ya que ofrecen un incremento en la operación de la turbina por arriba de 150 °C de su temperatura de trabajo [1]. Esto permite una reducción en la masa de aire de enfriamiento del alabe, así mejorando el consumo de combustible. De esta manera, estos recubrimientos son sistemas capa-cerámica/capa-anclaje diseñados para la protección a alta temperatura y aumento de la vida útil de aleaciones a base de níquel y superaleaciones. Estos metales son usados para fabricar alabes de turbinas, especialmente a gas. En este trabajo se enfoca en el estudio microestructural de la capa de anclaje de dos tipos de recubrimientos compuestos de YSZ-NiCrAlCo-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, los cuales fueron sometidos a una oxidación isotérmica a 1050°C durante 100 y 200 horas. Los recubrimientos de YSZ (top coat) y NiCrAlCo-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (bond coat) fueron elaborados por la técnica de proyección térmica por plasma atmosférico (APS). El sistema recubrimiento/

Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

capa-anclaje fue elaborada sobre la superaleación Inconel 718. Los análisis de los recubrimientos se realizaron en un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6490LV, el cual está integrado con una sonda de electrones dispersivos de Rx. Los análisis de los espectros de energía dispersiva de Rx fueron realizados a la zona del óxido crecido térmicamente (interfase capa-cerámica/capa-anclaje) y a la parte central de la capa de anclaje después de realizado el ensayo de oxidación isotérmica. Los resultados mostraron que la capa de óxido crecida térmicamente estaba compuesta principalmente de cromo resultado de la difusión de este elemento a través de la capa de anclaje. Los análisis en la zona central de la capa de anclaje mostraron elementos como Ni, Cr, Co perteneciente a la composición química de la capa y otros elementos como Fe y Nb presentes por la difusión de estos elementos provenientes del sustrato Inconel 718 y que aumentan su concentración de las 100 a 200 horas.

[1] González H., A., Hurtado, F., Ageorges, H., López, E., Vargas, F. Evaluación del comportamiento a la corrosión en sales fundidas de recubrimientos de circonita estabilizada con itria elaborados por proyección térmica por plasma atmosférico. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 2017, 37(1): 2-10.



# Obtención de películas de óxido de titanio en su fase anatasa mediante oxidación térmica de láminas de titanio y estudios de su actividad fotocatalítica

Julio C. Sánchez Beltrán<sup>1</sup>, José H. Castillo Chamorro<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Quindío

\*[jhcastillo@uniquindio.edu.co](mailto:jhcastillo@uniquindio.edu.co); [jcsanchezb@uqvirtual.edu.co](mailto:jcsanchezb@uqvirtual.edu.co)

Se presenta la obtención de películas delgadas de  $\text{TiO}_2$  en su fase anatasa por el método de oxidación térmica de láminas de titanio bajo condiciones de equilibrio termodinámico, utilizando un 60% de atmósfera de oxígeno y 40 % de atmósfera de nitrógeno como dopante. Las fotoceldas obtenidas se caracterizaron mediante difracción de rayos X (DRX) y espectroscopia ultravioleta-visible de reflectancia difusa (DRS). El método de oxidación térmica empleado permite dopar la estructura del óxido de titanio en su fase anatasa con nitrógeno, obteniéndose una única fase cristalina. Se construye un reactor artesanal para llevar a cabo el proceso de fotodegradación, evaluando la actividad fotocatalítica de las fotoceldas obtenidas ( $\text{TiO}_2$  con y sin dopaje de nitrógeno) en la degradación de azul de metileno, empleando un espectrómetro 115U con cable USB, el cual exhibe un rango entre 200 y 850 nm que permite obtener medidas en la región UV VIS. El espectrómetro está equipado con un detector lineal de matriz CCD de 2048 elementos, la resolución óptica es de 0.3 nm con una relación señal / ruido de 250: 1 (señal completa). El tiempo de integración puede variar entre 1 ms y 65 s.



## Síntesis electroquímica en un paso de grafeno usando agua y líquidos iónicos

Jessica Triana Pineda<sup>1</sup>, Ángel M. Meléndez Reyes<sup>1\*\*</sup>, Rafael Cabanzo Hernández<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Centro de Materiales y Nanociencias UIS-CMN, Calle 8N No. 3W-60 El Refugio, C.P. 681011, Piedecuesta, Santander, Colombia

\*jessicatp05@gmail.com, \*\*rcabanzo@uis.edu.co,  
\*\*angelemet@gmail.com

Sintetizar grafeno en masa se convirtió en la tarea de los investigadores en los últimos años ya que tienen por delante el reto de encontrar un método amigable con el ambiente que sea de pocos defectos estructurales y con costos viables para la industria, la propuesta que se plantea es de una síntesis electroquímica utilizando 4 tipos de electrolitos. En una celda convencional de 3 electrodos se realizó a partir de una barra de grafito grado espectroscópico utilizada como electrodo de trabajo, un alambre de platino como electrodo auxiliar y Ag/AgCl el electrodo de referencia, los electrolitos utilizados son: a) 0.1 M  $H_2SO_4$ , b) 1.0 M  $H_2SO_4$ , c) [BMIM]BF<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O 40:60 p/p, d) [BMIM]Cl/H<sub>2</sub>O 80:20 p/p. Se determinó por voltamperometría de barrido lineal los potenciales para llevar a cabo la intercalación de los aniones y la correspondiente exfoliación de grafito. A partir de este voltaje se realizó una cronoamperometría obteniendo así suficiente muestra de grafeno por cada electrolito para luego ser caracterizado por espectroscopia Raman, infrarrojo, Uv-Vis, DLS y SEM, (figura 1). En conclusión los potenciales con que se obtuvo grafeno es menor en los medios ácidos acuosos que en

los líquidos iónicos; se identificó grafeno a través de sus grupos funcionales en el infrarrojo y confirmandos por el espectro Raman, también se presentó el corrimiento característico en Uv-Vis para estos compuestos y finalmente se obtiene la morfología por medio del microscopio electrónico de barrido.

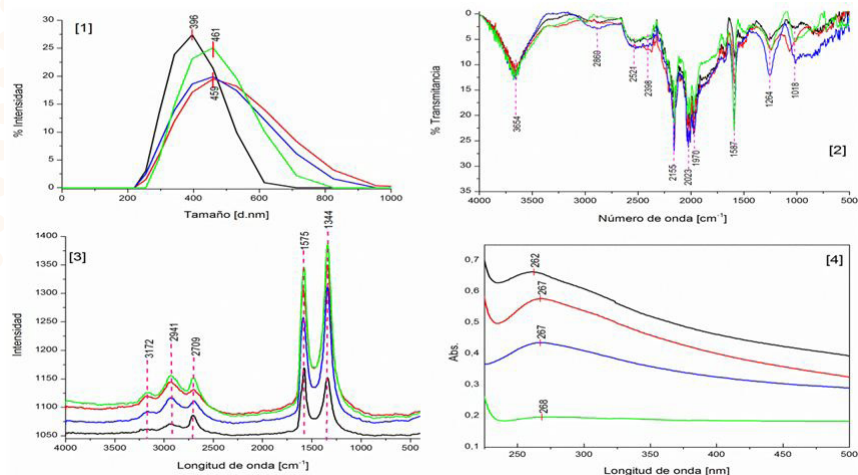


Fig. 1. Caracterización del grafeno [1] Dispersión dinámica de la luz, [2] Infrarrojo, [3] Raman, [4] Ultravioleta – visible. [Negro] 0.1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, [Rojo] 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, [Azul] [BMIM]BF<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O 40:60, [Verde] [BMIM]Cl/H<sub>2</sub>O 80:20.

[1] Lu, J.; Yang, J.; Wang, J.; Lim, A.; Wang, S.; Loh, K. ACS Nano 2009, 3, 2367.

[2] Parvez, K.; Li, R.; Puniredd, S.R.; Hernández, Y. ACS Nano. 2013, 7, 3598 – 360.



# Evaluación y análisis de las propiedades mecánicas de barras de grafito recubiertas mediante deposición electroforética con nanopartículas de alúmina

Michael Grimaldos<sup>1\*</sup>, José Barajas<sup>1</sup>, Viviana Guiza<sup>1</sup>, Sergio Blanco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.  
Calle 9, Carrera 27, ciudad universitaria.

*\*\*jcamacho9511@gmail.com*

El grafito es un material ampliamente utilizado a nivel industrial, debido a su alta conductividad eléctrica y refractariedad. Sin embargo, la desventaja más importante que presenta es su baja resistencia mecánica ante esfuerzos de cizallamiento, ya que los enlaces entre sus planos son muy débiles, de tipo Van der Waals.

Para su aplicación ingenieril bajo esfuerzos de fricción o torsión es necesario aumentar su resistencia mecánica. De acuerdo con lo anterior, en este estudio se establece que es posible generar una variación en las propiedades mecánicas del grafito mediante un recubrimiento de  $Al_2O_3$ . La alúmina es un material cerámico que a nivel industrial es conocido por su gran importancia aplicada en procesos donde se requieren estabilidad a altas temperaturas, resistencia mecánica y a la corrosión, así como bajos coeficientes de fricción y dilatación térmica. Por ende, en el presente trabajo, se implementó la deposición electroforética

como una técnica de deposición eficaz, sencilla y económica para fabricar recubrimientos de alúmina sobre piezas de grafito. Para una correcta deposición del cerámico se realizó la medición de potencial zeta de las nanopartículas en una solución de etanol:agua (90:10) y de esta forma, conocer su carga superficial. Consecutivamente, se llevaron a cabo las deposiciones variando los parámetros de tiempo, voltaje y concentración de nanopartículas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en la suspensión. Lo anterior se hizo con el objetivo de establecer las condiciones adecuadas para una correcta deposición. Posteriormente, se sintetizó el recubrimiento a una temperatura de  $1500\text{ }^\circ\text{C}$  bajo atmósfera inerte, con el fin de aumentar la resistencia mecánica del recubrimiento creando enlaces fuertes entre sus partículas. Las propiedades superficiales de las capas obtenidas se caracterizaron mediante microscopía confocal, mientras que la adherencia y las propiedades mecánicas de la pieza se evaluaron según las normas ASTM D3359 y ASTM E384-17, respectivamente.

Los resultados obtenidos evidencian el efecto de la presencia del recubrimiento de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en las propiedades mecánicas de la pieza de grafito.





# Estudio de las variables de deposición electroforética de nanopartículas de zirconia sobre grafito y su efecto en las propiedades físico-químicas

Lyuba Lozano<sup>1\*</sup>, José Barajas<sup>1</sup>, Viviana Guiza<sup>1</sup>, Sergio Blanco<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.  
Calle 9, Carrera 27, ciudad universitaria.

\*lyubalozano@gmail.com

Los recubrimientos cerámicos son ampliamente utilizados para mejorar las propiedades superficiales de los materiales, entre las que se pueden incluir su resistencia a ambientes corrosivos, altas temperaturas de trabajo, al desgaste y en sí, prolongar la vida útil de estos. Los recubrimientos pueden ser aplicados mediante diferentes técnicas físicas o químicas, como: plasma spray, deposición física o química en fase vapor, sol-gel y deposición electroforética (EPD).

Esta última se destaca por ser de fácil aplicación, no se requieren equipos complejos, es de bajo costo y se obtienen recubrimientos con buenas propiedades físico-químicas en tiempos cortos. Un claro ejemplo de lo anterior, es la aplicación de recubrimientos de nanopartículas de zirconia ( $ZrO_2$ ) para la obtención de superficies con propiedades mejoradas. En la EPD se aplica un diferencial de potencial entre dos electrodos, el cual promueve el transporte por migración de nanopartículas cargadas superficialmente, las cuales están presentes en una suspensión. El éxito de un buen

recubrimiento se fundamenta en dos aspectos: 1) la preparación de una suspensión de nanopartículas estable, y 2) la combinación adecuada entre el tiempo de deposición, voltaje aplicado, así como la concentración y carga de las nanopartículas en la suspensión. En esta investigación se estudió el efecto de la variación de estos parámetros experimentales en la deposición de nanopartículas de zirconia sobre electrodos de grafito y las propiedades del recubrimiento obtenido. Una vez establecidas las condiciones que generaban mejor cobertura de la superficie, un espesor regular, baja porosidad y alta adherencia, los electrodos de grafito recubiertos fueron sometidos a un tratamiento térmico a 1500°C en atmósfera inerte para ampliar sus propiedades mecánicas. La adherencia de los recubrimientos se evaluó según la norma ASTM D3359 y la microdureza según la norma ASTM E384-17, así como también se evaluó su morfología mediante microscopía confocal. Los resultados obtenidos demuestran un efecto favorable del recubrimiento en las propiedades superficiales del grafito, ampliando la gama de posibles aplicaciones de este material.





Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

MES38

# Recuperación electrolítica de níquel y cobalto en forma de recubrimientos: una opción para el reciclaje de las baterías Ni-MH desechadas

Julio Díaz<sup>1</sup>, Jesús Angarita<sup>1</sup>, Claudia Vargas<sup>1</sup>, Sergio Blanco<sup>1</sup>,  
Pedro Delvasto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Calle 9, Carrera 27, ciudad universitaria.

\* [delvasto@uis.edu.co](mailto:delvasto@uis.edu.co)

Actualmente en el país se recolectan las baterías gastadas, pero el reto aún es reciclarlas o darles un mayor valor agregado, usándolas como materia prima en diversos procesos industriales. Debido a las cantidades relativamente pequeñas que se recolectan y la distancia que media entre los diferentes puntos de recolección y los núcleos industriales del país, surge la necesidad de investigar en procesos a pequeña escala que permitan la valorización local de los desechos de baterías agotadas. Con base en esta realidad, el presente trabajo presenta la producción electrolítica de recubrimientos de níquel y cobalto como una alternativa viable para dar valor agregado a los residuos de baterías agotadas del tipo níquel hidruro metálico (Ni-MH). El estudio se inició con la recolección de baterías recargables Ni-MH desechadas en los contenedores para baterías del sistema integrado de gestión de residuos de la Universidad Industrial de Santander. Estas unidades se descargaron y se desensamblaron de manera manual, para separar la carcasa y los componentes plásticos o celulósicos de los polvos electródicos que constituyen la parte

## La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

eléctricamente activa del conjunto. Éste último material, se caracterizó mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) con microanálisis químico (EDS). Seguidamente, el material se lixivió por dos horas en HCl 4M, obteniendo una solución que contenía 26,6 g/L de Ni y 1,90 g/L de Co, así como otros metales. A partir de esta solución, se realizaron voltametrías cíclicas para estudiar la reducción de los metales presentes en la solución sobre la superficie de un electrodo de cobre puro y el efecto de la evolución de hidrógeno sobre dichas reacciones. Con base en las corrientes obtenidas en las voltametrías, se depositó galvanostáticamente sobre cobre puro, a una corriente de 0,033 A, obteniéndose un recubrimiento homogéneo y adherente, mostrado en la Figura 1. Al analizarlo SEM/EDS se encontró que contenía 50 % de Ni y 22,9 % de Co, así como otros metales minoritarios.

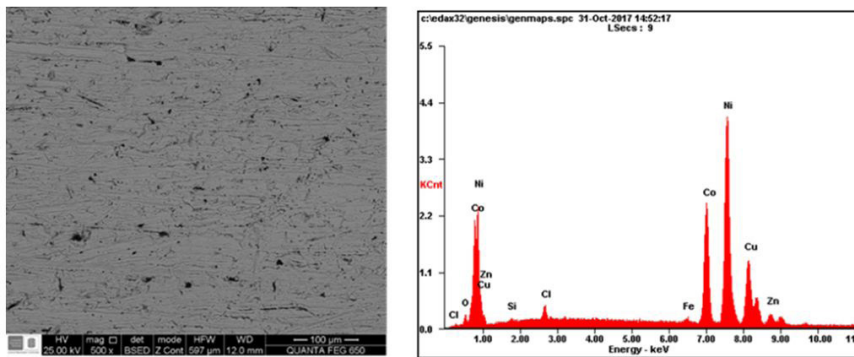


Fig. 1. Recubrimiento homogéneo obtenido sobre cobre puro, a partir del licor obtenido al lixiviar en HCl 4M los desechos de baterías Ni-MH (izquierda). Espectro EDS de dicho recubrimiento (derecha).



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

MES39

# Obtención de recubrimientos bicapa Zn/Ni empleando soluciones ricas en zinc y níquel provenientes del procesamiento hidrometalúrgico de baterías agotadas

Johan Pinto<sup>1\*</sup>, Daniela Quiroz<sup>1</sup>, Sergio Blanco<sup>1</sup>, Pedro Delvasto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.  
Calle 9, Carrera 27, ciudad universitaria.

\* [delvasto@uis.edu.co](mailto:delvasto@uis.edu.co)

Según el ministerio de ambiente, en Colombia entre los años 2002 y 2008 se liberaron en el ambiente más de 14 mil toneladas de zinc y níquel provenientes de las baterías agotadas alcalinas y recargables de Ni-MH. Tal problemática es una consecuencia de que el país no cuenta con tecnologías ambientales apropiadas para procesar este tipo de desechos. Estos metales pesados representan un gran riesgo para el medio ambiente y para la salud humana, por ello se han realizado estudios encaminados a proporcionar soluciones locales a pequeña escala. El reciclaje de estos materiales forma parte de un proceso denominado minería urbana, en el cual los metales extraídos de las baterías se consideran como una fuente secundaria de recursos mineros. En este sentido, la presente investigación plantea la recuperación de los metales contenidos en las baterías para emplearlos en la síntesis de recubrimientos anticorrosivos bicapa Zn/Ni sobre acero de bajo carbono. Esta metodología de reciclaje involucra el uso de un tratamiento hidrometalúrgico seguido de una etapa de electrodeposición. Los residuos de baterías se lixiviaron

### La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

en soluciones alcalinas, por separado, empleando hidróxido de sodio (NaOH), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y agentes complejantes, para estabilizar los iones en solución. Las soluciones ricas en zinc y en níquel obtenidas, se estudiaron mediante voltametría cíclica y se procedió a la obtención del recubrimiento mediante electrodeposición potencioestática. Finalmente, el recubrimiento obtenido se analizó por microscopía electrónica de barrido (SEM) y se evaluó su estabilidad electroquímica en solución salina (NaCl 3,5%), mediante la medición del potencial a circuito abierto (OCP), espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS) y curvas de polarización (LSV). Las imágenes obtenidas por SEM revelaron una cobertura uniforme y homogénea sobre toda la superficie del electrodo. Los resultados obtenidos evidencian que la aplicación de una segunda capa de níquel desplaza el potencial de corrosión a valores más electropositivos y reduce la densidad de corriente de intercambio en dos órdenes de magnitud. Esto confirma el efecto barrera del níquel, el cual aísla el galvanizado del medio y evita daños mecánicos prematuros.



# Efectos quirales sobre el comportamiento electroquímico de compuestos de cobre(II) asociados con la actividad ascorbato oxidasa

Dider Gómez<sup>1</sup>, Matthew Zimmerman<sup>2</sup>, Julia Brumaghim<sup>2</sup>, Norah Barba<sup>3</sup>, Horacio Sandoval<sup>3</sup>, Y. Ávila Torres\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>QCOAMMSB, Química Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

<sup>2</sup>Departamento de Química, Universidad de Clemson, SC 29634-0973, USA.

<sup>3</sup>Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F

\*yennypatricia.avila@utp.edu.co

Se realizaron estudios electroquímicos en tres ligantes de H<sub>2</sub>cpse quirales, los cuatro complejos de Cu<sup>2+</sup> mononucleares y los dos complejos de Cu<sup>2+</sup> trinucleares derivados de los ligantes anteriores. Los voltamogramas cíclicos de (+) S, S-H<sub>2</sub>cpse, (+) R, S H<sub>2</sub>cpse y (+) S, R-H<sub>2</sub>cpse muestran una sola onda de oxidación irreversible; con valores de E<sub>pa</sub> de 0.926, 0.871 y 0.831 V, respectivamente. La diferencia de casi 100 mV para las oxidaciones de estos ligantes quirales es significativa. Aunque hay algunos artículos que investigan la actividad electroquímica de complejos quirales de metales con ligantes donadores de N y O<sup>1,2</sup>, no hay informes que analicen específicamente la actividad electroquímica de los compuestos quirales no enlazados. Los ligantes cpse y ceph en los complejos mononucleares con Cu<sup>2+</sup> son químicamente similares,

pero sus complejos Cull son diferentes. Por otro lado, los ligantes de cpse tridentados forman complejos octaédricos de  $\text{Cu}^{2+}$ , cada ligante se coordina a través de dos átomos de oxígeno y el átomo de nitrógeno central. Mientras que los ligantes ceph forman complejos con  $\text{Cu}^{2+}$  pentacoordinados, con un ligante que se coordina a través de dos átomos de oxígeno y el átomo de nitrógeno central, similar a los ligantes cpse. Las ondas de oxidación para el ligante solo se observan para los complejos de  $[\text{Cu}(\text{S}, \text{S}(-)\text{Hcpse})_2]$  y  $[\text{Cu}(\text{R}, \text{S}(+)\text{Hcpse})_2]$  mononucleares; no hay cambio para el potencial del ligante en el complejo  $\text{S}, \text{S}$ ; aunque se observa un desplazamiento del potencial de ligante positivo de 0,135 V para el complejo  $\text{R}, \text{S}$ . Las parejas redox  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^{1+}$  son casi reversibles para  $[\text{Cu}(\text{S}, \text{S}(+)\text{Hcpse})_2]$  y  $[\text{Cu}(\text{R}, \text{R}(-)\text{Hcpse})_2]$  y similares a:  $E_{1/2}$  de -0.520 y -0.524 V, respectivamente. Sin embargo, las parejas  $\text{Cu}^+/\text{O}$  fueron casi reversibles en 0.047 V con valores  $E_{1/2}$  de -0.095 y 0.142 V, respectivamente. Las ondas de oxidación exhibidas para las parejas redox  $\text{Cu}^{2+}/+$  y  $\text{Cu}^+/\text{O}$  de  $[\text{Cu}(\text{R}, \text{S}(+)\text{Hceph})_2]$  se desplazan más positivamente que las ondas de oxidación observadas para el  $\text{Cu}$  diastereomérico  $(\text{S}, \text{S}(+)\text{Hcpse})_2$  y  $[\text{Cu}(\text{R}, \text{R}(-)\text{Hcpse})_2]$ , resultando en valores de  $E_{1/2}$  más positivos para ambas parejas redox de cobre  $[\text{Cu}(\text{R}, \text{S}(-)\text{Hceph})_2]$ . Los estudios electroquímicos en los complejos de cobre trinucleares  $[\text{Cu}_3(\text{S}, \text{S}(+)\text{cpse})_3]$  y  $[\text{Cu}_3(\text{R}, \text{R}(-)\text{cpse})_3]$ , en donde los ligantes de  $\text{H}_2\text{cpse}$  están doblemente deprotonados, no mostraron ondas oxidativas  $\text{Cu}^{2+}/+$ . Sin embargo, la onda oxidativa  $\text{Cu}^0/+$  es más amplia de lo esperado, lo que sugiere que los tres centros  $\text{Cu}^{2+}$  son electroquímicamente similares, pero no equivalentes.







## Desempeño electroquímico del olivino de Manganeso-Vanadio como material de cátodo en una batería de ion-Litio

Ferley Alejandro Vásquez Arroyave <sup>1\*</sup>, Jorge Andrés Calderón Gutiérrez.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CIDEMAT, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 N° 52 – 21, Medellín, Colombia

\*[ferley.vasquez@udea.edu.co](mailto:ferley.vasquez@udea.edu.co)

El desempeño electroquímico de las celdas de ion-Litio es limitado principalmente por la capacidad de carga y la conductividad del material de cátodo. El desempeño electroquímico del material activo de cátodo está directamente relacionado con la estructura, morfología y composición química del mismo. Los fosfatos con estructura tipo olivino presentan alta capacidad de carga y vida útil; siendo el fosfato de Manganeso de mayor potencial de descarga con respecto al de hierro, pasando de 3.4 a 4.1V. Sin embargo, el fosfato de Manganeso presenta una baja conductividad iónica y electrónica, mostrando una baja capacidad de carga a altos C-rate. Por lo tanto, la sustitución parcial del Manganeso por otro metal de transición con mayor radio atómico incrementa los espacios interplanares, mejorando la difusividad del ión-Litio en el material activo, a su vez, genera cargas libres que incrementan la conductividad electrónica de la estructura.

Es por esto que al sustituir parcialmente el Manganeso por Vanadio, debido al mayor radio atómico del vanadio se ensanchan los espacios interplanares, mejorando la conductividad iónica y se reducen los cambios volumétricos de la estructura durante el ciclado, mejorando

de esta manera la estabilidad de la estructural del fosfato. Por tal motivo, en el presente trabajo se investiga la síntesis solvotérmica de nanopartículas de fosfatos de Manganese con la adición de Vanadio para sustituir parcialmente el metal de transición, con el objetivo de conferirle estabilidad y conductividad al material de cátodo. En los materiales sintetizados se realiza un estudio estructural, de composición y morfología, mediante espectroscopia Raman, DRX, XPS y TEM. El desempeño electroquímico de los fosfatos como material activo de cátodo se realiza mediante curvas de carga-descarga, voltametría cíclica y espectroscopia de impedancia electroquímica.

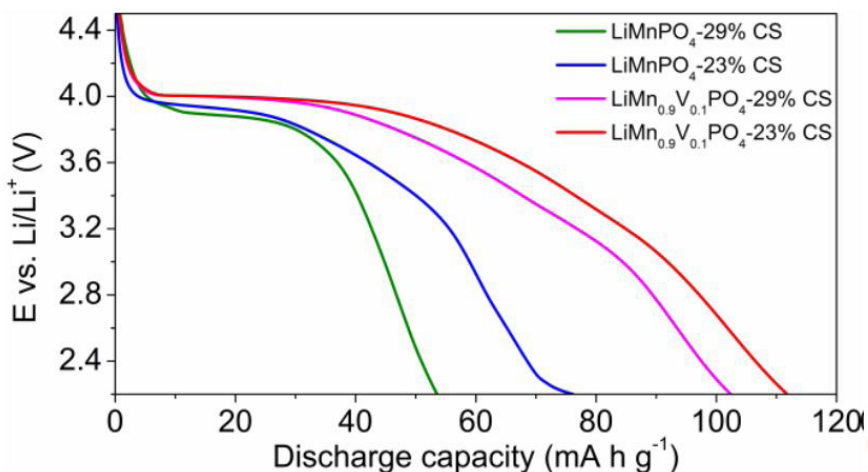


Figura 1. Curva característica de descarga para el fosfato de Manganese (LiMnPO<sub>4</sub>) y fosfato de Manganese Vanadio (LiMn<sub>0.9</sub>V<sub>0.1</sub>PO<sub>4</sub>), con diferentes porcentajes de sacarosa como fuente de carbono (CS), velocidad de descarga 0.2C.



# Comportamiento electroquímico de carbones activados dopados con nitrógeno obtenidos a partir de residuos biomásicos mediante un tratamiento de carbonización hidrotermal asistido con $\text{H}_3\text{PO}_4$ en presencia de polianilina

Fabián Quesada Plata<sup>1\*</sup>, Ramiro Ruiz Rosas<sup>2</sup>, Emilia Morallón Nuñez<sup>1</sup>,  
Diego Cazorla Amorós<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Departamento de Química Física e Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080, Alicante, España*

<sup>2</sup> *Departamento de Química Inorgánica e Instituto Universitario de Materiales, Universidad de Alicante, Apartado 99, 03080, Alicante, España.*

\* [fabian.quesada@ua.es](mailto:fabian.quesada@ua.es)

Los carbones activados son materiales carbonosos ampliamente estudiados como material de electrodo para dispositivos de almacenamiento y generación de energía, como por ejemplo supercondensadores o en la reacción de reducción de oxígeno (ORR). Un factor que ha cobrado gran importancia en el estudio de carbones activados para estas aplicaciones electroquímicas es la contribución de la química superficial. La adición de grupos funcionales de heteroátomos, como nitrógeno, puede tener diferentes efectos beneficiosos como: mejorar la mojabilidad del material, permitiendo un fácil acceso del electrolito; contribuir a la capacidad a través de fenómenos pseudocapacitivos; mejorar

la conductividad o la estabilidad electroquímica del material carbonoso, entre otros. En este sentido, el dopaje de carbones activados con grupos nitrogenados puede llevarse a cabo partiendo de precursores ricos en nitrógeno o con post-tratamientos. En este trabajo se ha estudiado la obtención de carbones activados con presencia de grupos nitrogenados en la superficie, a partir de residuos lignocelulósicos (cáscara de almendra y cañamiza) mediante un tratamiento hidrotérmico en presencia de  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , que actúa como agente activante, y polianilina (PANI), que sirve como fuente de nitrógeno.

Acorde a la metodología descrita, se han obtenido carbones activados con alto desarrollo de porosidad y contenido en nitrógeno superior al 3%. Se ha observado que, los materiales activados obtenidos en presencia de PANI presentan un menor desarrollo de porosidad en comparación con los obtenidos en ausencia de la misma. Lo anterior se atribuye a que la PANI no desarrolla porosidad con en tratamiento térmico en presencia de  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Sin embargo, el comportamiento electroquímico de los electrodos preparados a partir de los carbones activado obtenidos en presencia de PANI mejora gracias a la presencia de los grupos nitrogenados generados en el material, especialmente grupos de tipo piridínico y pirrólico. Finalmente, estos resultados ponen de manifiesto que el uso de tratamientos hidrotérmicos permiten la inserción de heteroátomos en la superficie de los materiales carbonosos obtenidos a partir de residuos biomásicos, lo cual podría ser aprovechado en la síntesis de materiales carbonosos de alto valor para aplicaciones en dispositivos de almacenamiento de energía.





## Celda de combustible microfluídica basada en un Ensayo de Flujo Lateral para oxidación de glucosa en sangre humana

Andrés Dector<sup>1\*</sup>, Juan M. Olivares Ramírez<sup>2\*</sup>, Víctor M. Ovando Medina<sup>3</sup>, Alondra Ortíz Verdín<sup>4</sup>, Diana M. Amaya Cruz<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Conacyt-Universidad Tecnológica de San Juan del Río, San Juan del Río, Querétaro, México

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de San Juan del Río, San Juan del Río, Querétaro, México

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Matehuala, San Luis Potosí, México

<sup>4</sup> Universidad Politécnica de Querétaro, El Marqués, Querétaro, México

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

\*adector@conacyt.mx

Este trabajo presenta la integración de electrodos en un Ensayo de Flujo Lateral-VIH para formar una celda de combustible que obtenga energía a partir de la oxidación de la glucosa presente en la muestra de sangre. Para modificar la prueba de VIH, son integrados, un ánodo de Au/ZnO que oxida la glucosa presente en la muestra de sangre y un cátodo que reduce el oxígeno presente en el aire, tanto en la parte de arriba como de debajo de la tira reactiva de papel, respectivamente (Fig 1). El desempeño de la celda de combustible microfluídica mostró una densidad de potencia máxima de  $0.25 \mu\text{W cm}^{-2}$  a  $0.2 \text{ V}$  usando una muestra de sangre humana como combustible. El voltaje y densidad de corriente máximos generados fueron de  $0.7 \text{ V}$  y casi  $4 \mu\text{A cm}^{-2}$ . Además, estudios de cronoamperimetría fueron realizados para demostrar la estabilidad del dispositivo. Este trabajo representa

un avance en la búsqueda de la autonomía de los Ensayos de Flujo Lateral que generen su propia energía eléctrica a partir de la muestra empleada en el análisis.

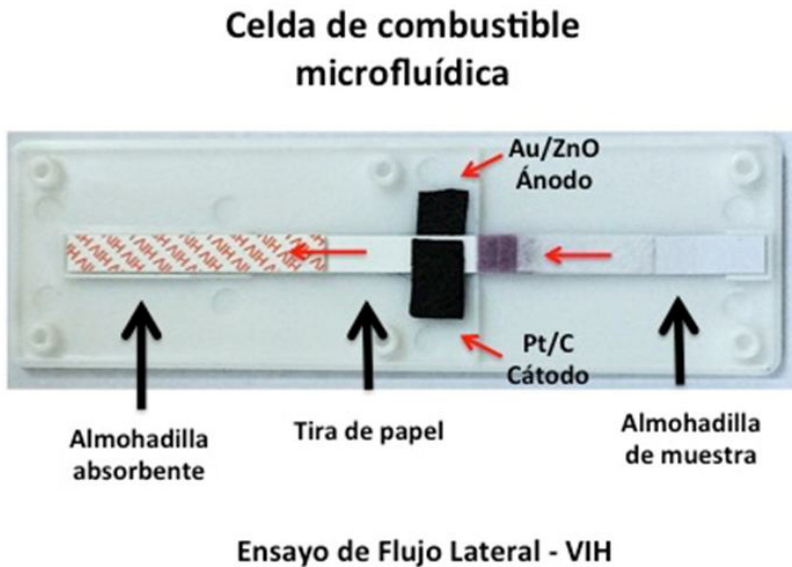


Fig. 1. Modificación de un Ensayo de Flujo Lateral para detección de VIH empleando Au/ZnO y Pt/C como ánodo y cátodo, respectivamente, para oxidación de glucosa en sangre.



## Aprovechamiento de la energía azul en Colombia.

Mateo Roldán Carvajal<sup>1</sup>, Carlos Ignacio Sánchez Sáenz<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín 1

\*[mroldanc@unal.edu.co](mailto:mroldanc@unal.edu.co), \*\*[cisanche@unal.edu.co](mailto:cisanche@unal.edu.co)

La energía azul o energía por gradiente salino (EGS) es una de las denominadas “nuevas fuentes renovables de energía” que ha ganado terreno en los últimos años. En la desembocadura de los ríos se libera energía en forma de calor debido a la mezcla irreversible por diferencia de potencial químico entre las dos soluciones; diferentes tecnologías se han desarrollado para transformar esta energía química en energía eléctrica, la electrodiálisis inversa (RED, por sus siglas en inglés) es una de las más estudiadas y de las más prometedoras. Un equipo de RED consiste en la repetición de una unidad básica denominada “celda” que, al igual que en la electrodiálisis, la componen dos membranas de intercambio iónico (aniónica y catiónica) que forman dos canales por los cuales fluyen dos aguas de diferente concentración (agua de mar y agua de río, por ejemplo), y un compartimiento de electrodo en cada uno de los dos extremos; ver figura 1-A. Aunque esta idea de aprovechamiento fue planteada en 1954, no fue sino hasta el año 2005 que recibió especial atención, principalmente en Europa. De los países latinoamericanos, Colombia ha sido el pionero en esta fuente de energía; la exploración del potencial de la EGS comenzó alrededor del año 2010 y para el 2016 se construyó el primer prototipo de RED, a escala de laboratorio, en la región; ver figura 1-B.

## La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

Los resultados de experimentación han demostrado que es posible la obtención de la energía por gradiente salino en el Caribe colombiano utilizando el río Magdalena y el mar Caribe. En esta presentación oral se explicará el funcionamiento de un equipo de RED, los resultados de la experimentación, el camino recorrido por investigadores nacionales para ser pioneros en América Latina en esta tecnología, y las oportunidades de optimización desde la ingeniería electroquímica.

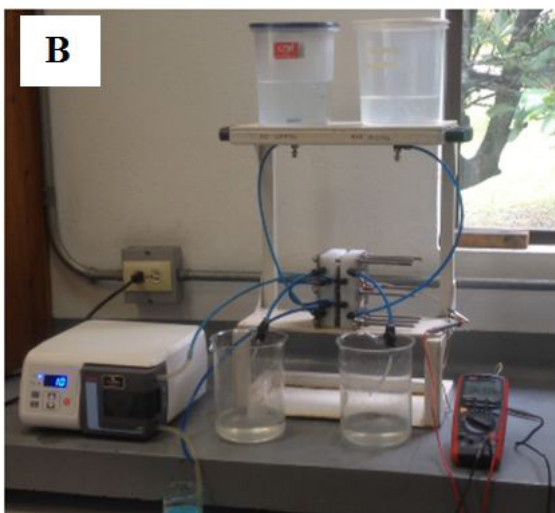
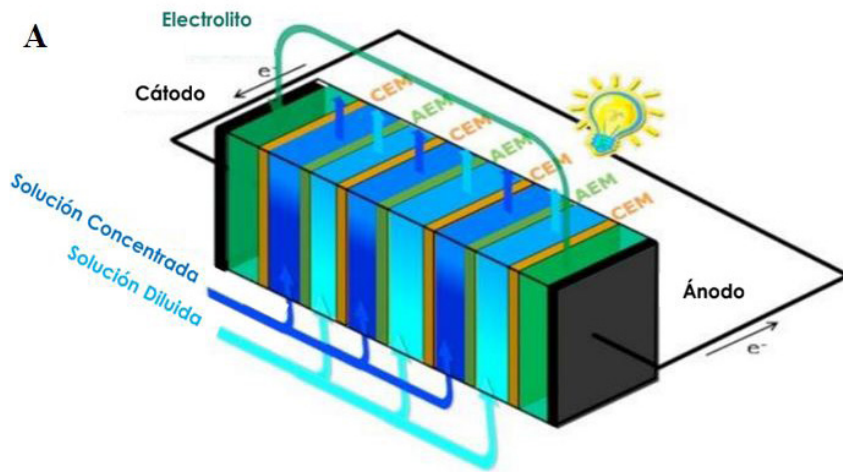


Figura 2. A) Esquema de equipo de electrodiálisis inversa (RED). Adaptado de (Sustainable Energy from Salinity gradients, Cipollina y Micale, 2016).

B) Equipo RED construido en Colombia.





## Escherichia Coli como ánodo en una celda de combustible microfluídica basada en papel para oxidación de urea

Andrés Dector<sup>1\*</sup>, Edwin J. Gachuz-Vazquez<sup>2</sup>, Luz C. Castillo- Martínez<sup>3</sup>,  
Diana M. Amaya Cruz<sup>2</sup>, David Ortega Díaz<sup>4</sup>, Juan M. Olivares Ramírez<sup>3</sup>,  
Diana Dector<sup>5</sup>, Aida L. Villa<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Conacyt-Universidad Tecnológica de San Juan del Río, San Juan del Río, Querétaro, México

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

<sup>2</sup> Universidad Tecnológica de San Juan del Río, San Juan del Río, Querétaro, México

<sup>3</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Matehuala, San Luis Potosí, México

<sup>4</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica, Pedro Escobedo, México

<sup>5</sup> Centro de Investigación en Materiales Avanzados, Chihuahua, México

<sup>6</sup> Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia

\*adector@conacyt.mx

Este trabajo presenta el uso de la cepa de Escherichia Coli ATCC25922 como ánodo en una celda de combustible microfluídica basada en papel. Para la construcción del ánodo fue usada tela de carbón de 0.5 x 1 cm como sustrato y depositada una solución salina con la bacteria E. Coli la cual fue dejada secar a temperatura ambiente. Por otra parte una pieza de papel carbón Toray de 0.5 x 1 cm fue impregnado de Pt/C y empleado como cátodo para reducir el oxígeno presente en el aire.

### La Electroquímica, un enfoque verde para la sociedad del siglo XXI

La celda de combustible microfluídica basada en papel mostró un potencial de circuito abierto de 0.8 V, una densidad de corriente máxima de 0.52 mA cm<sup>-2</sup> y una densidad de potencia máxima de 0.084 mW cm<sup>-2</sup> cuando fue empleada una solución de urea de 0.33 M, como un valor cercano al reportado en la orina humana. Esta celda fue evaluada durante 15 días seguidos a temperatura ambiente con el fin de observar el tiempo de vida de la bacteria respecto a la potencia, densidad de corriente y de potencia generados. Este trabajo representa un avance en el posible uso de fluidos fisiológicos como la orina para generar energía eléctrica en dispositivos médicos no implantables.



# Optimización, síntesis y caracterización de moléculas orgánicas de bajo peso molecular como celdas fotovoltaicas

M. Suárez<sup>1</sup>, Jimmy Morales<sup>2</sup>, Edwin Flórez López<sup>\*2</sup>, Y. Ávila Torres<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Industrial Chemistry program, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia,

<sup>2</sup> Universidad Santiago de Cali, Cali, Colombia

\*yennypatricia.avila@utp.edu.co

En la actualidad los compuestos orgánicos que capten la energía solar y la conviertan en eléctrica es un reto sintético importante ya que los modelos actuales existentes presentan falta de eficiencia en la conversión energética; materiales inorgánicos tienen hasta un 20% de eficiencia y los materiales orgánicos apenas llegan al 14%. En este contexto, se diseñaron y optimizaron por DFT-B3LYP (en metanol con 6-31g (d, 2p) como conjunto base y análisis de mínimos locales y frecuencias NIMAG = 0) y sintetizaron dos compuestos lineales precursores con y sin ácido de lewis (LMWOM 1 y LMWOM 3) y dos nuevos macrociclos (LMWOM 2 y LMWOM 4); estimando sus propiedades geométricas, ópticas y fotovoltaicas. Los mejores parámetros fotovoltaicos se describieron para LMWOM (2) con PCE 26.18%,  $J_{sc} = 14.79 \text{ mAcm}^2$  y  $\Delta E = 2.66 \text{ eV}$ . Las influencias de iones metálicos afectaron las propiedades electrónicas y disminuyeron el  $\Delta E$  GAP. Sin embargo, la torsión geométrica se afectó y el PCE disminuyó. En la figura (1), se muestra (a) el compuesto LMWOM(1) y LMWOM(2) (b) la capacidad donadora y aceptora, valores asociados experimentalmente con (c) voltametría cíclica. En el cual se observa una primera señal de reducción la en un potencial de -1,24

V, seguida de una segunda señal de reducción IIa en un potencial de -1,70 V, la inversión del barrido nos muestra dos señales de oxidación (IIc Ep = -1,74 V y Ic Ep = -1,08V ) asociadas a cada proceso de reducción. De la figura 1, el valor del HOMO estimado es -5,92 V vs Fc<sup>+</sup>/Fc ( 4,8 V). Cuyo valor experimental se correlaciona con el valor teórico obtenido por DFT- B3LYP . Estos resultados sugieren que la molecula puede ser usada como semiconductor orgánico en dispositivos optoelectrónicos.

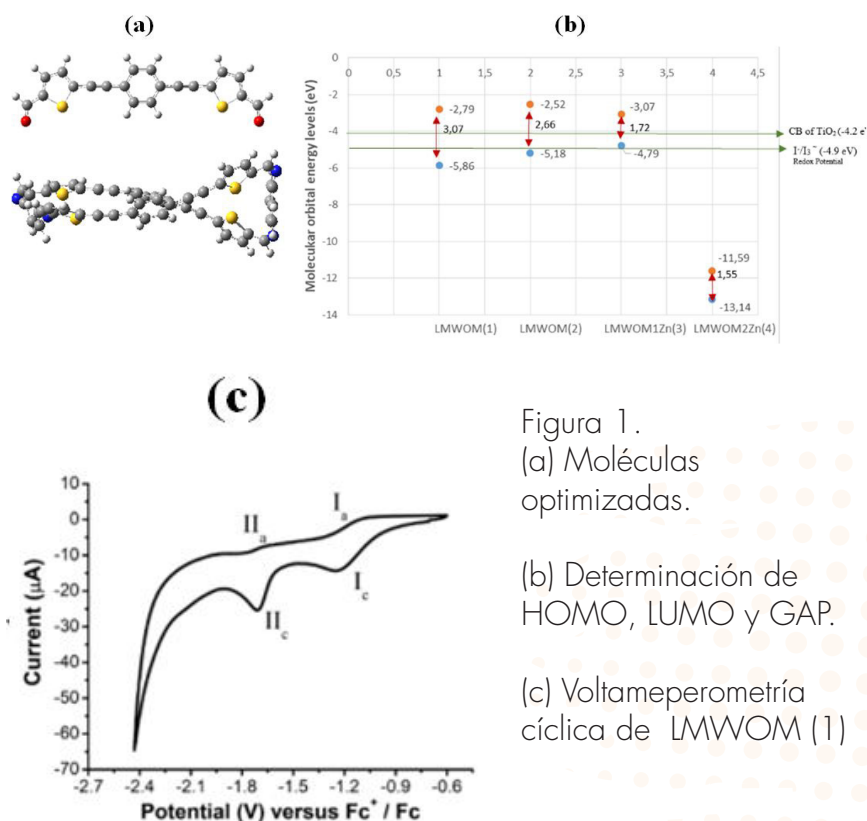


Figura 1.  
(a) Moléculas optimizadas.

(b) Determinación de HOMO, LUMO y GAP.

(c) Voltamperometría cíclica de LMWOM (1)



# Caracterización numérica y experimental de la hidrodinámica de un reactor de flujo en una y dos fases para su potencial aplicación a la electrooxidación de lodos activados.

J.A. Barrios<sup>1</sup>, F.E. Solís Caballero<sup>1</sup>, A. Cano<sup>2</sup>, U. Durán<sup>1</sup>, G. Orozco<sup>3</sup>,  
F.F. Rivera<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería, UNAM, P.O. Box 70-186,  
México, D.F. 04510, México.

<sup>2</sup> Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Ave.  
Eugenio Garza Sada 2501, 64849, Monterrey, N.L., México.

<sup>3</sup> Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica.  
Parque Tecnológico Querétaro s/n Sanfandila, Pedro Escobedo,  
Querétaro, México. C.P. 76703.

<sup>4</sup> CONACYT - Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en  
Electroquímica. Parque Tecnológico Querétaro s/n Sanfandila, Pedro  
Escobedo, Querétaro, México. C.P. 76703.

\*frivera@cideteq.mx

Los lodos de aguas residuales pueden considerarse como una fuente de energía renovable cuando estos son tratados mediante digestión anaerobia para producir biogás (principalmente metano). Sin embargo, este proceso requiere que las moléculas orgánicas complejas se conviertan en productos biodegradables (etapa de hidrólisis) el cual se potencia mediante un pretratamiento del lodo.

Un tratamiento previo mediado por electrooxidación favorecido por radicales OH fisisorbidos en la superficie del electrodo de diamante dopado con boro, llevado a cabo en reactores electroquímicos de flujo ha mostrado un potencial interesante de aplicación para dicho proceso. No obstante, la electrooxidación debe optimizarse en términos de condiciones operativas, que incluye estudiar el flujo de operación. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo se centra en el análisis de dinámica de fluidos y el modelado de transporte de masa de un reactor Diacell™ para mejorar el pretratamiento del lodo activado residual y aumentar el rendimiento de biogás en la digestión anaeróbica.

El modelado se realizó considerando dos escenarios: a) flujo de una sola fase para evaluar una solución sin partículas sólidas usando ecuaciones de Navier-Stokes, y b) flujo de dos fases para analizar lodo usando el enfoque del modelo Euleriano de mezcla. Estos análisis de los escenarios propuestos fueron validados con un estudio experimental simultáneo que consiste en hidrodinámica (mediante pruebas de distribución de tiempo de residencia, DTR) y caracterización del transporte de masa (limitando las técnicas de corriente electroquímica).

El análisis teórico presentado aquí describe bastante bien los datos experimentales obtenidos de DTR y análisis de transporte de masa con números bajos de Reynolds, pero presentó ligeras discrepancias en Re intermedio, en sistemas de una y dos fases, por lo que se requiere un refinamiento de tales análisis para considerar algunos efectos complejos. Este modelo proporcionará una base técnica para determinar las condiciones electroquímicas adecuadas a fin de mejorar la producción de biometano a partir de lodos de aguas residuales tratados mediante un proceso de digestión anaeróbica.



# Variación del potencial de membrana durante el transporte de iones metálicos empleando ligandos tipo Salcn

Luis Fernando Campo Cobo<sup>1</sup>, Germán Cuervo Ochoa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación en Procesos Electroquímicos (GIPEL)  
Universidad del Cauca  
Popayán - Colombia

\*[gcuervo@unicauca.edu.co](mailto:gcuervo@unicauca.edu.co)

Los ligandos Salcn son compuestos imínicos que pueden ser sintetizadas por reacción entre trans-ciclohexano-1,2-diamina y salicilaldehído. Debido a la presencia de heteroátomos que poseen pares electrónicos libres, los compuestos Salcn pueden coordinar iones de metales de transición, dando lugar a complejos que se han utilizado como catalizadores, especialmente en reacciones de epoxidación de terpenos. La posibilidad de coordinar iones metálicos, le confiere a los ligandos Salcn la potencial capacidad de servir como agentes extractantes de metales contaminantes del agua. En este trabajo se utilizaron ligandos tipo Salcn incluidos en una membrana polimérica, con el fin de extraer iones metálicos de interés desde un medio acuoso de partida a otro receptor. La membrana polimérica fue construida a partir de policloruro de vinilo (PVC), un plastificante (éter de nitrofenil octilo), una sal intercambiadora (tetrafenilborato de sodio) y el ionoforo N,N'-bis(5-clorosaliciden)-trans-(1,2)-ciclohexanodimina como transportador iónico, el cual fue previamente sintetizado y caracterizado. La membrana se usó para medir la eficiencia en el transporte de 12 iones metálicos ( $\text{Au}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Au}^{3+}$  y  $\text{Pb}^{2+}$ ). La eficiencia de extracción del ion metálico se

evaluó en función de la composición de la membrana, el espesor de la membrana y el valor del pH de la solución de partida.



Curva potenciométrica determinada durante el transporte de  $\text{Au}^{3+}$  a través de una membrana polimérica y ligando tipo Salen

[1] Anil Kumar Pabbya, Biswajit Swainb, Ana Maria Sastrec, Recent advances in smart integrated membrane assisted liquid extraction. *Technology, Chemical Engineering & Processing: Process Intensification* 120 (2017) 27–56.

[2] Djamila Ziouia, Omar Arous, Nabil Mameria, Hacène Kerdjoudj, M. San Sebastian, J.L. Vilas, J. Nunes-Pereira, Senentxu Lanceros-Méndez, Membranes based on polymer miscibility for selective transport and separation of metallic ions, *Journal of Hazardous Materials* 336 (2017) 188–194.





# GANADORES DEL PREMIO AL MEJOR POSTER

III Congreso Colombiano  
de Electroquímica



## Primer Lugar

Posgrado  
SE03

### Fabián Quesada Plata

Universidad Industrial de Santander

Comportamiento electroquímico de carbones activados dopados con nitrógeno obtenidos a partir de residuos biomásicos mediante un tratamiento de carbonización hidrotérmal asistido con  $H_3PO_4$  en presencia de polianilina.

Pregrado  
MES17

### Héctor Andrés Rueda Bueno

Universidad Industrial de Santander

Efecto de la difusión de oxígeno en la transformación anatasa - rutilo en nanotubos de  $TiO_2$  obtenidos por anodizado electroquímico.



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

## Segundo Lugar

Posgrado  
AE22

Ricardo Martínez Hincapié

Universidad de Alicante

Carga interfacial y su relación con las propiedades acido-base en superficie.

Pregrado  
EEW07

Martha Isabel Verbel Olarte

Universidad de Antioquia

Eliminación de *Klebsiella pneumoniae* resistente a antibióticos carbapenémicos en agua residual municipal mediante tres procesos electroquímicos.

# Junta Directiva

## Asociación Colombiana de Electroquímica

### 2018 - 2020

#### Presidente

Dr. Jimmy Alexander Morales Morales,  
Universidad Santiago de Cali

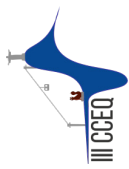
#### 1er Vicepresidente

Dr. Ricardo Antonio Torres Palma  
Universidad de Antioquia

#### 2o. Vicepresidente

Dr. Jahir Orozco Holguín  
Universidad de Antioquia

En el pleno de la asamblea de la Asociación Colombiana de Electroquímica se aprobó por unanimidad instaurar la nueva Junta Directiva de la ASCEQ, quienes liderarán la red de investigadores electroquímicos que conforman la Asociación Colombiana de Electroquímica. Igualmente se realizó la entrega del Primer Premio Nacho González en el Congreso Colombiano de Electroquímica, en honor y gratitud al impulso que ha dado a la Electroquímica en Colombia el Prof. Dr. Ignacio González Martínez. El investigador colombiano a quien fue entregado este premio fue el Dr. Ignacio Sánchez de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.



III Congreso Colombiano de  
**Electroquímica**  
de la Asociación Colombiana de Electroquímica

2 al 5 de octubre del 2018, Universidad Santiaio de Cali, Cali, Colombia



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)



## Sesión de Pósteres

### Miercoles 3 de octubre SESIÓN DE POSTERES I

AE01	AE06	AE08	AE19
AE20	COR04	COR08	COR10
EEW07	EEW08	EEW09	EMP04
E002	E004	E005	E008
MES04	MES09	MES17	MES19
MES23	MES32	MES33	MES36
SE06	TPE04	AE22	

### Jueves 4 de octubre SESIÓN DE PÓSTERES II

AE04	AE11	AE15	AE18
AE21	COR01	COR07	EE01
EE02	EE03	E001	E003
E006	E007	MES01	MES06
MES12	MES21	MES24	MES31
MES34	MES35	MES37	SE03
SE07	TPE01	TPE03	





FACULTAD DE  
CIENCIAS BÁSICAS



## III Congreso Colombiano de Electroquímica

de la Asociación Colombiana de Electroquímica

### Preregistro:

<http://bit.ly/INSELEQUI>

### Conferencistas Magistrales

PhD. Christian Amatore (Francia)  
PhD. Susana Inés Cordoba de Torresi (Brasil)  
PhD. Juan Miguel Feliu (España)  
PhD. Ignacio González Martínez (México)  
PhD. Roberto M. Torresi (Brasil)  
PhD. Esteban M. García Ochoa (México)

### Conferencistas Plenaria

PhD. Jahir Orozco Holguín  
PhD. Ricardo A. Torres Palma  
PhD. Jorge Calderón  
PhD. Ángel M. Meléndez Reyes  
PhD. Fabián E. Quezada Plata  
PhD. Ricardo E. Palma Goyes  
PhD. Andrés Dector Espinoza

\*Premio "Nacho González" 2018, a un Investigador Colombiano destacado en el área de Electroquímica\* y  
\*Premio a los Mejores Trabajos presentados en la modalidad de Poster, en las categorías de Pregrado, y Profesional (Incluido posgrado)\*

### Curso I

"Cinética electroquímica y la Teoría de Marcus". PhD Christian Amatore

### Curso II

"Electroquímica Superficial y Fundamentos de electrocatalisis". PhD Juan Feliu

### Curso III

Almacenamiento y conversión electroquímica de energía". PhD. Roberto Torresi

### Curso IV

"Síntesis de nanomateriales aplicados a diferentes dispositivos electroquímicos". PhD. Susana Torresi

**Organiza:** Universidad Santiago de Cali y la Asociación Colombiana de Electroquímica  
**Lugar:** Universidad Santiago de Cali - Ciudadela Pampallinda

**Más Información:** [cceq2018@gmail.com](mailto:cceq2018@gmail.com)

☎ 3212134836



**Fecha del Evento:**  
Octubre 02 al  
05 de 2018

Síguenos el congreso en nuestras redes sociales oficiales. Ingresa a:

@iicceq2018 @cceq2018 cceq2018

### Patrocinadores



En el marco de:



VERÓNICA



Jimmy Alexander Morales Morales (Coordinador)

## Patrocinadores



## Organizadores



FACULTAD DE  
CIENCIAS BÁSICAS



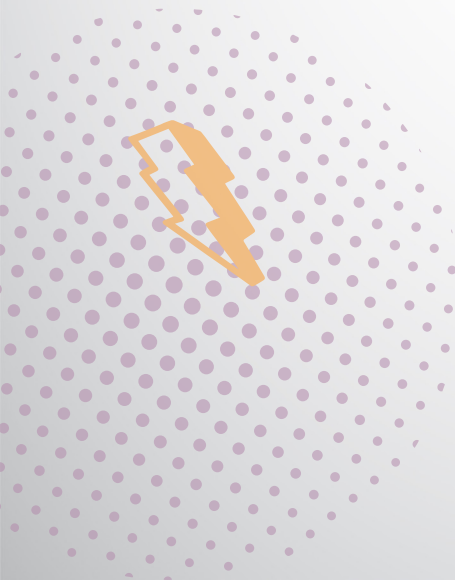
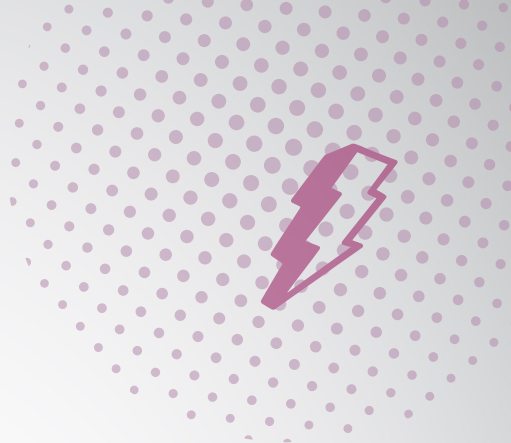
Este libro fue diagramado utilizando fuentes tipográficas Futura Std Light y Din Pro Light Italic en sus respectivas variaciones a 12 puntos y Din Pro Condensed Medium para los títulos a 14 y 24 puntos.

Este libro se digitalizó en el mes de octubre en la EDITORIAL USC - Universidad Santiago de Cali

Cali - Colombia

2019

Fue publicado por la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Santiago de Cali.



VIGILADA  
MINEDUCACION



EDITORIAL

