

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
SIMPOSIO DE ING. QUÍMICA
CATÁLOGO DE RESÚMENES



NOVIEMBRE
17, 18 Y 19
DE 2021

4^{TO} SIMPOSIO
INTERNACIONAL DE
INGENIERÍA QUÍMICA
Innovación y Desarrollo de Procesos Químicos



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y DISEÑO INDUSTRIAL
PROGRAMA DE ING. QUÍMICA
Pamplona, Norte de Santander, Colombia

Temática: “Innovación y desarrollo de procesos químicos”

Catálogo de resúmenes del 4to Simposio de ING. QUÍMICA

NOVIEMBRE DE 2021

JACQUELINE CORREDOR ACUÑA – COMPILADORA

Coordinadora del Evento.

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y DISEÑO INDUSTRIAL

PROGRAMA DE ING. QUÍMICA

Pamplona, Norte de Santander, Colombia

CRÉDITOS

COMITÉ EJECUTIVO

Ivaldo Torres Chavez - Ph.D, Rector

Aldo Pardo – Ph.D, Vicerrector de Investigaciones

Jorge Luis Díaz Rodríguez – Ph.D, Decano de la Facultad de Ingenierías, Arquitectura Y Diseño Industrial

COMITÉ ORGANIZADOR

Jacqueline Corredor Acuña – Organización y coordinación

Carla Stefanny Cárdenas Bustos, Alvaro Eulalio Villamizar Villamizar, Jeniffer Katherine Carrillo Gómez, Cristián Andrés Cortés Gallardo – Moderadores

COMITÉ CIENTÍFICO

Ana Belén Pereiro Estévez – Docente investigadora de la Universidad Nova De Lisboa, Portugal

Ana María Rosso Cerón, Álvaro Eulalio Villamizar Villamizar - Docentes investigadores de la Universidad de Pamplona

Sonia Esperanza Reyes Gómez – Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho – ICIPC.

EDICIÓN

Edición de Jacqueline Corredor Acuña- Docente Titular de la Universidad de Pamplona Pamplona, N.S., Colombia 2021, Primera Edición

Periodicidad Bianual

INVESTIGADORES INVITADOS PARA LAS CONFERENCIAS MAGISTRALES

Ana Belén Pereiro Estévez Universidad Nova De Lisboa, Portugal

Julio Eduardo Sossa Parra Universidad Nova De Lisboa, Portugal

Carolina Hermida Merino Universidad de Vigo, España

Carlos Escamilla Alvarado Universidad De Nuevo León, México

María Camila Naranjo García	Universidad Nova De Lisboa, Portugal
Andrés Eloy Redondo Soto	Universidad Nova De Lisboa, Portugal
Daissy Lorena Restrepo Serna	Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales
Sonia Esperanza Reyes Gómez	Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia
Juan Carlos Orozco Agámez	Universidad Industrial de Santander, Colombia
Sugey Velasco Villabona	Universidad de Pamplona, Colombia
Liliana Villamizar Sierra	Amazon, USA
Gabriel Zarca Lago	Universidad de Cantabria, España
Manuel Martínez Piñeiro	Universidad de Vigo, España
Félix Llovell Ferret	Universidad Rovira i Virgili, España
Fernando Pardo Pardo	Universidad de Cantabria, España
Wilfred Andrés Gómez Jaramillo	Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil
Miguel Andrés Rojas Pabón	Universidad Tecnológica de Aguas Calientes, México
Héctor de la Hoz Siegler	Universidad de Calgary, Canadá
Fredy Solano Ortega	Universidad de Pamplona, Colombia
Cesar Alfredo Junior Lizarazo	Universidad de Pamplona, Colombia
Cesar Augusto Rueda Durán	Esenttia, Cartagena, Colombia

PROFESORES DE UNIPAMPLONA CONFERENCISTAS

Ana María Rosso Cerón	Docente de Ing. química
Alexander Luna Cortés	Docente de Ing. química

ESTUDIANTES DE UNIPAMPLONA PONENTES

Brandon Smith Martínez Costa
Andrés Felipe Sierra Álvarez
Jhon Alexander Pulido Aguilar
Carlos Alberto Vera Castillo
Carlos Sebastián Rosado

David Alyamir Triana García
Yuliana Alexandra Nieto Puentes
Carlos Mauricio Rincón Gutiérrez
Diana Alexandra Ortiz Flórez
Dayan Diomedes Cárdenas Niño

Universidad de Pamplona, 2021

https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_137/publicacion/publicado/index.htm

ISSN: 2806-0636 (en línea)

Citación sugerida:

Corredor Acuña J. (Comp.). 2021. Memorias Simposio de ingeniería Química. 4 Simposio. Universidad de Pamplona. 17, 18 y 19 de noviembre de 2021, Pamplona, Norte de Santander, Colombia. 55p.

Contenido

Reduction of the Environmental Impact of Fluorinated Gases.....	8
Characterization of physical/thermal properties of gelatin based Bionanocomposites for drug delivery applications.	10
Estudio de la Separación de las Mezclas Azeotrópica Etanol e Hidrocarburo Alifáticos usando Líquidos Iónicos.....	12
Desarrollo de una tecnología eficiente basada en líquidos iónicos fluorados y materiales de adsorción para la reducción del impacto de sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas en el medio ambiente.	14
BIORREFINERÍAS PARA UN FUTURO SUSTENTABLE	17
EVALUACIÓN DE SEPARACIÓN DE GASES FLUORADOS (F-GASES) UTILIZANDO DISOLVENTES EUTÉCTICOS PROFUNDOS COMO ABSORBENTES.....	18
Ingeniería Química: Experiencias y perspectivas de una egresada laborando en el extranjero.....	20
Hacia una economía circular y sostenible en el sector de la refrigeración.....	21
Caracterización mediante simulación molecular y cálculos <i>ab initio</i> de clatratos para aplicaciones de captura y almacenamiento de gases.....	24
La problemática de los suelos contaminados: remediación sostenible a partir de técnicas de oxidación química In Situ	26
Evaluación de alternativas de generación de energía sostenible para zonas aisladas de Colombia.	29
Economía Circular en los polímeros: Innovación y aportes desde la Ingeniería Química.	32
SOBRE EL LENGUAJE MATEMÁTICO, LA FILOSOFÍA Y LA EVOLUCIÓN DEL TRATADO ELEMENTAL DE QUÍMICA.....	34
Comportamiento de fases en alta presiones de sistemas Dióxido de carbono + Parafinas: Estudio experimental y termodinámico.....	35
Efecto de la Incorporación de Nanocargas Laminares de Montmorillonita Sobre la Cinética, Propiedades Mecánicas y Degradación Térmica de un Sistema Epoxi Amina Mezclado con Poliétilenglicol (PEG).	37
DISEÑO DE UN TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACIÓN PARA LA DEGRADACIÓN DE ACEITES DIELECTRICOS (PCB's) PRESENTES EN SUELO CONTAMINADO POR DERRAMES ACCIDENTALES VIA SILOS-BABEGA.	38
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LA CASCARILLA DE ARROZ CULTIVADO EN NORTE DE SANTANDER PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL.....	39
HIDRÓGENO COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE, MÉTODOS DE PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA. REVIEW	41
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANA DE INTERCAMBIO PROTÓNICO PARA LA DEPURACIÓN DE EFLUENTES RESIDUALES DE PAMPLONA, LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y ELECTRICIDAD	44

Remoción de metales pesados presentes en soluciones sintéticas por medio de un método electroquímico.	47
Pinturas alquídicas con óxido de hierro y fosfato como pigmentos anticorrosivos para la protección de acero.....	49
Caracterización teórica de las técnicas de la ciencia de datos e inteligencia artificial implementadas en el campo de la ciencia e ingeniería de los materiales: oportunidades, descubrimientos e innovación	51
Estudio del potencial adsorbente del endocarpio de aguacate en la remoción de colorantes disueltos en agua potable	52
Evaluación del efecto de la co-inyección de vapor-flue gas como método de recobro mejorado en campos colombianos sobre la corrosión del acero al carbono API N-80.....	55

Reduction of the Environmental Impact of Fluorinated Gases

Reducción del impacto ambiental de los gases fluorados

Autor (es)

Ana B. Pereiro*, Julio E. Sosa, Andres E. Redondo, Paulo J. Castro, João M. M. Araújo
LAQV, REQUIMTE, Department of Chemistry, NOVA School of Science and Technology, NOVA
University Lisbon, 2829-516 Caparica, Portugal.

[*anab@fct.unl.pt](mailto:anab@fct.unl.pt)

Resumen (Ingles)

The global warming is the most recent paradigm that world leaders are facing. Besides, thousands of different fluorinated gases (F-gases) are being currently used in industry and their production is increasing due to their utility and economic value. They have been often used as substitutes for ozone-depleting substances because they do not damage the atmospheric ozone layer, are non-toxic and are not flammable. However, F-gases are a family of synthetic gases that have very high global warming potentials (GWP). Their global warming effect can be up to 23 000 times greater than carbon dioxide and their atmospheric lifetime can be up to 50 000 years. Then, small atmospheric concentrations of these gases can have large effects on global temperatures. In European Union (EU), F-gases emissions are projected to grow by nearly 140% between 2005 and 2020, mainly due to the leaks in the air conditioning and refrigeration equipments, in contrast to all other greenhouse gases whose emissions have been reduced. The urgent need to reduce global atmospheric concentrations of F-gases has prompted actions from governments and industries. Hence, different legislations aim to combat their effect into the atmosphere. The new EU regulation (No 517/2014) targets to cut the emissions of these gases by 2/3 by 2030, compared to the levels of 2014. Therefore, actions to reduce these emissions are needed, including the capture of these powerful greenhouse gases and the development of environmentally benign solvents/materials to recover and recycle them.

The objective of this work is to develop climate-friendly processes based on different Key Enabling Technologies (KET). The most appropriate KET is custom designed and evaluated for the separation of fluorinated greenhouse gases. This KET is based on more efficient treatment systems, designed according to the principles of green chemistry. The fluorinated gases usually used in air conditioning and commercial refrigeration equipments (such as R-134a - 1,1,1,2-tetrafluoroethane, R-32 - difluoromethane and R-125 - pentafluoroethane) are studied. Different KETs based on advanced materials are designed, tested and validated to implement the most efficient option for the separation and recovery of fluorinated gases used in refrigeration and air conditioning equipment. This work aims to reduce the environmental impact of these FCs gases, answering to one of the greatest current concerns of society, the environment, one central goal of EU Research.

Resumen (debe contener uno en español)

El calentamiento global es el paradigma más reciente al que se enfrentan los líderes mundiales. Además, miles de diferentes gases fluorados (F-gases) se utilizan actualmente en la industria y su producción está aumentando debido a sus usos y valor económico. Se han utilizado a menudo como sustitutos de sustancias que destruyen la capa de ozono porque no son tóxicos, no dañan la

capa de ozono y no son inflamables. Sin embargo, los gases fluorados son una familia de gases sintéticos que tienen un potencial de calentamiento global (GWP) muy alto. Su efecto de calentamiento global puede ser hasta 23 000 veces mayor que el del dióxido de carbono y su vida atmosférica puede ser de hasta 50 000 años. Entonces, pequeñas concentraciones atmosféricas de estos gases pueden tener grandes efectos en las temperaturas globales. En la Unión Europea (UE), se proyecta que las emisiones de gases fluorados crezcan casi un 140% entre 2005 y 2020, principalmente debido a las fugas en los equipos de aire acondicionado y refrigeración, en contraste con todos los demás gases de efecto invernadero cuyas emisiones se han reducido. La urgente necesidad de reducir las concentraciones atmosféricas globales de gases fluorados ha impulsado acciones de gobiernos e industrias. De ahí que distintas legislaciones tengan como objetivo combatir su efecto en la atmósfera. El nuevo reglamento de la UE (No 517/2014) tiene como objetivo reducir las emisiones de estos gases en 2/3 para 2030, en comparación con los niveles de 2014. Por lo tanto, se necesitan acciones para reducir estas emisiones, incluida la captura de estos poderosos gases de efecto invernadero y el desarrollo de disolventes / materiales ambientalmente benignos para recuperarlos y reciclarlos.

El objetivo de este trabajo es desarrollar procesos amigables con el clima basados en diferentes Tecnologías Facilitadoras Esenciales (TFEs). La TFE más adecuada se diseña y evalúa a medida para la separación de gases fluorados de efecto invernadero. Esta TFE se basa en sistemas de tratamiento más eficientes, diseñados de acuerdo con los principios de la química verde. Se estudian los gases fluorados habitualmente utilizados en equipos de aire acondicionado y refrigeración comercial (como R-134a - 1,1,1,2-tetrafluoroetano, R-32 - difluorometano y R-125 - pentafluoroetano). En este trabajo se diseñaron, probaron y validaron diferentes TFEs basadas en materiales avanzados para implementar la opción más eficiente para la separación y recuperación de gases fluorados utilizados en equipos de refrigeración y aire acondicionado. Este trabajo tiene como objetivo reducir el impacto ambiental de estos gases fluorados, respondiendo a una de las mayores preocupaciones actuales de la sociedad, el medio ambiente, objetivo central de la Investigación de la UE.

Palabras claves (en español)

Calentamiento global, Gases fluorados, Tecnologías facilitadoras esenciales, Procesos de separación y recuperación.

Characterization of physical/thermal properties of gelatin based Bionanocomposites for drug delivery applications.

Autor (es)

C. Hermida-Merino^a, J. Valcarcel^b, José A. Vázquez^b, D.Cabaleiro^a, C. Moya-Lopez^c, Iván Bravo^d, M. M. Piñeiro^a, D. Hermida-Merino^e

-Affiliations and address:

^a Centro de Investigacions Biomédicas (CINBIO), Departamento de Física Aplicada, Universidade de Vigo, Campus Lagoas-Marcosende, E36310 Vigo, Spain

^b Grupo de Reciclaxe e Valorización de Materiais Residuais (REVAL), Instituto de Investigacións Mariñas (IIM-CSIC), Eduardo Cabello 6, 36212, Vigo, Pontevedra, Spain

^c LMOPS, CentraleSupelec, University of Lorraine, 2 rue E. Belin, 57070 Metz (France)

^d Dto. Química Física, Facultad de Farmacia, UCLM, Albacete, Spain

^e Netherlands Organisation for Scientific Research (NWO), c/o ESRF BP 220, DUBBLE CRG/ESRF, 38043 Grenoble, Cedex, France.

Escriba aquí los nombres de los autores. Agregue tantos nombres como requiera, e información de cada uno, Institución a la que pertenece, Grupo de Investigación y País, y correo electrónico.

Resumen (debe contener uno en español)

Los recursos marinos tienen un potencial considerable para desarrollar materiales de alto valor para aplicaciones en diferentes campos, a saber, farmacéutico, ambiental y biomédico. No obstante, la falta de solubilidad de los polímeros de origen marino en agua y los disolventes orgánicos comunes puede limitar sus aplicaciones.

La gelatina ofrece funcionalidad y versatilidad en una amplia variedad de aplicaciones, entre ellas, sistemas de administración de medicamentos, productos farmacéuticos, biomedicina. La gelatina de pescado se ha vuelto cada vez más importante debido a la crisis ganadera y al aumento de la demanda de gelatina no bovina y no porcina por motivos religiosos y sociales. Además, la gelatina de pescado cumple con las recomendaciones de la Unión Europea para desarrollar procesos de Economía Circular [1]. Las propiedades físicas de la gelatina derivada de la piel de pescado son similares a las de los mamíferos, pero, las principales limitaciones de la gelatina de pescado son el bajo punto de fusión y la fuerza del gel, aunque tiene una viscosidad más alta que la gelatina de mamíferos. El menor contenido de aminoácidos en la gelatina de pescado es la principal diferencia estructural con las contrapartes de mamíferos [2].

Los hidrogeles son redes de polímeros ampliamente expandidas por la incorporación de agua. Por lo general, también se denominan geles hidrófilos y consisten básicamente en redes covalentes o físicas de cadenas poliméricas, que eventualmente se encuentran como geles coloidales [3], en los que el agua es el medio de dispersión.

Una estrategia para mejorar las propiedades mecánicas de los hidrogeles de gelatina de pescado es la formación de geles de doble red utilizando otra sustancia conocida como cohidrogelador. Los líquidos iónicos (IL) se consideran solventes verdes debido a su biodegradabilidad y baja toxicidad. Los IL se han identificado como disolventes para gelatina o como co disolventes, junto con el agua, debido a su naturaleza iónica, generando la denominada Ion-Gelatina. Tanto la gelatina como las IL tienen un carácter iónico que conduce a fuertes interacciones entre las dos especies, esperando una alta solubilidad de la gelatina en las IL.

Por otra parte, se han realizado una serie de membranas independientes que comprenden diferentes concentraciones de PLA comercial y gelatina para proporcionar recubrimientos biocompatibles con aplicaciones biomédicas prometedoras.

Los nanocompuestos que comprenden polímeros de base biológica se han vuelto relevantes en campos como el envasado de alimentos y las aplicaciones biomédicas. La polilactida (PLA) es un poliéster quiral y alifático, es biocompatible pero exhibe características hidrófobas que requieren la mejora de su bioactividad mediante la generación de compuestos con materiales hidrófilos como enfoque para generar material multifuncional, como por ejemplo la gelatina. Por ello, se ha realizado la formación de membranas, que comprenden la mezcla de diferentes concentraciones de PLA comercial con gelatina de pescado, mediante un método de fundición con disolvente. Con este objetivo, se han evaluado el infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR) y el análisis térmico (DSC) de los hidrogeles de gelatina de pescado modificados y los bionanocomposites. La nanoestructura de los hidrogeles iónicos y bionanocomposites obtenidos de la gelatina de pescado se caracterizaron mediante técnicas de rayos X, con el objetivo de estudiar su relación estructura-propiedad en comparación con los hidrogeles de gelatina previamente caracterizados. Estos estudios evidencian importantes diferencias entre la gelatina a base de agua y la gelatina iónica [4], lo que indica una modificación pronunciada en la conformación de la hélice de gelatina en sentido antihorario. El perfil termofísico de IL perfluorado, [C₂C₁py] [C₄F₉SO₃], se ha estudiado recientemente [5], y resulta ser un candidato potencial para ser utilizado como cohidrogelador con gelatina de pescado debido a su falta de citotoxicidad y estructura polar nanosegregada con una estructura cristalina polimórfica al enfriarse, en cambio se encontró que los hidrogeles de gelatina presentan una red fibrilar.

Por otro lado, el ácido poliláctico presenta una estructura polimórfica semicristalina cuya cristalinidad y fase cristalina dependen en gran medida del tratamiento de procesamiento. La celda unitaria ortorrómbica de la fase α es la fase cristalina más característica y estable del PLA, mientras que la gelatina se encuentra generalmente como un material amorfo [6].

Además, la facilidad para la generación de biocompuestos de gelatina de pescado/PLA que preservan la semicristalinidad de la contraparte de PLA destaca la posibilidad de diseñar nuevos biocompuestos con propiedades personalizadas a partir de fuentes renovables que se pueden procesar sin esfuerzo en películas independientes como una matriz con diferentes propiedades mecánicas.

Por último, los hidrogeles de gelatina se cargaron con éxito con diferentes agentes terapéuticos y se evaluó la relación estructura-propiedad de los sistemas de nanoportadores para comprender los parámetros de diseño estructural para generar sistemas de administración de fármacos específicos con administración local y dirigida.

Palabras claves (en español)

Bionanocompuestos; biomédico; gelatina de pescado; ácido poliláctico; biocompatibilidad.

Bibliografía

- [1] <https://webgate.ec.europa.eu>
- [2] K. Yoshimura et al., *J. Agric. Food Chem.* **2000**, 48.
- [3] F. Sciortino, et al., *Computer Physics Communications*, **2005**, 169.
- [4] P. C. Marr, A. C. Marr, *Green Chem.* **2016**, 18.
- [5] M. L. Ferreira et al., *J. Phys. Chem. C.* **2017**, 121.
- [6] M. L. Di Lorenzo and R. Androsch, *Polym. Int.* **2019**, 68.

Estudio de la Separación de las Mezclas Azeotrópica Etanol e Hidrocarburo Alifáticos usando Líquidos Iónicos

J. E. Sosa¹, J. M. M. Araújo¹, E. Amado-González², A. B. Pereiro^{1,*}

¹LAQV, REQUIMTE, Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal.

²Facultad de química, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia

*anab@fct.unl.pt

El desarrollo de metodologías eficaces para la separación de mezclas de alcoholes y alcanos es un reto para los ingenieros químicos. La razón principal se debe a la proximidad de los puntos de ebullición de los compuestos puros presentes en las mezclas azeotrópicas que están presentes en un gran número de procesos en la industria.^[1] Una de las técnicas de separación más comunes es la destilación azeotrópica o extractiva. Sin embargo, se requieren condiciones extremas (altas temperaturas y presiones) para llevar a cabo este tipo de procesos. Por lo tanto, es necesaria una gran cantidad de energía para lograr con éxito la separación, lo que la hace poco atractiva económicamente debido al aumento de los costes de producción. La extracción líquido-líquido es una técnica basada en la inmiscibilidad de dos fases líquidas que presenta diferentes ventajas económicas, cuando se utilizan disolventes que no son volátiles. En este proceso el disolvente se puede recuperar, no se requiere ningún equipo especial y es una alternativa respetuosa con el medio ambiente.

En los últimos años, la separación azeotrópica de un alcohol y un hidrocarburo alifático (etanol-hexano y etanol-heptano) ha sido estudiada por diferentes grupos de investigación.^[2-6] En estos trabajos utilizan líquidos iónicos (ILs) como disolventes de extracción, porque los ILs pueden separar mezclas azeotrópicas y han surgido como una alternativa más ecológica para sustituir los disolventes orgánicos volátiles utilizados en la industria química en este tipo de procesos. En este trabajo se proponen líquidos iónicos de alquil-amonio (formiato de 2-hidroxietilamonio $[N_{0002(OH)}][HCO_2]$, propionato de 2-hidroxietilamonio $[N_{0002(OH)}][C_2H_5CO_2]$ y butanoato de 2-hidroxietilamonio $[N_{0002(OH)}][C_3H_7CO_2]$) como disolventes de extracción en procesos de extracción líquido-líquido. Se analizó la separación de hexano y heptano de mezclas azeotrópicas con etanol utilizando el equilibrio líquido + líquido para diferentes sistemas ternarios a 298,15 K y presión atmosférica. Se utilizó el modelo termodinámico de NRTL para correlacionar los datos experimentales con Aspen Plus V.9. Los resultados sugieren que la extracción de etanol de las mezclas azeotrópicas es posible en ambos sistemas. El líquido iónico que mostró los mejores resultados fue $[N_{0002(OH)}][HCO_2]$. Este líquido iónico puede separar estas mezclas azeotrópicas, mostrando un gran potencial para sustituir los disolventes orgánicos en la industria química.

Palabras claves

Equilibrios líquido-líquido, Líquidos iónicos próticos, Mezclas azeotrópicas, Procesos de extracción.

Bibliografía

- [1] A. Pucci, Pure and Applied Chemistry, 61 (1989) 1363-1372.
- [2] F. S. Oliveira, R. Dohrn, A. B. Pereiro, J. M. M. Araújo, L. P. N. Rebelo, I. M. Marrucho, Fluid Phase Equilibria, 419 (2016) 57-66.
- [3] A. B. Pereiro, A. Rodriguez, Separation and Purification Technology, 62 (2008) 733-738.

- [4] F. Cai, G. Xiao. *Fluid Phase Equilibria*, 386 (2015) 155–161.
- [5] F. Cai, M. Zhao, Y. Wang, F. Wang, G. Xiao, *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 81 (2015) 177–183.
- [6] S. Corderí, B. González, *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 55 (2012) 138–143

Desarrollo de una tecnología eficiente basada en líquidos iónicos fluorados y materiales de adsorción para la reducción del impacto de sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas en el medio ambiente.

María Camila Naranjo García;^a Nicole S. M. Vieira;^a João M. M. Araújo;^a Jacqueline Corredor Acuña;^b Ana B. Pereiro*;^a

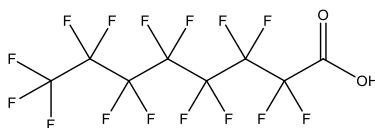
*anab@fct.unl.pt

^a LAQV, REQUIMTE, Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Caparica 2829-516, Portugal.

^b Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Grupo de Investigación en Ingeniería Química, SINVINQ, Universidad de Pamplona, Pamplona 543050, Colombia.

Resumen

Las sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas (PFAS) son un grupo de aproximadamente 4.700 químicos, los cuales poseen una estructura similar y están formados por una cadena de carbonos y el elemento flúor. Estos compuestos conforman un enlace muy estable y fuerte que los hace difíciles de romper (*PFAS Free - The Science*, n.d.). Debido a la presencia del flúor, las propiedades electronegativas potenciales y de polarización hace que tengan alta inercia química y biológica, aumentando su estabilidad (Krafft & Riess, 2015). Las PFAS pueden ser encontradas en diferentes ámbitos como alimentos, productos del hogar, agua y organismos vivos (*Basic Information on PFAS | US EPA*, n.d.). Debido a este contacto cuasi constante con las PFAS, fueron detectados y estudiados diversos efectos de estos compuestos sobre la salud humana, tales como: disminución de la función del sistema inmunológico, cáncer, interrupción endocrina y problemas de fertilidad.



Ácido perfluorooctanoico (PFOA)

Actualmente existe una variedad de tecnologías cuyo objetivo es remover o disminuir las PFAS del agua, y están divididas en 4 tipos: sorción, floculación, separación líquido-líquido y destrucción (Riegel, 2020). La extracción con carbones activados es un método que ha demostrado excelentes resultados, y son accesibles económicamente. La capacidad de sorción está influenciada por varios factores como las propiedades de los sorbentes, tales como el diámetro de las partículas y el tamaño de los poros. La cinética de sorción está relacionada de gran manera con las propiedades de los sorbentes y sorbatos (Ahrens et al., 2011; Bao et al., 2014; Dubinin, 1983; Senevirathna et al., 2010). Por otro lado, los líquidos iónicos fluorados (LIFs) pertenecen a la familia de los líquidos iónicos no convencionales ya que contienen flúor en su anión o catión, y presentan un comportamiento diferente en aspectos como su hidrofobicidad y polaridad comparado con los LIs convencionales (Tindale et al., 2011). Estos compuestos son una combinación de las mejores propiedades que poseen los LIs convencionales y los compuestos perfluorados (CPFs) (Pereiro et al., 2013).

En este trabajo se sintetizaron y caracterizaron 6 nuevos líquidos iónicos fluorados (LIFs) que pueden ser aplicados en diversas aplicaciones industriales, y en procesos de separación. Mediante la

medición de sus propiedades térmicas, se determinaron las temperaturas de transición vítrea y descomposición que tienen los LIFs sintetizados en este trabajo, mediante dos técnicas calorimétricas como lo son Análisis Termogravimétrico (ATG) y Calorimetría Diferencial de Barrido (CDB). Así mismo, se llevó a cabo la medición y análisis de sus propiedades termofísicas como viscosidad, densidad, índice de refracción, conductividad, volumen libre e ionicidad.

Estos LIFs presentan propiedades únicas para la remoción de compuestos persistentes del medio ambiente, tal como su baja toxicidad y ecotoxicidad, además de su poder surfactante. En este trabajo se realizó un estudio sistemático para la extracción y cuantificación del ácido perfluorooctanoico (PFOA) con diferentes familias de LIFs. Los resultados muestran que se pudo cuantificar la capacidad de extracción de los LIFs previamente seleccionados como los más prometedores, obteniendo que $[P_{44414}][C_4F_9SO_3]$ es el más promisorio. Los carbones activados (CA), fueron también analizados para la extracción de PFOA. Además, se hicieron ensayos isotérmicos y cinéticos de adsorción a diversas concentraciones de PFOA. El estudio isotérmico con el carbón activado granulado (CAG), arrojó los mejores porcentajes de extracción y de capacidad de adsorción.

La realización de este trabajo fue esencial para la selección de LIFs sustentables y ecológicos que pudiesen ser utilizados en la extracción de contaminantes del medio ambiente, tales como el PFOA, o en lo desarrollo de materiales adsorbentes novedosos que combinaran las mejores características de LIFs y CAs.

Palabras clave: Síntesis, caracterización, extracción, adsorción.

Bibliografía

Ahrens, L., Yeung, L. W. Y., Taniyasu, S., Lam, P. K. S., & Yamashita, N. (2011). Partitioning of perfluorooctanoate (PFOA), perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctane sulfonamide (PFOSA) between water and sediment. *Chemosphere*, 85(5), 731–737. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2011.06.046>

Bao, Y., Niu, J., Xu, Z., Gao, D., Shi, J., Sun, X., & Huang, Q. (2014). Removal of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) from water by coagulation: Mechanisms and influencing factors. *Journal of Colloid and Interface Science*, 434, 59–64. <https://doi.org/10.1016/J.JCIS.2014.07.041>

Basic Information on PFAS | US EPA. (n.d.). Retrieved September 10, 2021, from <https://www.epa.gov/pfas/basic-information-pfas>

Dubinin, M. M. (1983). Microporous structures and absorption properties of carbonaceous adsorbents. *Carbon*, 21(4), 359–366. [https://doi.org/10.1016/0008-6223\(83\)90128-8](https://doi.org/10.1016/0008-6223(83)90128-8)

Krafft, M. P., & Riess, J. G. (2015). Selected physicochemical aspects of poly- and perfluoroalkylated substances relevant to performance, environment and sustainability-Part one. *Chemosphere*, 129, 4–19. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.08.039>

Pereiro, A. B., Araújo, J. M. M., Martinho, S., Alves, F., Nunes, S., Matias, A., Duarte, C. M. M., Rebelo, L. P. N., & Marrucho, I. M. (2013). Fluorinated ionic liquids: Properties and applications. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 1(4), 427–439. <https://doi.org/10.1021/sc300163n>

PFAS free - The Science. (n.d.). Retrieved September 10, 2021, from <https://www.pfasfree.org.uk/about-pfas/pfas-science-the-basics>

Riegel, M. (2020). *Review of water treatment systems for PFAS removal*.

Senevirathna, S. T. M. L. D., Tanaka, S., Fujii, S., Kunacheva, C., Harada, H., Shivakoti, B. R., & Okamoto, R. (2010). A comparative study of adsorption of perfluorooctane sulfonate (PFOS) onto granular activated carbon, ion-exchange polymers and non-ion-exchange polymers. *Chemosphere*, *80*(6), 647–651. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2010.04.053>

Tindale, J. J., Na, C., Jennings, M. C., & Ragogna, P. J. (2011). Synthesis and characterization of fluorinated phosphonium ionic liquids. *https://Doi.Org/10.1139/V07-035*, *85*(10), 660–667. <https://doi.org/10.1139/V07-035>

BIORREFINERÍAS PARA UN FUTURO SUSTENTABLE

Carlos Escamilla-Alvarado

Desde el siglo XIX nuestro planeta se ha visto dañado por la contaminación generada por el uso de las energías fósiles. Por esto, se han buscado alternativas renovables y sustentables que suplan en la medida de lo posible las aplicaciones de los combustibles fósiles, tales como las biorrefinerías.

Una biorrefinería es una instalación dedicada a la producción de biocombustibles y/o bioproductos a partir de biomasa, que hace uso integral de recursos y subproductos, minimizando la generación de residuos. En la actualidad las biorrefinerías se encuentran en desarrollo a nivel laboratorio y con esfuerzos notables en países como México, Colombia, Brasil, Estados Unidos, Alemania, entre otros, para llevarlas a la escala piloto, probando configuraciones que permiten diseñar los procesos desde cero, o acoplarlos a procesos industriales existentes. Dentro de los biocombustibles y bioproductos más populares que pueden obtenerse de esta tecnología se encuentra el biometano, bioetanol, biodiesel, celulasas, ácido levulínico, entre otros.

Los retos a afrontar para ver implementada esta tecnología a nivel comercial incluyen la modificación genética de microorganismos y plantas, mejoras en el control e integración de bioprocesos y aspectos de índole económica que permitan hacer más atractiva su rentabilidad. Su futuro está íntimamente ligado a conceptos de sustentabilidad como el análisis de ciclo de vida, cadena de suministros, economía circular y ecoeficiencia; en la medida que estos indicadores se mejoren, la aplicación de las biorrefinerías en las sociedades será una realidad.

EVALUACIÓN DE SEPARACIÓN DE GASES FLUORADOS (F-GASES) UTILIZANDO DISOLVENTES EUTÉCTICOS PROFUNDOS COMO ABSORBENTES.

Andres E. Redondo;^a Julio E. Sosa;^a Paulo J. Castro;^a João M. M. Araújo;^a Jacqueline Corredor Acuña;^b Ana B. Pereiro*,^a

*anab@fct.unl.pt

^a LAQV, REQUIMTE, Departamento de Química, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Caparica 2829-516, Portugal.

^b Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Grupo de Investigación en Ingeniería Química, SINVINQ, Universidad de Pamplona, Pamplona 543050, Colombia.

Resumen

El impacto ambiental resultante de la liberación de gases fluorados (F-gases), comúnmente utilizados en refrigeración, está impulsando el desarrollo de tecnologías para recuperarlos y reciclarlos.[1–5] Los líquidos iónicos fluorados (LIFs) se han investigado como candidatos prometedores para la absorción y separación selectiva de F-gases.[6,7] En este trabajo, se prepararon y caracterizaron solventes eutécticos profundos (SEPs) compuestos de LIF y ácidos perfluorados, que permitieron explorar las excelentes propiedades de solubilización de gases de los LIFs con altos puntos de fusión en un rango más amplio de líquidos. Se realizó un cribado de SEPs preparado a partir de 5 LIFs diferentes para la solubilización de 1,1,1,2-tetrafluoroetano (R-134a) a 303,15 K, usando un sistema volumétrico de acero inoxidable. $[N_{4444}][C_4F_9SO_3]:C_4F_9CO_2H$ y $[C_2C_1Im][C_8F_{17}SO_3]:C_4F_9CO_2H$ se seleccionaron como los sistemas con las mejores capacidades de absorción y se estudiaron tres diferentes relaciones de LIFs y ácido perfluorado, para la absorción de difluorometano (R-32), pentafluoroetano (R-125) y R-134a a 303.15 K, 313.15 K y 323.15 K. Todos los SEPs estudiados tienen una selectividad ideal hacia R-134a en mezclas con los otros dos F-gases. Los resultados presentados aquí proporcionan conocimiento del comportamiento de estos nuevos solventes alternativos para la separación de mezclas de F-gases de refrigerantes comerciales, a tres temperaturas diferentes y en una amplia gama de presiones de operación.

Palabras claves

Efecto invernadero, equilibrio vapor-liquido, líquidos iónicos, selectividad, solubilidad.

Bibliografía

1. Sosa, J.E.; Malheiro, C.; Ribeiro, R.P.P.L.; Castro, P.J.; Piñeiro, M.M.; Araújo, J.M.M.; Plantier, F.; Mota, J.P.B.; Pereiro, A.B. Adsorption of Fluorinated Greenhouse Gases on Activated Carbons: Evaluation of Their Potential for Gas Separation. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* **2020**, jctb.6371.
2. Akkimaradi, B.S.; Prasad, M.; Dutta, P.; Srinivasan, K. Adsorption of 1,1,1,2-Tetrafluoroethane on Activated Charcoal. *J. Chem. Eng. Data* **2001**, *46*, 417–422.
3. Ghazy, M.; Harby, K.; Askalany, A.A.; Saha, B.B. Isothermes et Cinétique d'adsorption d'une Paire d'adsorption de Carbone Actif/Difluoroéthane: Théorie et Expériences. *Int. J. Refrig.* **2016**, *70*, 196–205.
4. Shiflett, M.B.; Harmer, M.A.; Junk, C.P.; Yokozeki, A. Solubility and Diffusivity of Difluoromethane in Room-Temperature Ionic Liquids. *J. Chem. Eng. Data* **2006**, *51*, 483–495.

5. Dong, L.; Zheng, D.; Sun, G.; Wu, X. Vapor-Liquid Equilibrium Measurements of Difluoromethane + [Emim]OTf, Difluoromethane + [Bmim]OTf, Difluoroethane + [Emim]OTf, and Difluoroethane + [Bmim]OTf Systems. *J. Chem. Eng. Data* **2011**, *56*, 3663–3668.
6. Sosa, J.E.; Ribeiro, R.P.P.L.; Castro, P.J.; Mota, J.P.B.; Araújo, J.M.M.; Pereiro, A.B. Absorption of Fluorinated Greenhouse Gases Using Fluorinated Ionic Liquids. *Ind. Eng. Chem. Res.* **2019**, *58*, 20769–20778.
7. Lepre, L.F.; Andre, D.; Denis-Quanquin, S.; Gautier, A.; Pádua, A.A.H.; Costa Gomes, M. Ionic Liquids Can Enable the Recycling of Fluorinated Greenhouse Gases. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **2019**, *7*.

Ingeniería Química: Experiencias y perspectivas de una egresada laborando en el extranjero.

Autor (es)

Liliana V. Sierra

Resumen (debe contener uno en español)

Esta es una narrativa de mi experiencia personal como estudiante y egresada de la carrera de Ingeniería Química en Colombia. Un repaso por mi trayectoria mientras comparto mis reflexiones sobre lo que hubiese querido saber siendo estudiante y más tarde en mis comienzos el mundo laboral. Una charla sobre los posibles canales de desarrollo que hay para un ingeniero químico en Estados Unidos y sobre porqué esta carrera es posiblemente una de las mejores elecciones que un interesado en ingeniería puede hacer.

Palabras claves (en español)

Trayectoria Profesional, experiencias, Estados Unidos, oportunidades, segundo idioma.

Autor (es)

Dr. Gabriel Zarca, Dpto. Ingenierías Química y Biomolecular, Universidad de Cantabria, Santander, España. Email: zarcag@unican.es

Resumen (debe contener uno en español)

Los gases fluorados se utilizan ampliamente desde principios de la década de 1930 en aerosoles, espumas, refrigerantes y como disolventes debido a sus excelentes propiedades tales como baja inflamabilidad y toxicidad y óptimas características termodinámicas. En este contexto, la tercera generación de refrigerantes, los hidrofluorocarbonos (HFCs), comenzaron a ser producidos y consumidos masivamente en el sector de refrigeración y aire acondicionado como alternativa a las familias de Sustancias que Agotan el Ozono estratosférico (SAO), esencialmente, los clorofluorocarbonos (CFCs) e hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), que se eliminaron gradualmente en virtud del Protocolo de Montreal (1987). En consecuencia, las emisiones de HFCs a la atmósfera han aumentado constantemente desde 1990, aproximadamente un 260% en 2017 en Europa, principalmente debido a las emisiones fugitivas y la falta de protocolos de recuperación de equipos al final de su vida útil.

Sin embargo, los HFCs continúan planteando graves riesgos ambientales, ya que su Potencial de Calentamiento Global (PCG) puede ser hasta varios órdenes de magnitud mayor que el del CO₂ (PCG = 1), por ejemplo, el PCG del trifluorometano (R23) es 14800. Por lo tanto, los HFCs están señalados entre los gases de efecto invernadero cuyas emisiones deben reducirse drásticamente para mitigar el cambio climático. A este respecto, la Unión Europea (UE) promulgó el reglamento de la UE n.º 517/2014 que prevé la reducción gradual de la producción y el uso de HFCs.¹ Más recientemente, en enero de 2019, entró en vigencia la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal con el objetivo de reducir las emisiones de HFCs de las partes firmantes en un 80-85% para 2047.²

En base a este contexto, en esta ponencia se presentará el proyecto “*Reduction of the Environmental Impact of Fluorinated Gases in the Sudoe space through Key Enabling Technologies*” (KET4F-Gas) financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) a través del Programa Interreg-SUDOE, y los principales resultados obtenidos en el mismo en relación al desarrollo de nuevos procesos de separación que permitan reciclar algunos de los gases refrigerantes con menor PCG a partir de las mezclas recuperadas de equipos de refrigeración una vez finalizada su vida útil, con el objetivo de minimizar las emisiones de HFCs a la atmósfera y potenciar la economía circular del sector.

El principal problema para su separación y reutilización es que los refrigerantes empleados en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado están formados frecuentemente por mezclas azeotrópicas, o con puntos de ebullición muy cercanos, de HFCs y/o HFOs. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de desarrollar procesos avanzados de separación que permitan recuperar y reciclar estos compuestos de alto valor añadido. En este sentido, el diseño de nuevos procesos basados en tecnología de membranas y en procesos de destilación extractiva, basados en diferencias de solubilidad de los refrigerantes de interés en líquidos iónicos, han atraído la mayor atención.

Así, en esta conferencia presentaré el progreso de nuestra investigación reciente sobre la separación de algunos de los refrigerantes hidrofluorocarbonos más comunes (principalmente, HFC-R32, HFC-R134a, HFC-R125, HFO-R1234yf y HFO-R1234ze) con tecnología de membranas. La permeabilidad de estos compuestos se ha determinado por primera vez a través de membranas densas fabricadas con el copolímero elastómero poli(éter-bloque-amida). Además, mostraré cómo es posible mejorar las propiedades de separación del polímero mediante la funcionalización de las membranas con líquidos iónicos (Figura 1).³

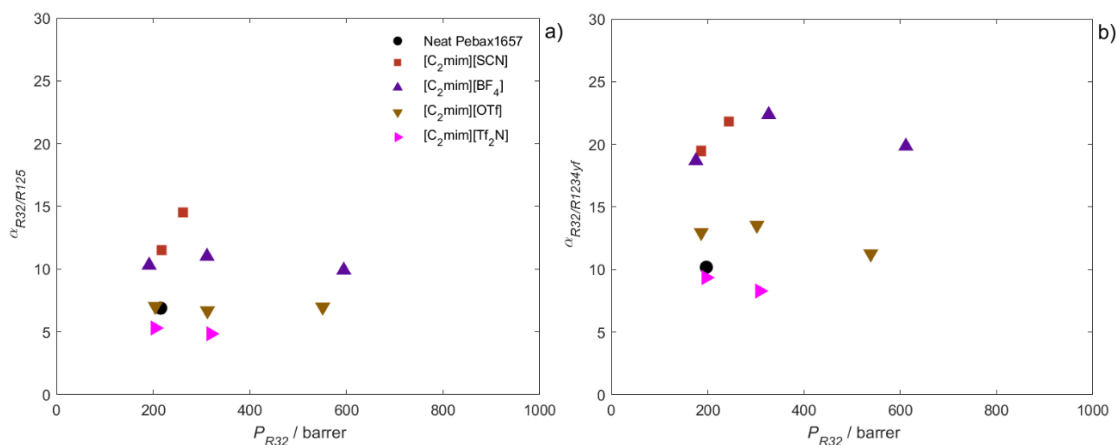


Figura 1. Selectividad no competitiva frente a permeabilidad del gas más permeable en membranas de Pebax®1657 y en membranas funcionalizadas con los líquidos iónicos [C₂mim][SCN], [C₂mim][BF₄], [C₂mim][OTf] y [C₂mim][Tf₂N] para la separación de las mezclas: a) R32/R125 y b) R32/R1234yf. T = 303 K, P = 1.3 bar.

Finalmente, aquellos materiales que ofrecieron un mejor rendimiento para la separación de mezclas refrigerantes de interés fueron seleccionados para la fabricación de membranas de capa fina selectiva mediante una técnica de pulverización sobre un soporte poroso, las cuales ofrecen un gran atractivo para una aplicación industrial a mayor escala. Estas membranas de capa fina fueron testadas en un amplio rango de presiones utilizando una configuración de permeación continua que funciona en condiciones de estado estacionario. Asimismo, se determinó el rendimiento de la separación cuando se emplean mezclas comerciales de gases refrigerantes con puntos de ebullición cercanos, como las mezclas R410A, R454B, R513A.

Por otro lado, hemos evaluado la viabilidad de separar las mezclas refrigerantes de interés mediante procesos de absorción basados en el uso de líquidos iónicos. Para ello, hemos realizado un análisis en profundidad de más de 5000 datos de solubilidad que hemos recopilado en la base de datos de absorción de refrigerante en líquidos iónicos 'UC-RAIL',⁴ con un énfasis en la influencia del líquido iónico y las propiedades del refrigerante (por ejemplo, catión y tipo de anión, grado de fluoración, familia de refrigerantes) sobre la solubilidad del gas y la selectividad de la separación. El análisis de la capacidad de absorción, selectividad y viscosidad de los líquidos iónicos apuntan a ciertos compuestos como los candidatos ideales para diseñar la separación selectiva de mezclas refrigerantes relevantes mediante destilación extractiva (Figura 2).

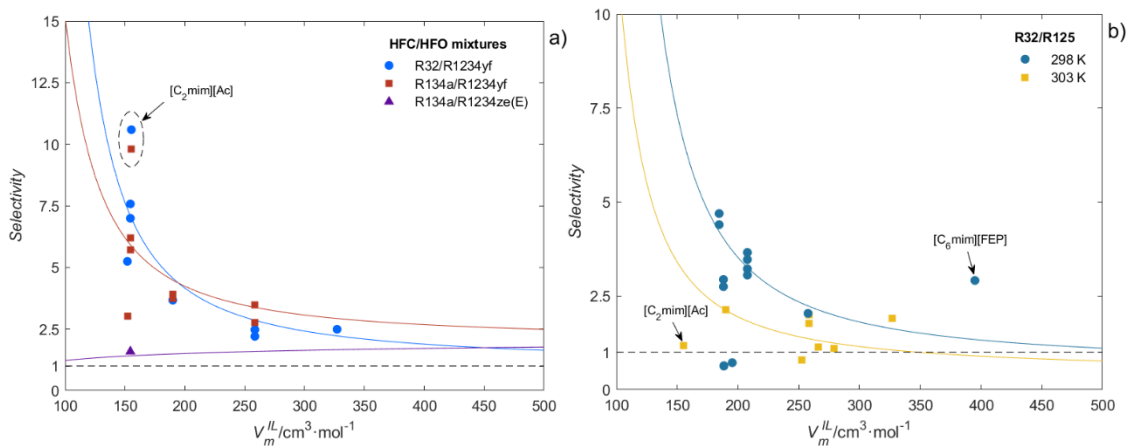


Figura 2. Selectividad por diferencias de solubilidad de mezclas de gases refrigerantes en función del volumen molar del líquido iónico empleado.

Palabras claves (en español)

Separación de gases, tecnología de membranas, líquidos iónicos, mezclas refrigerantes azeotrópicas, destilación extractiva

Bibliografía

1. The European Parliament and the Council of the European Union, 2014. Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. Off. J. Eur. Union 150, 195–230. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32014R0517>
2. United Nations Treaty Collection, Chapter XXVII Environment. 2. f. Amendment to the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtdsg_no=XXVII-2-f&chapter=27&clang=en#EndDec
3. F. Pardo, S. Gutiérrez-Hernández, G. Zarca, A. Urriaga, Toward the recycling of low-GWP hydrofluorocarbon/hydrofluoroolefin refrigerant mixtures using composite ionic liquid-polymer membranes, ACS Sustain. Chem. Eng. 9 (2021) 7012–7021. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.1c00668>
4. S. Asensio-Delgado, F. Pardo, G. Zarca, A. Urriaga, Absorption separation of fluorinated refrigerant gases with ionic liquids: Equilibrium, mass transport, and process design, Sep. Purif. Technol. 276 (2021) 119363. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119363>

Caracterización mediante simulación molecular y cálculos *ab initio* de clatratos para aplicaciones de captura y almacenamiento de gases

M. M. Piñeiro*, A. M. Fernández-Fernández, M. Pérez-Rodríguez,

CINBIO, Dpto de Física Aplicada, Fac. de Ciencias, Univ. de Vigo, España

*E-mail: mmpineiro@uvigo.es

Se denomina clatrato a un sólido de inclusión no estequiométrico, donde una molécula anfitrión forma una estructura cristalina que deja huecos que permiten alojarse y difundir a moléculas invitadas de pequeño tamaño [1]. Cuando la molécula anfitrión es el agua, entonces se denomina a estos sistemas hidratos de gas. El estudio teórico y experimental sobre este tipo de sistemas representa un ámbito de investigación muy activo en la actualidad. Los hidratos comenzaron a ser estudiados en detalle cuando las compañías petrolíferas detectaron que éstos se formaban en el interior de los gasoductos a bajas temperaturas, reduciendo o incluso bloqueando el flujo de gas natural, produciendo cuantiosas pérdidas económicas. Posteriormente, comenzaron a detectarse grandes cantidades de metano atrapados en hidratos en la naturaleza, en los fondos oceánicos o en los suelos de permafrost helado [2]. Este recurso energético de interés estratégico global todavía no ha sido explotado a gran escala. Además, clatratos de otras moléculas como la hidroquinona han demostrado ser una solución potencial en aplicaciones de captura y separación de gases como el dióxido de carbono u otros gases contaminantes. También se han postulado como un medio de almacenamiento de hidrógeno. Todas estas aplicaciones han hecho crecer el interés y necesidad de obtener una caracterización precisa de este tipo de sistemas.

En esta presentación se exponen algunos resultados obtenidos por nuestro grupo de investigación en la caracterización termodinámica de hidratos y clatratos [3-9]. Se han utilizado para ello aproximaciones teóricas que abordan diferentes escalas de tiempo y distancia. Esto incluye cálculos cuánticos *ab initio*, simulaciones moleculares clásicas (Monte Carlo y Dinámica Molecular), y descripción macroscópica utilizando ecuaciones de estado moleculares. Utilizando estas herramientas, se han realizado diferentes cálculos sobre estructura cristalina, equilibrio de fases, llenado y vaciado de las estructuras cristalinas, adsorción selectiva, difusión, etc. de hidratos de metano y dióxido de carbono, y clatratos de hidroquinona con diferentes moléculas huésped. En todos los casos, se muestra que las técnicas de descripción teórica utilizadas ofrecen resultados cuantitativamente muy precisos tanto de propiedades estructurales microscópicas, como de propiedades macroscópicas termofísicas, de transporte y de equilibrio de fases de estos sistemas, permitiendo avanzar en la comprensión de los mecanismos físico-químicos que rigen el complejo comportamiento de estos clatratos.

Referencias

[1] E. D. Sloan, *Clathrate Hydrates of Natural Gases*, Marcel Dekker, New York, 2nd edn, 1998.

[2] *Natural Gas Hydrate in Oceanic and Permafrost Environments*, ed. M. D. Max, Springer, 2011.

[3] J. M. Míguez, M. M. Conde, J.-P. Torrè, F. J. Blas, M. M. Piñeiro, and C. Vega, *J.Chem. Phys.* 142, 124505, 2015.

- [4] A. Vidal-Vidal, M. Pérez-Rodríguez and M. M. Piñeiro, RSC Advances 6, 1966, 2016.
- [5] M. Pérez-Rodríguez, A. Vidal-Vidal, J. M. Míguez, F. J. Blas, J.-P. Torrre and M. M. Piñeiro, Phys. Chem. Chem. Phys. 19, 3384, 2017.
- [6] M. Pérez-Rodríguez, J. Otero-Fernández, A. Comesaña, Á. M. Fernández-Fernández, M. M. Piñeiro, ACS Omega, 3, 18771, 2018.
- [7] J.-P. Torrre, H. Gornitzka, R. Coupan, C. Dicharry, M. Pérez-Rodríguez, A. Comesaña, M. M Piñeiro, J. Phys. Chem. C, 123, 14582, 2019.
- [8] Y. Woo, M. Pérez-Rodríguez, J. H. Jeong, M. M Piñeiro, J.-W. Lee, Y. Lee, S.-H. Jung, H. Kim, S. Takeya, Y. Yamamoto, J.-H. Yoon, ACS Sust. Chem. & Eng. 9, 7479, 2021.
- [9] Á. M. Fernández-Fernández, M. Pérez-Rodríguez, M. M. Piñeiro, J. Mol. Liquids, 339, 116720, 2021.

La problemática de los suelos contaminados: remediación sostenible a partir de técnicas de oxidación química In Situ

Autor (es)

Fernando Pardo Pardo, Universidad de Cantabria, España, fernando.pardo@unican.es

Resumen

Contexto

El presente resumen introduce los aspectos más relevantes sobre la aplicación de técnicas de oxidación química (reactivo Fenton y Persulfato activado principalmente) de suelos contaminados con sustancias orgánicas persistentes. El objetivo es ofrecer una visión global de la situación de los suelos contaminados y la aplicación de un tipo concreto de técnica de remediación. Se trata de tema de gran interés científico, medioambiental y social que se encuentra a medio camino entre un gran número de disciplinas, como la **ingeniería química**, ingeniería medioambiental, geología, edafología, etc.

Contaminación de suelos

La contaminación del suelo puede ser el resultado de una serie de actividades y acontecimientos intencionados, accidentales o naturales, como la fabricación, la extracción de minerales, el abandono de minas y fábricas, las actividades armamentísticas, la eliminación de residuos, los vertidos accidentales o ilegales, las fugas de tanques de almacenamiento subterráneos, las catástrofes naturales como huracanes o inundaciones, el uso de pesticidas y la aplicación de fertilizantes, entre otros.¹

Tipos de contaminantes

Una de las clasificaciones más comúnmente utilizadas para agrupar los distintos tipos de contaminantes en suelos es en base a 6 grandes grupos atendiendo a sus propiedades físico-químicas (figura 1).²

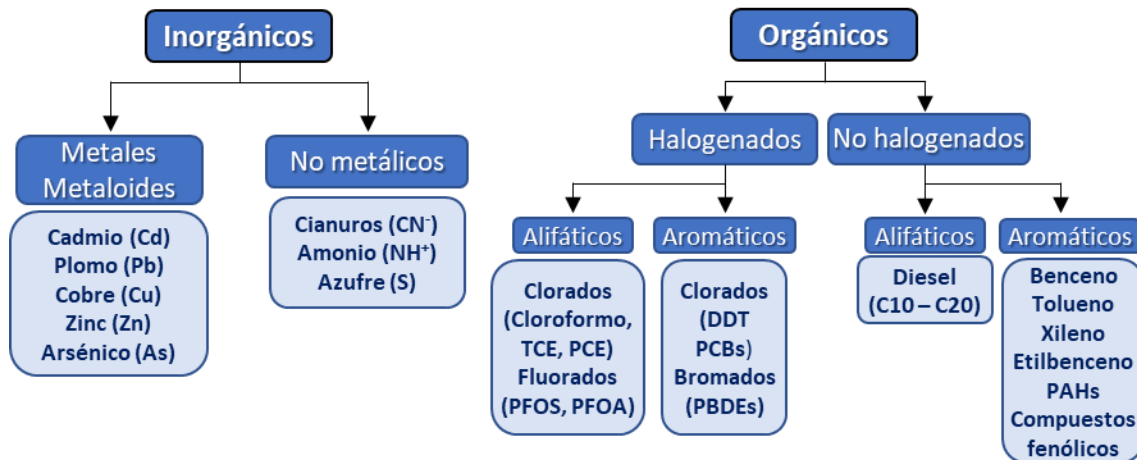


Figura 1. Clasificación de los contaminantes en suelos por sus propiedades físico-químicas.

Tipos de técnicas de remediación

Cada emplazamiento contaminado tiene sus propias características en cuanto a propiedades del suelo, estratificación, hidrología, uso actual del suelo, historial de uso y de contaminación, características de los contaminantes, propiedad del terreno, necesidades sociales y económicas, etc. En consecuencia, cada nuevo caso de remediación de suelos requiere un enfoque específico en el que la estrategia de recuperación se diseñará teniendo en cuenta las necesidades y

requisitos específicos del lugar. En este sentido, las técnicas de remediación de suelos pueden clasificarse en función del emplazamiento donde se lleven a cabo y en función de la naturaleza del tratamiento (figura 2).³ Concretamente, la presente ponencia está contextualizada en **la aplicación in situ de técnicas de oxidación química (ISCO en inglés)**, es decir, la eliminación de los contaminantes se lleva a cabo en el mismo emplazamiento donde se encuentra la fuente de contaminación.

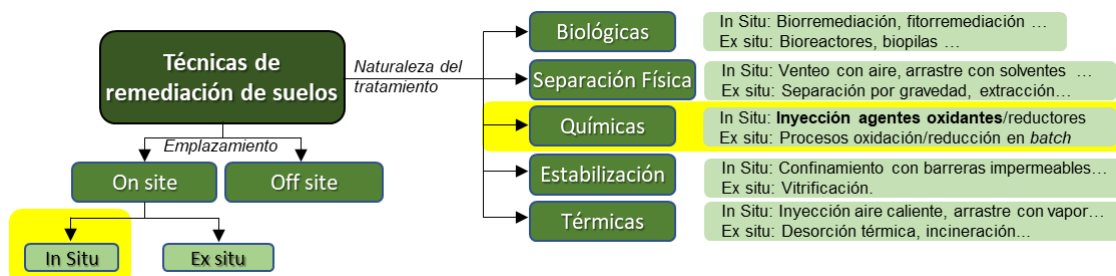


Figura 2. Clasificación de los distintos tipos de tratamiento de suelos contaminados en función del emplazamiento y de la naturaleza de la técnica. En amarillo las técnicas analizadas en el presente trabajo.

Oxidación química In Situ

La ISCO es uno de los métodos in situ más frecuentemente utilizados. Consiste en la inyección de un reactivo oxidante en el subsuelo para que entre en contacto con los contaminantes. El contacto facilitado permite que el oxidante reaccione con los compuestos objetivo mediante una reacción química y dé lugar a su degradación. La idea principal es conseguir que se liberen productos de reacción no tóxicos y/o fácilmente biodegradables. El contacto puede ser facilitado por una variedad de mecanismos inducidos y naturales del agua subterránea -desplazamiento, advección, dispersión y difusión- tanto durante como después de la inyección. La ISCO transcurre mediante una reacción acuosa de contacto directo, es decir, para que la reacción se produzca, tanto el compuesto objetivo como el agente de la ISCO deben estar disueltos en el agua y en contacto entre sí. Sin embargo, en ocasiones el contacto no garantiza que se produzca una degradación completa, lo que da lugar a una reducción en la eficacia de la ISCO.⁴

Es por ello que en los últimos 15 años se han multiplicado enormemente los esfuerzos para optimizar la eficacia de la ISCO reduciendo a su vez su impacto ambiental y económico.

Tipos de especies oxidantes

El mayor potencial de aplicabilidad de este tipo de técnicas está centrado en el tratamiento de suelos profundos con alto nivel de contaminación y con sustancias altamente refractarias. En este tipo de situaciones se aprovecha el elevado potencial de oxidación de determinados reactivos (tabla 1), como pueden ser permanganato, **peróxido de hidrógeno (reactivo Fenton)**, **persulfato activado** u ozono, para producir la degradación efectiva de los contaminantes.

Tabla 1. Potencial de oxidación de las especies reactivas utilizadas con más frecuencia en ISCO.

Especies reactivas	Fórmula	Potencial (V)
Radical hidroxilo (Reactivo Fenton)	OH·	+ 2.8
Radical sulfato	SO ₄ ^{·-}	+ 2.6

Ozono	O_3	+ 2.1
Anión persulfato	$S_2O_8^{2-}$	+ 2.1
Peróxido de hidrógeno	H_2O_2	+ 1.77
Oxígeno	MnO_4^-	+1.7
Anión hidroperóxido	HO_2^-	-0.88
Radical superóxido	$O_2^{\cdot-}$	-2.4

Concretamente, el reactivo Fenton, que consiste en la liberación de radical hidroxilo a partir de una serie de reacciones catalíticas al poner en contacto peróxido de hidrógeno con especies metálicas (Fe^{2+} , Fe), y el persulfato activado por luz, pH o iones metálicos, presentan un potencial de oxidación muy elevado, lo que les ha convertido en muy buenos candidatos en la eliminación de contaminantes como PAHs, diesel, lindano, PCBs.^{5,6}

Palabras claves

Procesos avanzados de oxidación, Medio Ambiente, Recuperación de suelos contaminados, Compuestos orgánicos persistentes, Fases líquidas no acuosas.

Bibliografía

- [1] U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2017. [Office of Land and Emergency Management \(OLEM\) Accomplishments Reports and Benefits](#).
- [2] FAO and UNEP. 2021. Global assessment of soil pollution - Summary for policy makers. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4827en>.
- [3] Rinklebe, J.; Ok, Y.S.; Hou, D.; Tack, F.M.G. Soil and Groundwater Remediation Technologies: A Practical Guide; CRC Press: 2020.
- [4] Pac, T.J.; Baldock, J.; Brodie, B.; Byrd, J.; Gil, B.; Morris, K.A.; Nelson, D.; Parikh, J.; Santos, P.; Singer, M.; et al. In situ chemical oxidation: Lessons learned at multiple sites. Remediation Journal 2019, 29, 75-91, doi:<https://doi.org/10.1002/rem.21591>.
- [5] Pardo, F.; Santos, A.; Romero, A. Fate of iron and polycyclic aromatic hydrocarbons during the remediation of a contaminated soil using iron-activated persulfate: A column study. Science of The Total Environment 2016, 566-567, 480-488, doi:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.197>.
- [6] Pardo, F.; Rosas, J.M.; Santos, A.; Romero, A. Remediation of soil contaminated by NAPLs using modified Fenton reagent: application to gasoline type compounds. Journal of Chemical Technology & Biotechnology 2015, 90, 754-764, doi:<https://doi.org/10.1002/jctb.4373>.

Autores

Ana María Rosso Cerón

Resumen

En Colombia, varias entidades gubernamentales han estudiado las posibilidades de desarrollo energético; por ejemplo, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para zonas no interconectadas (IPSE) han planteado acciones y retos para la energización de las dentro de los cuales se han establecido estrategias como la determinación de potenciales energéticos que puedan ser explotadas para la producción de energía limpia, la evaluación de proyectos de inversión sostenible en las zonas para aumentar el acceso a la energía renovable y mejorar las prácticas de eficiencia energética. Dentro de estos proyectos se encuentra el programa de energía limpia para Colombia (CCEP) [1], que plantea frentes de trabajo para el desarrollo de metodologías y herramientas de planeación, los Planes de Energización Rural Sostenible (PERS) [2], departamentales o regionales, que permiten identificar, formular y estructurar lineamientos y estrategias de desarrollo energético rural, así como proyectos integrales y sostenibles de suministro y aprovechamiento de energía para un período de 15 años, políticas públicas, incentivos financieros y proyectos demostrativos. Los anteriores proyectos plantean que la decisión sobre la elección de alternativas sostenibles de suministro de energía en las poblaciones aisladas debe incluir, además de los usuales criterios de sostenibilidad técnicos, económicos y ambientales [3]; criterios sociales, la distribución geográfica de los recursos energéticos [4], permitiendo determinar qué, dónde y cuándo construir nuevas unidades de generación de energía [5]. Por ente, al considerar la relevancia que este problema de electrificación ha tomado en los últimos años y la importancia de la inclusión de energías renovables y criterios de evaluación que involucren el desarrollo sostenible; esta investigación contribuye con el con la descripción de una metodología integral basada en conocimientos de alternativas sostenibles y matemática difusa que permite la relación de múltiples criterios de sostenibilidad (medidos de forma cualitativa y cuantitativa) con una variable para seleccionar alternativas sostenibles de generación eléctrica a largo plazo en zonas aisladas de Colombia. Emplear la metodología requiere de la caracterización de las zonas de estudio, es decir la estimación del potencial energético solar, eólico, hídrico y de la biomasa residual agrícola para establecer los recursos propios con los que se cuenta cada zona. A partir de los recursos energéticos disponibles se deben definir las alternativas tecnológicas factibles para la conversión de energía primaria, por ejemplo: solar fotovoltaica, generadores eólicos, gasificación de biomasa residual y generadores diésel como reserva rodante. Posteriormente, para cada alternativa de conversión es necesario definir parámetros para evaluar la sostenibilidad en dimensiones sociales, ambientales, económicas y técnicas. En la dimensión ambiental se requiere información acerca de residuos contaminantes, emisiones de CO₂, tierra requerida, impacto del hábitat. Desde la dimensión económica costo total presente. En la dimensión social la creación de empleo, aceptación social, eficiencia, madurez, confiabilidad y rutas de acceso y finalmente desde el punto de vista técnico eficiencia, madurez y confiabilidad [6].

Los anteriores criterios son entradas para dos modelos matemáticos basados en matemática difusa, el primero un modelo de programación lineal entera mixta multiobjetivo que funciona con los criterios económicos y ambientales identificados previamente y, a su vez, del tratamiento de parámetros inciertos, claves en la temática de planificación energética para responder a preguntas de qué, dónde y cuándo construir alternativas de generación de energía eléctrica en zonas aisladas. Dichos parámetros estuvieron enmarcados en tres escenarios de proyección (medio, alto y bajo) e incluyeron el crecimiento de la demanda de energía; la variación de los costos de inversión, operación, mantenimiento y de combustibles; y los recursos energético-futuros. Con este modelo se obtiene alternativas de Pareto eficientes.

Los valores de las emisiones de CO₂ y los costos totales actuales que conformaron las alternativas de Pareto, obtenidos del primer modelo son utilizados como datos de entrada para el siguiente modelo de toma de decisiones multicriterio en torno a un modelo de lógica difusa, en el que se adicionaron los criterios sociales, tecnológicos y ambientales, los cuales deben evaluarse a partir de la opinión de expertos (de sectores, gubernamental, educativo, investigativo, oferta y comercialización) involucrados en el área de energías renovables. En este modelo se realiza una relación entre variables (criterios) a partir de 81 reglas de inferencia lógicas basadas en el conocimiento en el área con las que se obtiene una respuesta o indicador de sostenibilidad que permite clasificar cada una de las alternativas de Pareto y seleccionar la mejor.

Palabras claves

Métodos multicriterio de decisión, energías renovables, zonas aisladas de Colombia, alternativas de Pareto, matemática difusa.

Bibliografía

1. UNITED STATES AGENCY INTERNATIONAL DEVELOPMENT-USAID, Programa de Energía Limpia para Colombia – CCEP: Procesos y proyectos de apoyo a la inserción de las Energías Renovables (ER) en Colombia. En: <www.ipse.gov.co/.../1228-presentacion-programa-energia-limpia-colombia-ccep>, 2014.
2. UNIDAD DE PLANIFICACIÓN MINERO ENERGÉTICA-UPME, Sistema de información eléctrico colombiano en zonas no interconectadas. 13 de Octubre, de,2016]. En: <<http://www.upme.gov.co/zni/>>.
3. ROJAS, J.C., Planning of power supply in rural areas of developing countries: a framework for decision-making, Universidad de Zaragoza, Zaragoza España, PhD. Tesis, 2012.
4. SILVA, D., & NAKATA, T., Multi-objective assessment of rural electrification in remote areas with poverty considerations. En: Energy Policy, Vol. 37, pp 3096–31080, 2009.
5. MEZA, J.C., YILDIRIM, M.B., & MASUD, A.S.M., A Model for the Multiperiod Multiobjective Power Generation Expansion Problem. En: IEEE Transactions On Power Systems, Vol. 22, pp 871-878, 2007

6. ROSSO CERÓN A. M., KAFAROV V., LATORRE G. A Fuzzy Logic Decision Support System for Assessing Sustainable Alternative for Power Generation in Non-interconnected Areas of Colombia- Case of Study. Chemical Engineering Transactions, Vol. 57, p.421-426, 2017

Autora

Sonia Reyes-Gómez. Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho – ICIPC. Grupo de Investigación Aplicada en Polímeros, Colombia. sreyes@icipc.org

Resumen

Los polímeros son ampliamente usados en la sociedad actual debido a sus excelentes propiedades y versatilidad. Sin embargo, existe una necesidad de abordar los problemas medioambientales, económicos y a la salud humana que están causando y ensombrecen sus potencialidades. Cada vez con más urgencia, se plantean en el mundo y en Colombia, diversas estrategias de economía circular para solucionar dicha problemática. La implementación de dichas políticas permitiría alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030.

En lo que respecta a la industria del plástico se trata de transformar todo el sistema de creación de valor para crear una economía y una sociedad sostenibles y bajas en carbono. Y en ese contexto, la ingeniería química tiene un gran potencial innovador que involucra I+D+i, lo que hace que esta profesión sea una de las más prometedoras ya que permitiría acelerar la transición hacia la circularización productiva, puesto que podría incidir en la prevención de la generación de residuos plásticos, aumento del reciclado de plásticos, producción de materiales más sostenibles o biodegradables y generación de nuevos modelos de negocio, producción y consumo, inteligentes y circulares que cubran toda la cadena de valor del plástico.

En ese sentido, la metátesis de olefinas se presenta como una ruta catalítica “verde” que permite transformar recursos renovables, o por otro lado, realizar el reciclaje químico de polímeros sintéticos de manera controlada, selectiva y con buenos rendimientos, logrando obtener productos con excelentes propiedades térmicas, mecánicas y mayor biodegradabilidad, que además permitan el cierre de ciclo y la creación de valor a partir de residuos. Mediante estos procesos se pueden diseñar y producir materiales con diversas aplicaciones como: membranas para la separación de gases, y membranas para recuperación de hidrocarburos de derrames de crudo, y recuperación de metales; polímeros biodegradables, intermediarios para la industria química y biocombustibles.

Palabras claves

Economía circular, polímeros, innovación, catálisis, metátesis de olefinas.

Bibliografía

Gobierno de la Republica de Colombia, 2019. Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio. Bogotá D.C., Colombia. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Objetivos y metas de desarrollo sostenible. (s.f). Recuperado de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

López Gómez, I. D., Ortiz Pimienta, J. C., Serna Escobar, A. (2020). Reciclaje químico. Buscando el cierre de ciclo perfecto. *Tecnología del Plástico* ISSN: 0120-7644, 35 (3) 16–18.

- Castro Pérez C. V. (2021). Nota editorial. El desarrollo sostenible en la industria química. *Revista Virtual Pro Procesos Industriales*, Septiembre, 1–5. Recuperado de <https://www.virtualpro.co/editoriales/20210901-ed.pdf>
- Pineda Contreras, A., Vargas, J., Santiago, A. A., Martínez, A., Cruz-Morales, J. A., Reyes-Gómez, S., ... Gutiérrez, S. (2018). Metátesis de olefinas en México: desarrollo y aplicaciones en nuevos materiales poliméricos y en química sustentable. *Materiales Avanzados*, (29), 65–81.
- Reyes-Gómez, S., Montiel, R., & Tlenkopatchev, M. A. (2018). Chicle gum from sapodilla (*Manilkara zapota*) as a renewable resource for metathesis transformations. *Journal of the Mexican Chemical Society.*, 62(1), 1–15. <https://doi.org/10.29356/jmcs.v62i1.581>
- Reyes Gómez, S. E. (2018). *Chicle (Manilkara zapota) y guayule (Parthenium argentum) como recursos renovables en las transformaciones mediante reacciones de metátesis*. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México.

SOBRE EL LENGUAJE MATEMÁTICO, LA FILOSOFÍA Y LA EVOLUCIÓN DEL TRATADO ELEMENTAL DE QUÍMICA

ON THE LANGUAGE OF MATHEMATICS, PHILOSOPHY AND THE EVOLUTION OF THE *ELEMENTARY TREATISE OF CHEMISTRY*

Brandon Smith Martínez Costa^{1*}

1: Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Programa de Ingeniería Química, Universidad de Pamplona.

[*brandonmartinez664@gmail.com](mailto:brandonmartinez664@gmail.com); brandon.martinez@unipamplona.edu.co

Resumen

La matemática y la química llevan una relación muy estrecha, especialmente cuando se trata de estructurar un lenguaje definido hacia esta rama del conocimiento. Este trabajo de revisión tiene como propósito analizar tres pilares importantes en el primer *Tratado elemental de química*: la matemática cuantitativa, el conjunto de reflexiones filosóficas de la química y los cambios conceptuales en el trascurso del tiempo. En este documento se examina la forma de pensamiento del lenguaje químico, desde el punto de vista experimental y teórico, incluyendo un contexto filosófico-matemático sobre las contribuciones de Lavoisier en su obra. De igual manera, se explora el método científico como de las herramientas fundamentales del conocimiento, que de cierto modo llevaron a este científico a la elaboración de su tratado. Finalmente, bajo las observaciones sistemáticas y detalladas de su obra, se resalta el análisis cuantitativo y la veracidad epistemológica de la química en el tiempo.

Palabras claves: observación; modelo físico; epistemología; lenguaje matemático; constructivismo; estructuralismo.

Información Adicional:

El siguiente trabajo fue publicado en la Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia RCFC en el Vol. 20, N°41 (2020) de la Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia.

DOI: <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41.3384>

Comportamiento de fases en alta presiones de sistemas Dióxido de carbono + Parafinas: Estudio experimental y termodinámico

Autor (es)

Wilfred A. G. Jaramillo ^{a, b, c, *}, Paulo Couto ^{c, d}, Papa M. Ndiaye ^{a, b, e, **}, Frederico. W. Tavares ^{a, b, e}

^a Programa de Ingeniería de Procesos Químicos y Bioquímicos- Escuela de Química, Universidad Federal de Rio de Janeiro, CEP: 21949-900, RJ, Brasil

^b Laboratorio de Termodinámica Aplicada y Simulación Molecular, Universidad Federal de Rio de Janeiro, CEP: 21949-900, RJ, Brasil

^c Laboratorio de Recuperación Avanzada de Petróleo, Universidad Federal de Rio de Janeiro, CEP 21941-594, RJ, Brasil

^d Programa de Ingeniería Civil /COPPE - Universidad Federal de Rio de Janeiro, CEP: 21949-972, RJ, Brasil

^e Programa de Ingeniería Química /COPPE – Universidad Federal de Rio de Janeiro, CEP: 21949-972, RJ, Brasil

Contacto Autor: *wilfredjara@gmail.com / **papa@eq.urfj.br

Resumen

A nivel mundial, la industria del petróleo y el gas representa aproximadamente el 55% de la demanda total de energía. El área de pre-sal perteneciente a Brasil es una de las zonas de reservorios con altos desafíos técnicos como la producción en aguas profundas, alta relación gas-petróleo y alto contenido de CO₂ que pueden alcanzar los 50% molar. Además, los relacionados con el aseguramiento del flujo en las líneas de producción como la formación de hidratos, asfáltenos y parafinas. Así el estudio de sistemas parafínicos con altos contenidos de CO₂ es relevante para la industria y una mejor comprensión de estos sistemas complejos. Por tanto, este trabajo tiene como finalidad la determinación de diagramas de fases en sistemas de parafinas sintéticas + CO₂ en alta presión utilizando técnicas experimentales como detención visual por medio de celdas PVT y calorimetría de barrido diferencial (DSC). La Figura 1 muestra el diagrama P-T para el sistema CO₂ + Dodecano + parafina, que presenta SLE (equilibrio sólido-líquido), SVLE (equilibrio sólido-vapor-líquido), VLE (equilibrio vapor-líquido) y LLE (equilibrio líquido-líquido). Estos comportamientos de fase pueden ocurrir en condiciones típicas de reservorios pre-sal.

Palabras claves

Dióxido de Carbono, Alta pressão, Parafinas, DSC, Celda PVT.

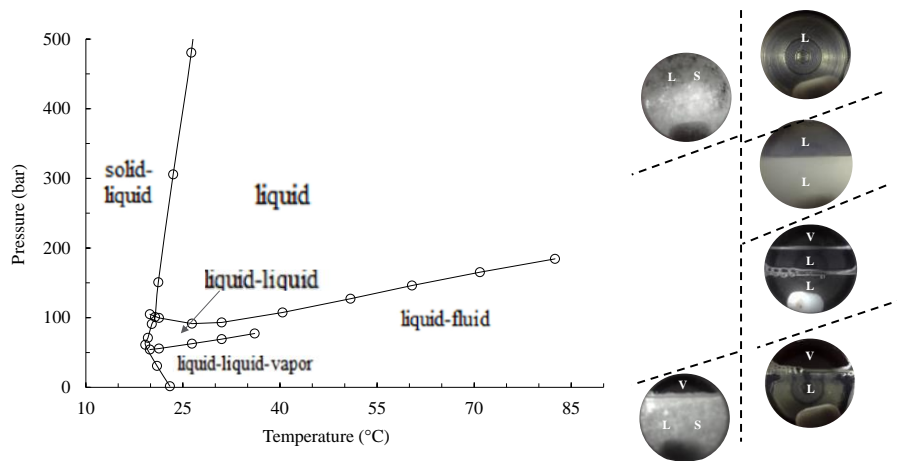


Figura 1. Diagrama P-T del sistema CO₂ + Dodecano + Parafina (H01 Pre-salt).

Bibliografía

- [1]. Ana P.P. Simoncelli, Wilfred Gómez, Rafael M. Charin, Felipe P. Fleming, Papa M. Ndiaye, Frederico W. Tavares (2020). Phase behavior of systems with high CO₂ content: Experiments and thermodynamic modeling. *Fluid Phase Equilibria*, 515, pp. 112574
- [2]. Wilfred A.G. Jaramillo, Vinicius M. da Silva, Rafael P. do Carmo, Arthur J.O. Braga, Papa M. Ndiaye, Frederico.W. Tavares (2020). Experimental high-pressure phase equilibria of carbon dioxide/n-alkanes mixtures and model-parameters for solid-phase obtained from DSC thermograms. *Fluid Phase Equilibria*, 526, pp. 112802.
- [3]. Arthur J.O. Braga, Papa M. Ndiaye, Frederico.W. Tavares (2021). A new high-pressure cell for equilibrium measurements of systems with fluid and solid phases. *Journal of Supercritical Fluids*, 179, pp. 105420.

Efecto de la Incorporación de Nanocargas Laminares de Montmorillonita Sobre la Cinética, Propiedades Mecánicas y Degradación Térmica de un Sistema Epoxi Amina Mezclado con Poliétilenglicol (PEG).

Alexander Luna Cortés^{1*}, Fabio A. Mesa Rueda¹, Alneira Cuellar Burgos²

1: Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional sede Manizales, Colombia

2: Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, Universidad Nacional sede Manizales, Colombia

La importancia ingenieril de los materiales compuestos es alta ya que se combinan las propiedades y beneficios de los materiales constituyentes cuando se diseña y se fabrica correctamente el material compuesto. Numerosos esfuerzos científicos son llevados a cabo durante las últimas décadas con el fin de configurar nuevos materiales capaces de suplir necesidades en diferentes campos industriales e ir a la vanguardia con los constantes cambios y desarrollos de la humanidad. Los materiales a base de resinas epóxicas, ofrecen buenas propiedades integrales como rigidez alta y resistencia mecánica, resistencia química alta y estabilidad térmica, facilidad de procesamiento y resistencia adhesiva alta. Sin embargo, estos materiales presentan fragilidad cuando son sometidos a esfuerzos altos lo que limita su campo de aplicación. En esta investigación se incorpora un modificante tipo poliéter y nanocargas laminares de arcillas tipo montmorillonita a una matriz epóxica tipo DGEBA con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y térmicas de material convencional y así reducir su fragilidad. A través de análisis termogravimétrico TGA y por calorimetría diferencial de barrido DSC se obtiene que las arcillas y poliéter deterioran levemente la estabilidad térmica mientras a su vez mejoran las propiedades de tracción del material. La difracción de rayos X (XRD) se usa como técnica de análisis en nanocompuestos preparados por polimerización in situ con y sin poliétilenglicol. Los nanocompuestos, las arcillas puras y la reacción de entrecruzamiento del polímero convencional fueron caracterizadas por espectroscopia de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR). La morfología de los materiales modificados se observa por microscopia electrónica de barrido (SEM), la influencia de las arcillas y el poliéter en los parámetros cinéticos de curado se obtiene a través de una derivación del modelo de Kamal y Sorour con control difusional a través de un análisis por DSC.

DISEÑO DE UN TRATAMIENTO DE BIORREMEDIACIÓN PARA LA DEGRADACIÓN DE ACEITES DIELÉCTRICOS (PCB'S) PRESENTES EN SUELO CONTAMINADO POR DERRAMES ACCIDENTALES VIA SILOS-BABEGA.

Autor (es)

Miguel Andrés Rojas Pabón, Instituto Tecnológico de Aguascalientes, mianropabon@hotmail.com, Colombia.

Alvaro Villamizar Villamizar, Universidad de Pamplona, aevillamizar@unipamplona.edu.co, Colombia.

Angela Cajiao, Universidad de Pamplona, angelacajiao@unipamplona.edu.co, Colombia.

Resumen (debe contener uno en español)

Los bifenilos policlorados (BCP'S) están en el grupo de contaminantes orgánicos persistentes por ser altamente recalcitrantes y tóxicos para el medio ambiente. Si bien su producción fue prohibida hace mucho tiempo, aún persisten en el medio ambiente y representan un grave problema ambiental¹. Los BCP's, son compuestos presentes en el aceite dieléctrico, usado generalmente como aislante térmico en transformadores de las subestaciones eléctricas. Cuando se desgasta este aceite, el transformador genera un derrame que contamina el suelo que lo rodea; formando residuos con efecto adverso sobre la salud humana. En el presente estudio se realizó la biorremediación de suelo contaminados con aceites dieléctricos evaluando las tecnologías de bioestimulación y abono suplementado con *Trichoderma spp*, utilizando sustratos estándar como base de nutrientes necesarios para los microorganismos. Asimismo, se llevó a cabo el estudio de la actividad enzimática para poder confirmar el crecimiento microbiano y la degradación de los bifenilos policlorados efectuando un análisis de las enzimas dioxigenasa catecol, catalasa, y deshidrogenasa donde se evidenció la efectividad de utilizar abono suplementado con *Trichoderma spp* debido a que esta especie de hongo tiene alta producción de enzimas lo que favorece su actividad y la biorremediación.

Palabras claves (en español)

Biorremediación, Abono tipo bocashi, actividad enzimática.

Bibliografía

1. Čvančarová M, Křesinová Z, Filipová A, Covino S, Cajthaml T. Biodegradation of PCBs by ligninolytic fungi and characterization of the degradation products. *Chemosphere*. 2012;88(11):1317-1323. doi:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2012.03.107.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LA CASCARILLA DE ARROZ CULTIVADO EN NORTE DE SANTANDER PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL

Autor (es)

Daissy Lorena Restrepo Serna, Universidad Nacional de Colombia, dlrestrepos@unal.edu.co

Jacqueline Corredor Acuña^a, Universidad de Pamplona, jacqueline.corredor@unipamplona.edu.co

Alejandra Cacia Silva^a, Universidad de Pamplona, alejandra.cacia@unipamplona.edu.co

Ana Gabriela Vejar Guereda^a, Universidad de Pamplona, ana.vejar@unipamplona.edu.co

^aGrupo de Investigación en Ingeniería Química, semillero SINVINQ, Universidad de Pamplona

Resumen

Norte de Santander es principalmente un departamento de elevada producción agrícola, productos que destacan por los residuos que generan, ya que por su composición tienen un alto potencial de transformación en productos de valor agregado. Sin embargo, hasta ahora no se llevan a cabo procesos de transformación que conduzcan a un mejor aprovechamiento de los residuos agrícolas de la región, concretamente, se puede mencionar la cascarilla de arroz obtenida del proceso de molienda del grano de arroz¹. Sin duda, la cascarilla de arroz es una materia prima promisoriosa para la obtención de productos derivados de procesos de fermentación utilizando glucosa, entre estos productos se encuentran biocombustibles como el bioetanol, alcohol que se ha proyectado promisoriamente para sustituir a los combustibles fósiles^{2,3}.

Este trabajo se propuso obtener bioetanol a partir de cascarilla de arroz del departamento de Norte de Santander realizando una evaluación experimental que constó de cinco etapas principales: caracterización de la materia prima, pretratamiento físico-químico, hidrólisis enzimática, fermentación y separación-purificación de bioetanol.

Los principales resultados que se pueden citar son: La cascarilla presentó una composición del 30.60% de celulosa, este compuesto fue el principal y del que es posible obtener azúcares fermentables para la producción de bioetanol. Sin embargo, al considerar los aspectos económicos del proceso se determinó que éste requiere tratar 10 toneladas por hora para rendir una ganancia del 42.93%, por tanto, si el departamento mismo no puede asegurar este flujo de cascarilla al proceso se debe analizar una cadena de suministro que permita suplir dicha demanda de materia prima. Otra alternativa que se puede considerar es la disminución de los costos de producción para escalas menores, es así que considerando que una de las etapas más costosas es la hidrólisis enzimática por el costo de la enzima, se deberían evaluar otro tipo de catalizadores que permitan obtener el mismo producto con un costo de producción más bajo. Por último, el impacto ambiental de este proceso puede ser mitigado o en su defecto disminuir su impacto si se consideran otras alternativas de pretratamiento que destaquen por ser económicas y eficientes.

Palabras claves (en español)

Caracterización, pretratamiento, hidrólisis, fermentación, purificación.

Bibliografía

1. Cacia, A., Gélvez, J. J., Rodríguez, D., & Parra, J. W. (2017). Obtención de bioetanol mediante la fermentación alcohólica de jarabes glucosados de la cascarilla de arroz. Primer Congreso Internacional de Biotecnología.
2. Medina-Morales, M. A., Lara-Fernández, L., Aguilar, C. N., & de la Garza-Toledo, H. (2011). Aprovechamiento de materiales lignocelulósicos para la producción de etanol como carburante. *Acta Química Mexicana*, 3(6), 35–41. Retrieved from <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/Documentos/AQM/AQM6/Art 4.pdf>
3. Monsalve G., J. F., Medina de Pérez, V. I., & Ruiz Colorado, A. A. (2006). Ethanol production of banana shell and cassava starch. *Dyna*, 150, 21–27.

HIDRÓGENO COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE, MÉTODOS DE PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y APLICACIONES EN LA INDUSTRIA. REVIEW

Yuliana Alexandra Nieto Puentes^{1,2}, Carlos Mauricio Rincón Gutierrez¹, Jeniffer Katerine Carrillo
Gómez², Cristhian Manuel Durán Acevedo².

¹Semillero sistemas multisensoriales, Adquisición de Datos y reconocimiento de patrones, Universidad de Pamplona.

²Semillero de diseño, control y optimización de procesos

Yuliana.nieto@unipamplona.edu.co, carlos.ricon@unipamplona.edu.co Universidad de Pamplona.

³Grupo de investigación de sistemas multisensoriales y reconocimiento de patrones, jeniffer.carrillo@unipamplona.edu.co, cmduran@unipamplona.edu.co. Universidad de Pamplona.

⁴Grupo de investigación en ingeniería química, ana.rosso@unipamplona.edu.co. Universidad de pamplona.

Resumen

En este trabajo se realiza una recopilación del estado del arte de los principales métodos de producción, almacenamiento, así como de las principales aplicaciones del hidrogeno en el sector energético. En primer lugar, se contextualiza la situación de la demanda energética actual la cual ha aumentado de manera exponencial y en las próximas décadas seguirá aumentando sustancialmente debido al crecimiento proyectado de la población y el desarrollo económico e industrial de los países desarrollados y en vía desarrollo, se prevé que la demanda mundial de energía tendrá un crecimiento en consumo del 1.2% anual y se espera que alcance los 18.900 millones de TEP (toneladas equivalentes de petróleo) para el 2040[1]. Actualmente el 80% del consumo de energía primaria del planeta se obtiene a partir de combustibles fósiles como el carbón, petróleo y gas, los cuales han impulsado las economías durante más de 150 años[2]; sin embargo el uso continuo de combustibles fósiles no es sostenible debido a su limitada disponibilidad con el tiempo y por el aumento de la contaminación ambiental en el mundo debido a la emisión continua de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes del aire, incluido el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), material particulado y compuestos orgánicos volátiles (formaldehído y el benceno)[1].

La solución energética ofrecida por el hidrógeno ha aumentado su popularidad en los últimos años ya que es una fuente de energía limpia que se puede utilizar en lugar de combustibles fósiles, debido a su mayor contenido energético (141,65MJkg⁻¹) [3] y menor impacto ambiental [4]. Estadísticamente el hidrogeno proporciona entre 2 y 3 veces más energía por unidad de masa que la gasolina y otros combustibles alternativos como el biodiésel, el metanol, el etanol, el gas natural y el gas licuado de petróleo [5].

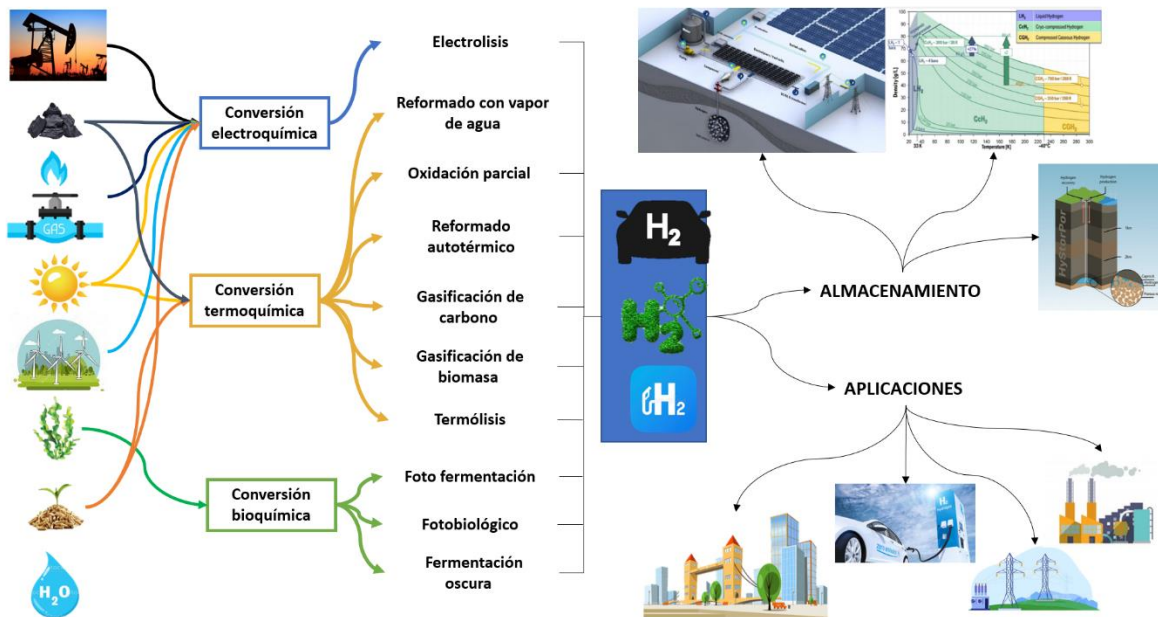
Actualmente la producción de hidrogeno a nivel mundial tiene una tasa anual de 70 millones de toneladas de las cuales el 48% proviene del gas natural, 30 % del reformado de petróleo, 18 % de carbón y un 4% electrólisis. Con la implementación de fuentes de energía libres de carbono para sustituir las fuentes fósiles se espera que a partir de estos métodos de obtención el costo de producción de hidrógeno se reduzca, resultando ser crucial para el desarrollo de la economía del

hidrógeno; donde los principales productores a nivel mundial son Japón considerado como el líder mundial, estados Unidos, Corea del sur y China [6].

El hidrogeno puede emplearse como combustible en vehículos, producir calor y electricidad para usos industriales y domésticos; este también puede ser almacenado bajo tierra en grandes cantidades durante mucho tiempo para ser empleado cuando sea necesario. El hidrógeno podría almacenarse en campos de gas, pero hay poca experiencia con esta opción, actualmente existen tres proyectos piloto de almacenamiento de hidrogeno subterráneo:

- Hystock (países bajos): prueba de almacenamiento de hidrogeno puro en cavernas de sal
- Sun storage, RAG (Austria): almacenamiento de hidrógeno puro y mixto en campos de gas; metanización subterránea utilizando combinaciones H2 y CO2 de inyección
- Hychico (Argentina): almacenamiento de hidrógeno puro y mixto en campos de gas; metanización subterránea utilizando combinaciones H2 y CO2 de inyección

Pero estos sitios no se han probado para ver si el hidrógeno se puede inyectar y extraer rápidamente a medida que varían el viento y la luz solar con el fin de proporcionar flexibilidad en el sistema energético para apoyar la producción y el consumo de energía variable como la eólica, solar y de calefacción, aumentando la eficiencia de las energías renovables en el mix energético final.[7]



Palabras claves

Revisión bibliográfica, hidrogeno, métodos de obtención, almacenamiento subterráneo, energías renovables.

Bibliografía

[1] S. Kant Bhatia *et al.*, "Trends in renewable energy production employing biomass-based biochar," *Bioresour. Technol.*, vol. 340, p. 125644, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.BIORTECH.2021.125644.

- [2] J. Yoon, Y. Sun, and J. A. Rogers, "Flexible Solar Cells Made of Nanowires/Microwires," *Semicond. Nanomater. Flex. Technol. From Photovoltaics Electron. to Sensors Energy Storage*, pp. 159–196, Jan. 2010, doi: 10.1016/B978-1-4377-7823-6.00006-4.
- [3] D. Feng *et al.*, "Progress of graphene and loaded transition metals on Mg-based hydrogen storage alloys," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 46, no. 67, pp. 33468–33485, Sep. 2021, doi: 10.1016/J.IJHYDENE.2021.07.155.
- [4] S. E. Hosseini and M. A. Wahid, "Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: Promising green energy carrier for clean development," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 57, pp. 850–866, May 2016, doi: 10.1016/J.RSER.2015.12.112.
- [5] C. Tarhan and M. A. Çil, "A study on hydrogen, the clean energy of the future: Hydrogen storage methods," *J. Energy Storage*, vol. 40, p. 102676, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.EST.2021.102676.
- [6] "El futuro del hidrógeno - Análisis - IEA." <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen> (accessed Nov. 09, 2021).
- [7] "Proving the viability of underground hydrogen storage – Analysis - IEA." <https://www.iea.org/articles/proving-the-viability-of-underground-hydrogen-storage> (accessed Nov. 09, 2021).

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA CELDA DE COMBUSTIBLE MICROBIANA DE INTERCAMBIO PROTÓNICO PARA LA DEPURACIÓN DE EFLUENTES RESIDUALES DE PAMPLONA, LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y ELECTRICIDAD

Yuliana Alexandra Nieto Puentes^{1,2}, Dayan Diomedes Cardenas Niño^{1,2}, Jeniffer Katherine Carrillo Gómez³, Cristhian Manuel Durán Acevedo³, Ana Maria Rosso Cerón⁴.

¹Semillero sistemas multisensoriales, Adquisición de Datos y reconocimiento de patrones, Universidad de Pamplona.

²Semillero de Diseño, control y optimización de procesos

Yuliana.nieto@unipamplona.edu.co, dayan.cardenas@unipamplona.edu.co Universidad de Pamplona.

³Grupo de investigación de sistemas multisensoriales y reconocimiento de patrones, jeniffer.carrillo@unipamplona.edu.co, cmduran@unipamplona.edu.co. Universidad de Pamplona.

⁴Grupo de investigación en ingeniería química, ana.rosso@unipamplona.edu.co. Universidad de pamplona.

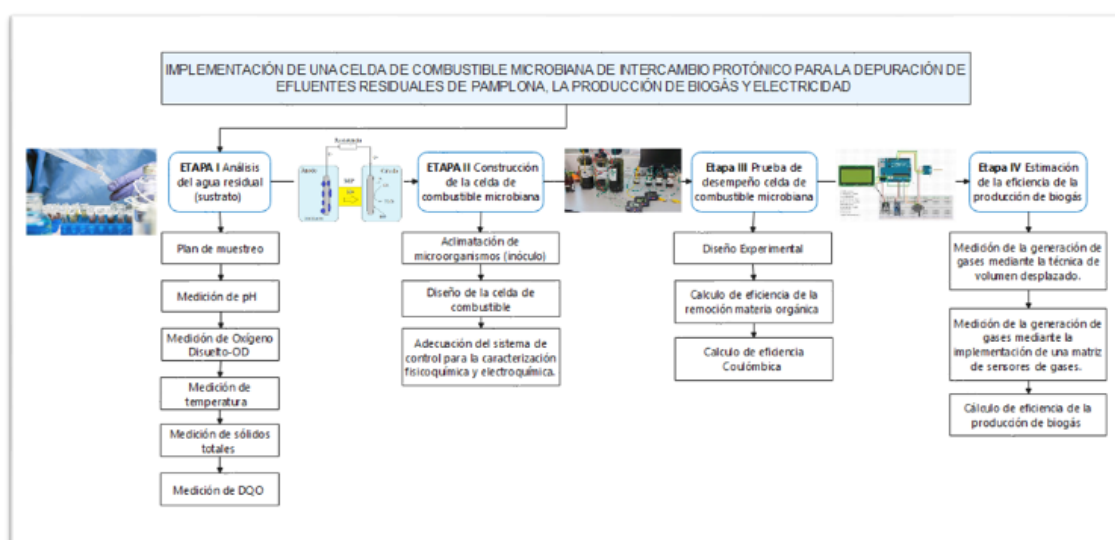
Resumen

El indicador de desarrollo de un país es impartido por la capacidad de industrialización de sus actividades económicas, sin embargo, este desarrollo tiene un precio y sus efectos ambientales no se han hecho esperar, con un aumento en la demanda de energía y agotamiento de recursos vitales siendo el agua uno de los más afectados desencadenando la generación de grandes volúmenes de aguas residuales [1] (contaminadas) y convirtiéndose en un problema de impacto global, a lo que se suma políticas ambientales insuficientes, entes de control deficientes y métodos de prevención y corrección muchas veces inexistentes para disminuir los efectos provocados por el creciente aumento en la industrialización. La descarga de estas aguas en efluentes con niveles anormales de carga química no solo afecta el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, sino que también de forma directa se convierte en un problema de salud pública en donde es uno de los principales causantes de enfermedades gastrointestinales (EDA) [2]. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la crisis energética global ha estimulado el desarrollo de diversas formas de tecnologías de energía verde, como las celdas de combustible microbianas (CCM), que se pueden aplicar de forma sinérgica y simultánea al tratamiento de aguas residuales y la generación de bioenergía, abordando dos problemáticas mundiales.

Las CCM son una tecnología emergente para extraer energía directamente de las aguas residuales a través del metabolismo de microorganismos, de hecho, las CCM son biorreactores que aprovechan la energía de biomasa de las aguas residuales en energía eléctrica, además de gases combustibles producidos durante las reacciones. Las CCM emplean microorganismos como biocatalizadores para catalizar las reacciones de oxidación y reducción que ocurren en el compartimiento del ánodo y del cátodo. Al oxidar los sustratos, los microorganismos generan protones, electrones y la transferencia de electrones hacia el cátodo generan electricidad. Muchos investigadores han mostrado interés en la tecnología de CCM, ya que esta tecnología tiene el potencial de resolver simultáneamente los problemas de agotamiento natural y contaminación del agua, además presentan ventajas como bajo costo, mitigación en los impactos ambientales relacionados con gases de efecto invernadero y la producción de lodos en comparación con los métodos de tratamiento convencional de aguas residuales [3].

Por lo anterior, el objetivo principal de esta investigación es la construcción e implementación de un prototipo de CCM automatizada para la generación de energía, depuración de las aguas residuales provenientes del municipio de Pamplona, Norte de Santander y adicionalmente se llevará a cabo un monitoreo y control de emisiones de gases entre ellos el metano (CH₄) con el fin de evaluar su uso como una alternativa de energía renovable. Cabe mencionar que actualmente el municipio no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales y estas son vertidas al río Pamplonita sin tratamiento alguno, por lo tanto, se pretende desarrollar un prototipo de celda de combustible que pueda ser validado con métodos tradicionales con el fin de posteriormente ser implementado a gran escala en el municipio de Pamplona.

En la siguiente figura se puede observar la secuenciación de la propuesta de diseño de la celda para su posterior aplicación, todo esto en base a una previa caracterización de más muestras de las aguas residuales del municipio de Pamplona.



Palabras claves

Industrialización, demanda energética, aguas residuales, impacto ambiental, pilas de combustible microbianas, prototipo.

Bibliografía

- [1] “¿Cuánta agua residual se trata en Bogotá? » Observatorio Ambiental de Bogotá.” <https://oab.ambientebogota.gov.co/cuanta-agua-residual-se-trata-en-bogota/> (accessed Oct. 12, 2021).
- [2] “Situación de la Enfermedad diarreica aguda en Colombia,” Accessed: Oct. 12, 2021. [Online]. Available: https://www.ins.gov.co/buscar-eventos/BoletinEpidemiologico/2020_Boletin_epidemiologico_semana_20.pdf.
- [3] P. Choudhury, R. Narayan Ray, O. Nath Tiwari, T. Kanti Bandyopadhyay, M. Muthuraj, and B. Bhunia, “Strategies for improvement of microbial fuel cell performance via stable power generation from real dairy wastewater,” *Fuel*, vol. 288, p. 119653, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.FUEL.2020.119653.
- [4] T. González, J. Puigagut, and G. Vidal, “Organic matter removal and nitrogen transformation by a constructed wetland-microbial fuel cell system with simultaneous bioelectricity generation,” *Sci. Total Environ.*, vol. 753, p. 142075, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2020.142075.

[5] X. Huang et al., "Role of electrode materials on performance and microbial characteristics in the constructed wetland coupled microbial fuel cell (CW-MFC): A review," *J. Clean. Prod.*, vol. 301, p. 126951, Jun. 2021, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.126951.

Remoción de metales pesados presentes en soluciones sintéticas por medio de un método electroquímico.

1. Autores

Jhon A. Pulido Aguilar.¹ Jacqueline Corredor Acuña.²

1. Estudiante del programa de Ingeniería Química; Universidad de Pamplona-Colombia; Grupo de Investigación SINVINQ; jhon.pulido@pamplona.edu.co
2. Directora del programa de Ingeniería Química; Universidad de Pamplona-Colombia; Grupo de Investigación SINVINQ; jacqueline.corredor@unipamplona.edu.co

2. Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar el método electroquímico para la remoción de Cu^{+2} que se encuentra presente en soluciones sintéticas. Para la adaptación de la celda electrolítica se utilizó un vaso de precipitado de aproximadamente 600mL y la base fue hecha en acrílico la cual permite que la solución tenga un buen proceso de agitación; la capacidad de la celda es de 400mL y se trabajó con electrodos de zinc como cátodo y aluminio como ánodo. Las soluciones sintéticas trabajadas fueron de sulfato de cobre pentahidratado en agua destilada, utilizando también NaCl al 2M para el proceso electrolítico; la concentración de las soluciones fue de 0,05M; se utilizó tres tiempos diferentes y también se agitó durante 20 minutos, 40 minutos y 60 minutos. Logrando obtener a mayor tiempo la solución apropiada en términos de apariencia y mayor remoción.

Posteriormente del proceso de agitación se aplica la filtración para separar los residuos que se generan en la celda electrolítica; el principal residuo generado es el óxido de cobre (I) que tiene una apariencia de color rojo oscuro. Se evaluaron parámetros como el pH, tiempo, concentración, y principalmente se llevó la muestra al espectrómetro, empleando como indicador colorimétrico la sal monosódica de Zincón, que ayuda en la determinación espectrofotométrica de zinc, mercurio y cobre.

3. Palabras claves

Celda electrolítica, electrodos, espectrofotometría, tratamiento de agua, recubrimiento.

4. Bibliografía

Gil Solano, J. C. (2012). TRATAMIENTO ELECTROQUIMICO PARA LA REMOCION DE METALES PESADOS EN RESIDUOS LIQUIDOS PELIGROSOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA. Repositorio Digital Univalle. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7642/7720-0445648.pdf?sequence=1>

Camargo Ortiz, J. P. (2015). REMOCIÓN DE METALES PESADOS PRESENTES EN AGUAS RESIDUALES A TRAVÉS DEL PROCESO DE ELECTROCOAGULACIÓN. RI UMNG Principal. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/7473/REMOCIÓN%20DE%20ME>

TALES%20PESADOS%20PRESENTES%20EN%20AGUAS%20RESIDUALES%20A%20TRAVÉS%20DE
L%20PROCESO%20DE%20ELECTROCOAGULACIÓN.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Abreu Cuadra, R. L. (2017, 4 de abril). Evaluación de la electrocoagulación en el tratamiento de agua potable. Sistema de Información Científica Redalyc, Red de Revistas Científicas. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86351157005.pdf>

Acosta Niño, G. E. (2010, 28 de mayo). SISTEMA DE ELECTROCOAGULACIÓN COMO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GALVÁNICAS. SciELO Colombia- Scientific Electronic Library Online. <http://www.scielo.org.co/pdf/cein/v20n1/v20n1a03.pdf>

Pinturas alquídicas con óxido de hierro y fosfato como pigmentos anticorrosivos para la protección de acero.

Autor (es)

Carlos Alberto Vera Castillo
Estudiante de Ingeniería Química.
Grupo de Investigación en Ingeniería Química, Grupo IQ.
Universidad de Pamplona, Colombia.
Correo electrónico: veracastillocarlosalberto@gmail.com

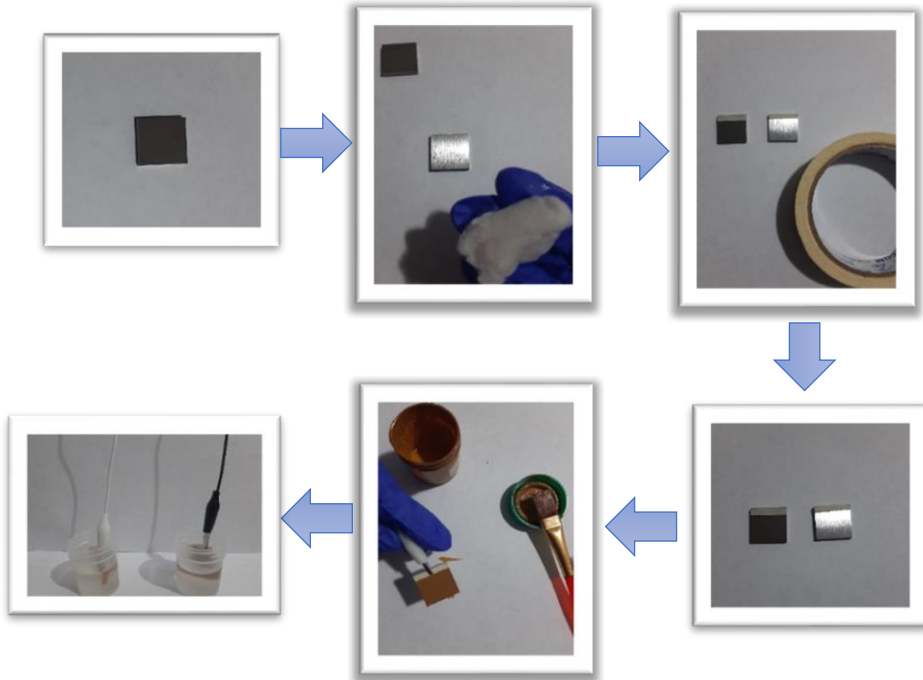
Carlos Sebastián Rosado Jaimes
Estudiante de Ingeniería Química.
Grupo de Investigación en Ingeniería Química, Grupo IQ.
Universidad de Pamplona, Colombia.
Correo electrónico: carlos.rosado@unipamplona.edu.co

Dra. Jacqueline Corredor Acuña
Directora del Programa de Ingeniería Química.
Grupo de Investigación en Ingeniería Química, Grupo IQ.
Universidad de Pamplona, Colombia.
Correo electrónico: jacqueline.corredor@unipamplona.edu.co

Resumen

El presente proyecto de investigación consiste en la elaboración de pinturas anticorrosivas a base de pigmentos de fosfato y óxidos para la protección del acero. Previamente se realizó una búsqueda bibliográfica que permitió tener referentes de estudios similares para comparar los procedimientos de formulación de pinturas anticorrosivas reportados para seleccionar el método más conveniente para la investigación. Se procedió a realizar la formulación de las pinturas, empleando pigmentos que incluían dióxido de titanio, óxido de hierro y fosfato de zinc. La resina utilizada fue resina alquídica, el disolvente utilizado fue tolueno, los aditivos empleados incluían secantes, agentes anti sedimentación, agentes humectantes y agentes de dispersión y dispersantes.

Se realizó una formulación con fosfato de zinc y otra sin fosfato de zinc, que se molieron durante 24 horas con el objetivo de evitar la formación de sedimentos y coloides, cuando se añade el agente disolvente. Una vez molidos por 24 horas se añadieron 2,5 gramos de tolueno y se procedió a agitar por 24 horas con el objetivo de homogenizar la mezcla, debido a que el tolueno se evapora a temperatura ambiente no se puede realizar un procedimiento de mezclado a menos que sea en ambiente cerrado y finalmente, se realizó el proceso de recubrimiento y evaluación en medio de solución de cloruro de sodio.



Con la pintura preparada se procedió a pintar las placas de acero al carbono, 2 placas fueron pintadas con la formulación con fosfato de zinc y otras 2 sin fosfato de zinc, este procedimiento se realizó dos veces en cada placa con un margen de 24 horas entre cada aplicación. Finalmente, se hizo un ensayo de evaluación de la formulación anticorrosiva propuesta en las cuatro placas pintadas y en las dos sin pintar, que consistió en sumergir las placas en una solución de NaCl 3M para comprobar sus propiedades anticorrosivas. Los resultados demostraron que la pintura formulada protegió del medio salino corrosivo al acero.

Palabras claves (en español)

Pigmentos, Inhibidores de corrosión, pinturas.

Bibliografía

- Abd El-Ghaffar, M. A., Youssef, E. A. M., & Ahmed, N. M. (2004). High performance anticorrosive paint formulations based on phosphate pigments. *Pigment & resin technology*.
- Noriega, M. E., Flores, S. E., & Caprari, J. J. (2004). Formulación y comportamiento de pinturas anticorrosivas acrílicas base agua. *Revista de Química*, 18(1), 3-6.
- Roselli, S. N. (2016). Pinturas anticorrosivas con compuestos de tierras raras para la protección del acero (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Roselli, S. N., Revuelta, M. V., Deyá, M. C., & Romagnoli, R. (2014). Pinturas anticorrosivas inteligentes: una alternativa eco-amigable para la protección del acero. In XIV Congreso Internacional de Metalurgia y Materiales (SAM-CONAMET/IBEROMAT-MATERIA) (Santa Fe, 21 al 24 de octubre de 2014).

Caracterización teórica de las técnicas de la ciencia de datos e inteligencia artificial implementadas en el campo de la ciencia e ingeniería de los materiales: oportunidades, descubrimientos e innovación

Autor (es)

Andrés Felipe Sierra Álvarez

Ana María Rosso Cerón

Resumen

La toma de decisiones a partir de datos a estado irrumpiendo en nuestra vida diaria y las ciencias e ingenierías no son ajenas a ello. El desarrollo de materiales con métodos tradicionales como el de ensayo y error o el método basado en la teoría del funcional de la densidad (DFT) presentan largos ciclos de desarrollo, baja eficiencia y elevados costos, a esta problemática se plantea cómo solución emplear la ciencia de datos e inteligencia artificial debido a su bajo coste computacional y, por ende, su corto ciclo de desarrollo. El uso de estas herramientas permitió la mejora de materiales existentes, brindando un alto rendimiento de predicción para la detección, análisis y diseños de los materiales; ocasionando un crecimiento en el número de proyectos e infraestructuras de materiales. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar las técnicas de ciencia de datos e inteligencia artificial usadas para predecir propiedades, brindar nuevos descubrimientos e innovación a la ciencia e ingeniería de los materiales.

Palabras claves

Ciencia de materiales, ingeniería de materiales, ciencia de datos, inteligencia artificial.

Bibliografía

- Austin, T. (2016). Towards a digital infrastructure for engineering materials data. *Materials Discovery*, 3, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.MD.2015.12.003>
- Liu, Y., Zhao, T., Ju, W., Shi, S., Shi, S., & Shi, S. (2017). Materials discovery and design using machine learning. *Journal of Materiomics*, 3(3), 159–177. <https://doi.org/10.1016/j.jmat.2017.08.002>
- Morgan, D., & Jacobs, R. (2020). Opportunities and Challenges for Machine Learning in Materials Science. *Annual Review of Materials Research*, 50, 71–103. <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-070218-010015>
- Wei, J., Chu, X., Sun, X., Xu, K., Deng, H., Chen, J., Wei, Z., & Lei, M. (2019). Machine learning in materials science. *Wiley Interdisciplinary Reviews*, 1(3), 338–358. <https://doi.org/10.1002/inf2.12028>

Estudio del potencial adsorbente del endocarpio de aguacate en la remoción de colorantes disueltos en agua potable

David Triana, Jacqueline Corredor, José H. Quintana

Semillero de investigación en Ing. química; Programa de ingeniería química
Universidad de Pamplona, Colombia

Datos de contacto david.triana@unipamplona.edu.co, jacquelinecorredor@yahoo.com,
jhquintanam@unipamplona.edu.co

Resumen

La adaptación y potabilización del agua son tareas costosas y difíciles, debido al grado de contaminación ambiental. El desarrollo de plantas de tratamiento de aguas residuales ha permitido hacer frente a esta problemática acoplando técnicas fisicoquímicas, para abastecer agua con alta calidad.¹⁻² Dentro de estas técnicas la adsorción se ha utilizado para eliminar metales pesados³, colorantes⁴⁻⁵ y contaminantes emergentes⁶⁻⁷, alterando condiciones de trabajo como la superficie del adsorbente, su relación con el adsorbato, la temperatura y el pH. Esta técnica ha provocado el desarrollo y evolución de carbones activados a base de residuos orgánicos, potenciando su eficiencia y manteniendo su rentabilidad.

Según reporta la literatura, a fin de encontrar biosorbentes, se ha estudiado un sinnúmero de recursos en los que se clasifican: algas, brotes, múltiples cascaras⁸ e incluso partes de animales como plumas y huesos⁹⁻¹⁰ llevando a cabo ensayos en crudo o sintetizando carbones activos mediante procesos hidrotérmicos. Hay reportes sobre la remoción por adsorción de los contaminantes mencionados, empleando el exocarpio¹¹ y la semilla del aguacate¹², ya que son las partes prominentes del mismo, pero se desconoce el potencial que tiene el endocarpio, pues también ha de tener ácidos fenólicos, flavonoides y procianidinas como el resto del fruto¹³.

Por lo mismo, este estudio preliminar se centró en exponer cualitativamente el potencial de adsorción que puede llegar a tener el endocarpio del aguacate. Para esto se empleó azul de metileno y violeta de genciana, con el fin de producir muestras a tratar con el adsorbente. Primero se prepararon series de diluciones del tinte y del colorante con pequeñas variaciones en la concentración, de las cuales se tomaron alícuotas con un volumen determinado y se aplicó el mismo peso de adsorbente. Con esto se pudo determinar un potencial de adsorción de 0,32 mg de adsorbato/gramo de adsorbente para el violeta de genciana y de 0,64 mg de adsorbato/ gramo de adsorbente para el azul de metileno. Posteriormente se empleó este dato y se realizó el mismo ensayo, pero escalado a mayores concentraciones. A futuro se espera mitigar los errores por variables externas, así como mejorar las cualidades del adsorbente ya que mediante un tratamiento hidrotérmico se pueden remover contaminantes, taninos y de más, así como elevar su potencial.

Palabras claves (en español)

Adsorción, Biosorbente, Colorantes, Endocarpio de aguacate, Tratamiento de aguas

Bibliografía

1. B. Senthil Rathi, P. Senthil Kumar, Dai-Viet N. Vo, Critical review on hazardous pollutants in water environment: Occurrence, monitoring, fate, removal technologies and risk assessment, *Science of The Total Environment*, Volume 797, 2021, 149134, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149134>.
2. Keshu, Manviri Rani, Jyoti Yadav, Meenu, Sudha Chaudhary, Uma Shanker, An updated review on synthetic approaches of green nanomaterials and their application for removal of water pollutants: Current challenges, assessment and future perspectives, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2021, 106763, ISSN 2213-3437, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106763>.
3. Candelario Ramón de los Santos, Juan Barajas Fernández, Germán Pérez Hernández, Miguel Ángel Hernández Rivera, Laura Lorena Díaz Flores, Adsorción de cobre (II) y cadmio (II) en suspensiones acuosas de CaCO₃ biogénico nanoestructurado, *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, Volume 58, Issue 1, 2019, Pages 2-13, ISSN 0366-3175, <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.05.003>.
4. J. Oliver Paul Nayagam, K. Prasanna, Utilization of shell-based agricultural waste adsorbents for removing dyes: A review, *Chemosphere*, 2021, 132737, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132737>.
5. kshay C. Jadhav, Nilesh C. Jadhav, Chapter Ten - Treatment of textile wastewater using adsorption and adsorbents, Editor(s): Subramanian Senthilkannan Muthu, In *The Textile Institute Book Series, Sustainable Technologies for Textile Wastewater Treatments*, Woodhead Publishing, 2021, Pages 235-273, ISBN 9780323858298, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85829-8.00008-0>.
6. M. Varsha, P. Senthil Kumar, B. Senthil Rathi, A review on recent trends in the removal of emerging contaminants from aquatic environment using low-cost adsorbents, *Chemosphere*, Volume 287, Part 3, 2022, 132270, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132270>.
7. G. Prasannamedha, P. Senthil Kumar, R. Mehala, T.J. Sharumitha, D. Surendhar, Enhanced adsorptive removal of sulfamethoxazole from water using biochar derived from hydrothermal carbonization of sugarcane bagasse, *Journal of Hazardous Materials*, Volume 407, 2021, 124825, ISSN 0304-3894, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124825>.
8. Joseph Jjagwe, Peter Wilberforce Olupot, Emmanuel Menya, Herbert Mpagi Kalibbala, Synthesis and Application of Granular Activated Carbon from Biomass Waste Materials for Water Treatment: A Review, *Journal of Bioresources and Bioproducts*, Volume 6, Issue 4, 2021, Pages 292-322, ISSN 2369-9698, <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.03.003>.

9. Ayoub Abdullah Alqadami, Moonis Ali Khan, Marta Otero, Masoom Raza Siddiqui, Byong-Hun Jeon, Khalid Mujasam Batoo, A magnetic nanocomposite produced from camel bones for an efficient adsorption of toxic metals from water, *Journal of Cleaner Production*, Volume 178, 2018, Pages 293-304, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.023>.
10. Atef S. Darwish, Doaa I. Osman, Hoda A. Mohammed, Sayed K. Attia, Cuttlefish bone biowaste for production of holey aragonitic sheets and mesoporous mayenite-embedded Ag₂CO₃ nanocomposite: Towards design high-performance adsorbents and visible-light photocatalyst for detoxification of dyes wastewater and waste oil recovery, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, Volume 421, 2021, 113523, ISSN 1010-6030, <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2021.113523>.
11. Carolyn Palma, Lucia Lloret, Antonio Puen, Maira Tobar, Elsa Contreras, Production of carbonaceous material from avocado peel for its application as alternative adsorbent for dyes removal, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, Volume 24, Issue 4, 2016, Pages 521-528, ISSN 1004-9541, <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2015.11.029>.
12. Fatma Dhaouadi, Lotfi Sellaoui, Luis Enrique Hernández-Hernández, Adrián Bonilla-Petriciolet, Didilia Ileana Mendoza-Castillo, Hilda Elizabeth Reynel-Ávila, Herson Antonio González-Ponce, Sonia Taamalli, Florent Louis, Abdelmottaleb Ben Lamine, Preparation of an avocado seed hydrochar and its application as heavy metal adsorbent: Properties and advanced statistical physics modeling, *Chemical Engineering Journal*, Volume 419, 2021, 129472, ISSN 1385-8947, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129472>.
13. Norma Julieta Salazar-López, J. Abraham Domínguez-Avila, Elhadi M. Yahia, Beatriz Haydee Belmonte-Herrera, Abraham Wall-Medrano, Efigenia Montalvo-González, G.A. González-Aguilar, Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds, *Food Research International*, Volume 138, Part A, 2020, 109774, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109774>.

Evaluación del efecto de la co-inyección de vapor-flue gas como método de recobro mejorado en campos colombianos sobre la corrosión del acero al carbono API N-80.

Juan Carlos Orozco Agámez¹, Jhon Fredy Aceros Cabeza²

1. Magister en Ingeniería Química; Universidad Industrial de Santander; Grupo de Investigaciones en Corrosión; juan.orozco1@correo.uis.edu.co

2. Estudiante de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de los Materiales; Universidad Industrial de Santander; Grupo de Investigaciones en Corrosión.

5. Resumen

En Colombia, los yacimientos de crudo pesado y extrapesado localizados en la cuenca del Valle Medio del Magdalena han sido explotados mediante la técnica de inyección cíclica de vapor por más de 25 años. A partir de esta técnica de recuperación se emiten grandes cantidades de gases de combustión (CO_2 , entre otros) que generan un impacto negativo sobre la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global y además elevando los costos de restitución ambiental. Por lo anterior, se ha considerado el aprovechamiento de la energía térmica que poseen estos gases de combustión emitidos frecuentemente a la atmósfera, a partir de la captura y posterior transporte para la inyección híbrida de estos con vapor como una técnica alternativa mejorada de recuperación de petróleo. No obstante, se han evidenciado problemas asociados a la corrosión en los materiales que conforman las tuberías de producción (Tubings) y las tuberías de revestimiento (Casings) debido a la aplicación de este método.

En el presente estudio se ha evaluó el comportamiento del acero al carbono API N-80 expuesto a una atmósfera de vapor-flue gas en un reactor que trabaja a condiciones reales de operación: presión (800-1500 psi) y temperatura (510-600 °F). A través de este trabajo fue posible evaluar el comportamiento termodinámico de la mezcla flue gas-vapor de agua, determinando un modelo de gases reales que puede ser modelado por medio de la regla de Kay. De igual manera, a partir de una etapa de simulación termodinámica, fue posible determinar los productos de corrosión obtenidos en el sistema, donde se observó cambios significativos de los productos obtenidos, considerando el equilibrio termodinámico.

Se considera que el deterioro originado en el acero al carbono API N-80, se debe principalmente a las condiciones agresivas de trabajo operacionales estudiadas, al igual que, la presencia de CO_2 , el cual reacciona con el vapor de agua de la mezcla, generando fallas en los materiales que representan riesgos en el sistema. Asimismo, se concluyó que el entendimiento y comprensión de los fenómenos de corrosión observados a partir del estudio, son muy importantes en el objetivo de obtener sistemas de transporte de CO_2 más seguros.

Palabras claves: Corrosión, CO_2 , API N-80, Flue-gas, termodinámica.