

**INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE APLICACIONES
DE PROCESOS AVANZADOS DE OXIDACIÓN AL TRATAMIENTO
DE AGUAS EN COLOMBIA**

**"Memorias del 3^{er} Congreso Colombiano
de procesos de oxidación avanzada"**



Universidad de la Amazonia
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS





Abril 2019

Título: ***“Investigaciones recientes sobre aplicaciones de procesos avanzados de oxidación al tratamiento de aguas en Colombia”***

Editor: Lis Manrique-Losada & Claudia Reyes

Facultad de Ciencias Básicas

Universidad de la Amazonia

ISBN 978-9585484-08-5

ORGANIZADORES



Universidad
de Cartagena
Fundada en 1827

3CCPA_xO_xH

Tercer Congreso Colombiano de procesos de oxidación avanzada

**Desarrollado en la Universidad de la Amazonia – Auditorio Angel Cuniberti.
31 de octubre a 2 de noviembre del 2018
Florencia Caquetá Colombia**

PATROCINADORES



Lab Instruments
Soluciones para la Ciencia



SGS Academy



Consejo Profesional de Química de Colombia



Satena



Mukatri



Parrilla Rinconcito Moreliano



Destino Caquetá



Litografía y Tipografía Moderna



La Calera

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Cesar Pulgarin	EPFL (Suiza)
Dr. Ricardo Torres Palma	Universidad de Antioquia
Cand. Dra. Lis Manrique Losada	Universidad de la Amazonia
Dr. Miguel Angel Mueses	Universidad de Cartagena
Dr. Alejandro Moncayo	Universidad Antonio Nariño
Dr. Fiderman Machuca	Universidad del Valle
Dra. Jazmin Porras	Universidad Remington
Cand. Dra. Sindy Dayana Jojoa	Universidad de Zaragoza
Dr. Hector Leandro Otálvaro	Universidad de la Amazonia
Dra. Claudia Yolanda Reyes	Universidad de la Amazonia
Dra. Aida Liliana Barbosa	Universidad de Cartagena

COMITÉ ORGANIZADOR

- ❖ Programa de Química (Universidad de la Amazonia)
- ❖ Facultad de Ciencias Básicas (Universidad de la Amazonia)
- ❖ Grupo de Investigación Materiales, Ambiente y Desarrollo MADE (Universidad de la Amazonia)
- ❖ Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis GIRAB (Universidad de Antioquia)
- ❖ Grupo de Investigación Modelado & Aplicación de Tecnologías Avanzadas de Oxidación (Universidad de Cartagena)
- ❖ Con el apoyo de los semilleros de investigación: Procesos de Oxidación Avanzada para el Tratamiento de Aguas (POHaguas). Catálisis Ambiental en la Producción de Energías Renovables (CAPER) y Semillero Ciencia, Tecnología y Calidad (C&T+C). Semillero Química de Aguas.



Universidad
de Cartagena
Fundada en 1827

INTRODUCCIÓN

Antecedentes del Congreso Colombiano de Procesos de Oxidación Avanzada

Para la Universidad de la Amazonia con su Facultad de Ciencias Básicas y su grupo de investigación Materiales, ambiente y Desarrollo MADE, fue un placer actuar como sede del 3^{er} Congreso colombiano de procesos de oxidación avanzada (3 CCPAOx) que se desarrolló en Florencia Caquetá desde el 29 de octubre al 2 de noviembre del 2018. Los días 29 y 30 tuvo lugar la 3^{era} Escuela de PAOx y los días 31, 1 y 2 se llevó a cabo el 3 CCPAOx.

Desde su creación en el año 2015, coordinado por el Dr. Gonzalo Taborda en la Universidad de Caldas y el Dr. Ricardo Antonio Torres Palma el 1^{er} CCPAOx se consolidó como la ventana científica para la divulgación de resultados de investigación alrededor de la temática que conforma su nombre. La primera versión, realizada en Manizales Caldas (21-24 de septiembre del 2015), contó con la participación de científicos internacionales invitados quienes presentaron conferencias plenarias, así mismo, investigadores de reconocida trayectoria nacional que presentaron conferencias temáticas. También se tuvo espacio para la presentación de ponencias orales y en poster con resultados y avances de investigación.

El 2^{do} CCPAOx se desarrolló en noviembre del año 2017 en Guatapé Antioquia junto al 3rd CIPOA (Iberoamerican conference on Advanced Oxidation Technologies) y se caracterizó por reunir a toda la comunidad latina y parte de la europea alrededor de la temática PAOx. En éste último evento se definió que la sede del 3^{er} CCPAOx sería la Universidad de la Amazonia y se concertó además que éste congreso debía absorber eventos paralelos que abordaban temáticas asociadas, tales como el “Seminario internacional: Nuevos conceptos para el uso de la radiación solar en la descontaminación de aguas” (I y II versión) desarrollados en la Universidad de Cartagena y Universidad del Valle respectivamente a la cabeza del profesor Miguel Angel Mueses y José Colina y la profesora Janeth Sanabria.

El 3^{er} CCPAOx estuvo dirigido a investigadores, profesionales, estudiantes interesados en compartir y mejorar sus conocimientos sobre los avances tecnológicos, científicos y tendencias futuras en diversas aplicaciones ambientales de los procesos avanzados de oxidación.

Los temas estuvieron relacionados con los procesos de oxidación avanzada aislados o en conjunto con otros procesos en el saneamiento de las aguas superficiales, el agua potable, las aguas subterráneas, las aguas residuales industriales y municipales, los tratamientos de la contaminación química y biológica en agua y aire, así como las aplicaciones en superficies auto limpiantes y auto desinfectantes.

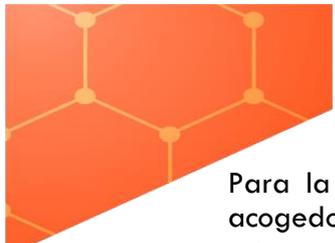
El congreso fue una reunión nacional de discusión relacionada con procesos de oxidación avanzada (PAOx) tales como UV, Fenton, foto Fenton, fotocatalisis, ozonación, ultrasonido de alta frecuencia, procesos electroquímicos de oxidación avanzada (PEAOx), integración de los procesos antes mencionados con procesos físicos, químicos, biológicos y sistemas de membranas, eficiencia de procesos comerciales e industriales, aplicado al tratamiento del suelo, agua, agua residual y aire, aplicaciones solares, aplicaciones a escala piloto, PAOx aplicados a la desinfección del agua.

3 CCPAOx y Universidad de la Amazonia, juntos en el Caquetá...

La amazonia colombiana tuvo la fortuna de recibirlos en nuestra casa la Universidad de la Amazonia, de donde esperamos hayan quedado con un grato recuerdo. Esperamos que se sintieran como nuestra familia, en una región que representa el 42% del territorio nacional y cuyo Caquetá, desde el punto de vista biogeográfico, es un departamento andino-amazónico, con ecosistemas de piedemonte y planicies.

Caquetá es un departamento que alberga gran parte del Parque Nacional Natural Serranía del Chiribiquete, siendo el área protegida más grande de Colombia, epicentro de origen ancestral como la “Maloka de los Jaguares” y con la formación geológica más primitiva del continente americano, tornándose indispensable su función en la regulación del clima, agua y aire global.

En términos continentales, somos un bioma de aproximadamente 7 millones de km², que reúne la selva tropical y cuenca hidrográfica más extensa del planeta distribuido en nueve países. Como selvas representamos más de la mitad del bosque húmedo del mundo. Con el volumen hídrico somos alrededor del 20% del total de agua dulce del planeta. Desde estos territorios de inmensa riqueza, abundancia y distribución de genes, especies, niveles taxonómicos, variedades de hábitats y de ecosistemas fueron ustedes bienvenidos.



Para la Universidad de la Amazonia, como la Universidad Pública más generosa y acogedora de la región, fue un honor contar con la presencia de cada uno de ustedes en este escenario académico que reunió múltiples voces de la comunidad científica más relevante en Procesos de Oxidación Avanzada aplicados a la descontaminación del agua.

Éste escenario académico nos sugirió que desde los claustros de nuestra alma mater, visionamos unos territorios y latitudes cohesionándose y en continuo re-estructuramiento socio ambiental. Uniamazonia bajo la orientación del señor Rector Gerardo Antonio Castrillón Artunduaga, se involucró directamente desde su tarea misional, en el episodio de nuevo país que estamos asumiendo. La Universidad para el Posconflicto lo pregona, y nuestro evento lo ratificó como “Ciencia para la Vida y Reconciliación Ambiental”.

Desde nuestra Vicerectoría de Investigaciones, la Facultad de Ciencias Básicas, nuestro Programa de Química y el Grupo de Investigación Materiales, Ambiente y Desarrollo – MADE, vimos este escenario con inmensa oportunidad de reciprocidad intersectorial. Siendo el agua un patrimonio natural que está generando tensiones sociales ante su vulnerabilidad, agotamiento o deterioro, este congreso reunió insumos indispensables para la anhelada sustentabilidad.

Más allá de los imaginarios de una amazonia prístina de aves y delfines, ríos enormes y bosques sin fin, indígenas salvajes y ritos chamanísticos, nuestra amazonia colombiana como sede anfitriona, convoca al establecimiento de apuestas científicas desde nuestras fortalezas y oportunidades. Por tanto, nuestros resultados analizados durante el transcurso del 3CCPAOx, nos anticipan la pertinencia y relevancia ambiental que corresponde, para conservar “Nuestra Casa Común”.

Nuestro 3 CCPAOx fue el resultado de la unión de esfuerzos entre la Universidad de Antioquia, la Universidad de Cartagena y la Universidad de la Amazonia. Éste camino recorrido por un año, culminó con 5 días de reunión entre amigos con un fin común en cuanto a investigación alrededor de procesos de oxidación avanzada aplicados y con el ánimo de fortalecer redes de cooperación, con la necesidad de mostrar nuestros resultados y por supuesto de aprender y avanzar en medio de críticas constructivas que tanto estamos requiriendo en éste afán de producir conocimiento. Desde la primera versión en el año 2015 en la Universidad de Caldas y pasando por el segundo CCPAOx en Guatapé Antioquia, se ha reconocido que somos una comunidad grande que requiere encontrarse en éste tipo de espacios para colaborar.



Felizmente podemos comunicarles que a nuestro llamado atendieron 13 universidades colombianas y 9 universidades internacionales representadas en 35 trabajos para ponencia oral corta y 26 trabajos de poster, con la inscripción de cerca de 150 personas.

Gracias a la participación de la Universidad de Antioquia, Universidad de Cartagena, Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Colegio Mayor de Antioquia, Universidad de Nariño, Universidad del Valle, Universidad Nacional de Colombia con sus sedes Medellín y Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Tecnológico de Antioquia, Tecnológico de Pereira, Universidad de Medellín, Corporación Universitaria Remington y por supuesto Universidad de la Amazonia. Gracias a todos ustedes por atreverse a viajar y darse la oportunidad de conocernos. Gracias también a nuestros amigos de la Universidad de la Serena – Chile, Universidad de la Santísima Concepción – Chile, Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, Universidad de Concepción – Chile, Universidad de Zaragoza – España.

Expresamos un eterno agradecimiento con nuestros ponentes invitados. Gracias a Isabel Oller, a Sixto Malato y a César Pulgarin por aceptar esta aventura y por aportar sus conocimientos y experiencias con la comunidad PAOx colombiana. Además, gracias a Miguel Angel Mueses, Fiderman Machuca y Ricardo Torres Palma por aceptar nuestra invitación a conocer éste territorio colombiano tan golpeado, pero con demasiado potencial. Deseamos de todo corazón que la manigua los haya abrazado y que hoy tengan los mejores recuerdos de ésta nuestra Universidad de la Amazonia.

Finalmente, queda abierta la invitación a continuar nuestra reunión en nuestro cuarto encuentro que será coordinado por la Universidad de Cartagena en cabeza del profesor Miguel Angel Mueses. Nos vemos en Cartagena de Indias del 20 al 24 de abril del 2020 para el 4^{to}-CCPAOx.

Éste libro, al que hemos llamado “**Investigaciones recientes sobre aplicaciones de procesos de avanzados de oxidación al tratamiento de aguas en Colombia**” constituye las memorias del 3er CCPAOx y reúne los resúmenes de los trabajos presentados en modalidad plenaria, ponencia oral, ponencia oral corta y poster.

Comité Organizador

3^{er} Congreso Colombiano de Procesos de Oxidación Avanzada
2018

PONENTES INTERNACIONALES



Sixto Malato
Plataforma Solar de Almería
(España)

Nacido en Almería el 10 de mayo de 1964. Doctor en C. Químicas. Trabaja en la Plataforma Solar de Almería (PSA-CIEMAT) y en la actualidad es Profesor de Investigación de OPI.

Su labor científica ha estado fundamentalmente relacionada con Proyectos de I+D centrados en la descontaminación de aguas mediante procesos de oxidación avanzada. Ha coordinado o participado en 26 Proyectos Nacionales, 23 Proyectos Internacionales (3rd, 4th, 5th, 6th y 7th EU Framework Programmes) y 8 Contratos de Investigación con Empresas Privadas relacionados con el desarrollo de Tecnologías Solares para el tratamiento de aguas residuales industriales y reutilización de agua industrial y municipal.



Isabel Oller
Plataforma Solar de Almería
(España)

PhD en Ingeniería Química de la Universidad de Almería (2008). Actualmente dirige la Unidad de Tratamiento Solar de Aguas en la Plataforma Solar de Almería (CIEMAT, Ministerio de economía y Competividad) en España, de donde es originaria. La Dra Isabel Oller cuenta con 14 años de experiencia en el campo del tratamiento de aguas residuales urbanas e industriales y de reuso por medio de procesos de oxidación avanzada (con y sin energía solar) y su combinación con sistemas de pretratamiento físico químicos, tratamientos biológicos avanzados, sistemas de membranas y otras tecnologías convencionales. Su trabajo lo ha desarrollado gracias a la participación en 20 R+D proyectos de carácter nacional (español) y europeo (programas en el marco del 5to, 6to, 7mo y H2020 de la unión europea). Ha sido coordinadora de los proyectos: SFERA (desde septiembre 2012) y SFERA-II. Isabel es autora de un libro de edición española y co-autora de 17 capítulos de libros de edición internacional. Así mismo, es coautora de 95 publicaciones en Journals SCI y más de 100 contribuciones en diferentes congresos internacionales y simposios. Su H-Index: 34 (Scopus-Marzo 2018).



César Pulgarín
Escuela Politécnica Federal de Laussana
(Suiza)

El profesor Pulgarín lidera el Grupo de procesos de oxidación avanzada en la EPFL, clasificada en el top mundial como la décima universidad de ingeniería y la sexta en química. Tiene 252 publicaciones en revistas arbitradas y 20 capítulos de libros. Su índice H es 58 y es el autor más citado a nivel mundial en desinfección fotocatalítica de aguas.

Ha supervisado 30 estudiantes de Ph.D y post Ph.D y ha estado involucrado en 20 proyectos en 4 continentes incluidos 8 de la Unión Europea: CADOX, SOLWATER, AQUACAT, PHONASUM, INNOWATECH, LIMPID, WATECH, WATERSPOUTT. Además, ha contribuido con dos patentes internacionales.

PONENTES NACIONALES



Fiderman Machuca
Universidad del Valle
(Cali)

Fiderman Machuca-Martinez graduated in Chemical Engineering at the Engineering Faculty of the Universidad Industrial de Santander – Colombia in 1993. He completed his PhD's degree in 2002 and is currently at Full Professor and Senior Researcher at Universidad del Valle - Colombia since 2002. The areas of work focus on advanced oxidation processes and their industrial application.



Ricardo A. Torres Palma
Universidad de Antioquia
(Medellín)

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



Miguel Ángel Mueses
Universidad de Cartagena
(Cartagena)

El Profesor Miguel Angel Mueses, es Ingeniero Químico, Master en Ingeniería Química y Ph.D. en Ingeniería con Énfasis en Ingeniería Química de la Universidad del Valle de Colombia (Recibió Mención de Tesis Doctoral Laureada). Investigador Asociado según Colciencias y Profesor Asociado del Programa de Ingeniería Química de la Universidad de Cartagena, Colombia. Forma parte del Grupo de Investigación Modelado y Aplicación de Procesos Avanzados de Oxidación (Categoría A de Colciencias) y lidera la línea de investigación en Fotocatálisis e Ingeniería de Foto-Reactores Solares. Su trayectoria académica se enfoca principalmente en el modelado matemático, optimización y simulación de procesos de fotocatálisis solar heterogénea, aplicada principalmente en el tratamiento y remediación de aguas contaminadas y producción de hidrógeno. Cuantificación de energía solar en foto-reactores a gran escala, mecanismos cinéticos, rendimiento cuántico y optimización matemático-numérica para cinética fotocatalítica.



PLENARIA

Monitorización del tratamiento y reutilización de aguas residuales industriales mediante técnicas analíticas y microbiológicas avanzadas

Dr. Isabel Oller^{1,2}

¹Plataforma Solar de Almería (PSA). Ctra de Senés km 4, 04200 Tabernas (Almería).

²CIESOL, Centro mixto Univ. de Almería-CIEMAT, 04120, Almería.

isabel.oller@psa.es

Resumen

La demanda mundial de agua, ya sea para abastecimiento de la población, saneamiento, regadío o usos industriales está en continuo aumento. Debido a la escasez de recursos hídricos, niveles altos de contaminación y al cambio climático, en los últimos años se ha desarrollado una gran preocupación a nivel mundial sobre el tratamiento y reutilización de aguas. Según la base de datos de AQUASTAT de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), las principales actividades humanas que conllevan altos consumos de agua y a su vez producción de aguas residuales son de tres sectores principales: agricultura, doméstico e industrial. En las aguas residuales procedentes de la actividad industrial, generalmente se encuentran sustancias contaminantes tales como plaguicidas, metales pesados, materia orgánica persistente, sedimentos en suspensión y microorganismos patógenos.

En general, la mayoría de las aguas residuales de procedencia industrial afectan seriamente al medioambiente debido a que contienen contaminantes con elevada toxicidad y/o baja biodegradabilidad. Estas aguas, vertidas incorrectamente a sistemas de alcantarillado, tradicionalmente han sido tratadas por métodos químicos y biológicos comúnmente encontrados en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales basadas en tecnologías convencionales. Sin embargo, la efectividad de estos métodos es limitada cuando se trabaja con aguas complejas con alta carga orgánica de naturaleza recalcitrante. En los últimos años se han desarrollado tecnologías que tienen en cuenta el tipo de aguas a tratar, así como las posibilidades de reutilización, su beneficio sobre la rentabilidad económica industrial y fundamentalmente la eficacia de los procesos en la eliminación de estos contaminantes. Entre estas tecnologías cabe destacar los Procesos Avanzados de Oxidación (PAO) basados en la generación de radicales hidroxilos que son no selectivos y poseen elevado potencial de oxidación. Dichos radicales pueden ser generados por diferentes procesos, incluyendo los fotoquímicos (que pueden emplear luz solar). Una evaluación rigurosa de la contaminación ambiental y de la eficiencia de los nuevos procesos de oxidación, requiere una innovación constante en tecnologías y enfoques analíticos que permitan una identificación precisa de cada sustancia capaz de alterar el medio ambiente, así como el seguimiento de sus posibles productos de transformación y el efecto tóxico de los mismos sobre el medio ambiente. La actual tendencia es el desarrollo de métodos rápidos y genéricos que permitan extraer y analizar el mayor número de compuestos posible con costes relativamente bajos. Por tanto, además de la Química Analítica, los campos de conocimiento enfocados a la Toxicología e incluso la Microbiología son también necesarios de explorar. La finalidad de una correcta evaluación tiene como fin no sólo controlar la efectividad del proceso de degradación, sino determinar la presencia de sustancias generadas en el proceso, y asegurar la inocuidad del vertido final, bien sea sobre el medioambiente o con fines de reúso.



Eliminación de microcontaminantes mediante procesos de oxidación avanzada: tecnologías de tratamiento y evaluación de resultados

Sixto Malato^{1,2}

¹Plataforma Solar de Almería (PSA). Ctra de Senés km 4, 04200 Tabernas (Almería).

²CIESOL, Centro mixto Univ. de Almería-CIEMAT, 04120, Almería.

sixto.malato@psa.es

Resumen

Los Procesos Avanzados de Oxidación pueden definirse de como técnicas de tratamiento basados en la acción de especies altamente reactivas, los radicales hidroxilo, que conducen a la oxidación completa de los contaminantes. En los últimos 30 años, se ha desarrollado mucho conocimiento sobre los PAOs debido a la variedad de tecnologías disponibles y el amplio campo de aplicaciones posibles. Entre los PAOs se incluyen, entre otros, la fotocatalisis homogénea y heterogénea en presencia de radiación solar ultravioleta (UV) o radiación visible. Los PAOs tienen como principal aplicación el tratamiento de aguas residuales industriales conteniendo contaminantes tóxicos o no biodegradables pero también se pueden aplicar en aguas subterráneas o bien como tratamiento terciario en EDARs, producción de agua ultrapura, tratamiento de compuestos orgánicos volátiles, etc]. La instalación y operación de los PAOs supone un coste relativamente alto y por tanto se considera el uso de energía solar como una de las principales características que los pueden hacer sostenibles. Es evidente que cada agua real precisa de un estudio completo y siempre es interesante ensayar varios procesos o combinaciones de los mismos para tratar un mismo tipo de agua con el fin de escoger la opción más apropiada. Para determinar la opción de diseño es preciso fijar objetivos de calidad final del efluente, incluir estudios económicos y evaluar los impactos ambientales de cada proceso. Asimismo, es necesario realizar experimentos previos a escala de laboratorio o planta piloto en los que se encuentren las condiciones de operación más favorables. Otro campo interesante es la integración de varios procesos con el fin de aunar de manera sinérgica las ventajas de cada etapa. Un análisis completo de un efluente real que conduzca a un resultado concluyente incluiría pues la evaluación de varios procesos o combinaciones de los mismos y un seguimiento no sólo de la desaparición de los contaminantes sino también de otras variables importantes como la toxicidad, evolución de intermedios de reacción, análisis económico y de impacto ambiental, etc. Esta conferencia versará sobre todos estos aspectos, mostrando el estado actual de la técnica de descontaminación de aguas utilizando radiación solar. A su vez, esta conferencia enfocará el caso concreto del tratamiento de microcontaminantes (MCC) encontrados en aguas naturales, cuya principal fuente son las EDAR municipales que no son capaces de eliminarlos mediante biotratamiento (tratamiento secundario). Los tratamientos de oxidación avanzada (AOPs) podrían solucionar este problema, y entre ellos foto-Fenton es una buena opción. Sin embargo, los costes de operación suelen ser altos y por tanto deben optimizarse. Uno de los principales costes son los reactivos, peróxido de hidrógeno y ajuste de pH (ajuste a pH 2.8 para el tratamiento, y neutralización posterior para vertido). Por tanto, hay un interés creciente en trabajar a pH neutro y con bajas dosis de hierro y peróxido de hidrógeno. Por otro lado, otras tecnologías se han demostrado como efectivas para eliminar MCC, como las tecnologías de membrana combinadas con AOPs. Las membranas (fundamentalmente nanofiltración, NF) son muy eficientes, pero los MCC del concentrado a menudo se descargan sin tratamiento o se recirculan en la EDAR. Este concentrado debe tratarse para reducir el impacto ambiental de la reutilización de efluentes. Se abordará también la manera correcta de evaluar MCC para garantizar una adecuada evaluación de los resultados experimentales.



PONENCIA

ORAL

Procesos avanzados de oxidación fotoasistidos aplicados al tratamiento de agua superficial con microcontaminantes emergentes

Ainhoa Rubio-Clemente^{a,b,c,d*}, Edwin L. Chica^e, Gustavo A. Peñuela^b

^a Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia–Institución Universitaria TdeA, Calle 78b, No. 72A-220, Medellín, Colombia, 050034.

^b Grupo GDCON, Facultad de Ingeniería, Sede de Investigaciones Universitarias (SIU), Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70, No. 52-21, Medellín, Colombia, 050010.

^c Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Católica de Murcia UCAM, Avenida de los Jerónimos, s/n. Murcia. España, 30107.

^d Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín UdeM, Carrera 87, No. 30-65, Medellín, Colombia, 050026.

^e Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70, No. 52-21, Medellín, Colombia, 050010.

Email: ^a ainhoarubioclem@gmail.com, ^e edwin.chica@udea.edu.co, ^b gustavo.penuela@udea.edu.co

Resumen

Los procesos avanzados de oxidación (PAOs) han sido reportados como procesos alternativos a los sistemas de tratamiento convencional capaces de eliminar y degradar contaminantes de las aguas, entre los que se encuentran los contaminantes emergentes. En este trabajo, se investigó la eficiencia de los PAOs asistidos con radiación artificial combinados con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y con el reactivo de Fenton para la degradación de concentraciones ultra-traza de antraceno, utilizado como microcontaminante emergente modelo, presentes en un agua superficial procedente de un reservorio colombiano. Como resultado, se obtuvo una remoción del contaminante superior al límite de detección del método analítico utilizado en la determinación del compuesto de interés (equivalente a una eliminación mayor al 99%) al cabo de 2 y 90 min, respectivamente, utilizando el sistema UV/ H_2O_2 bajo una irradiancia de 0.63 mW/cm^2 (a una longitud de onda de 254 nm) y 11 mg/L de H_2O_2 , y el proceso foto-Fenton con una irradiancia de 0.82 mW/cm^2 (a una longitud de onda de 365 nm), 5 mg/L de H_2O_2 y 0.21 mg/L de Fe^{2+} . Bajo estas condiciones de operación se alcanzó una mineralización de la materia orgánica presente superior al 60% y 35%, respectivamente, en términos de carbono orgánico total. Se demuestra, por tanto, que el empleo de las tecnologías avanzadas de oxidación evaluadas permite combatir el problema de la contaminación en matrices reales, a diferencia de lo que sucede con la aplicación de los procesos tradicionales de tratamiento. Si bien, es importante la realización de un análisis de costes con el fin de determinar la tecnología económicamente viable en la degradación de los contaminantes objeto de estudio.

Palabras clave: Tecnologías avanzadas de oxidación; contaminantes emergentes; tratamiento de aguas naturales; oxidación fotoasistida; sistema UV/ H_2O_2 ; proceso foto-Fenton.

Tratamiento de aguas residuales municipales de entrada de PTAR, con foto Fenton solar a pH natural y oxidación biológica aerobia: Evaluación a escala piloto

Lis Manrique-Losada^{a,b}, Ricardo Torres Palma^b, Isabel Oller Alberola^c, Sixto Malato^c

^a Grupo de Investigación Materiales, Ambiente y Desarrollo, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Antioquia, Campus Porvenir Calle 17 Diagonal 17 con Carrera 3F - Barrio Porvenir, Florencia, Colombia.

^b Grupo GIRAB, Instituto de Química, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Calle 70, No. 52-21, Medellín, Colombia, 050010.

^c Plataforma Solar de Almería (PSA). Ctra de Senés km 4, 04200 Tabernas (Almería).

Email: ^a l.manrique@udla.edu.co, ^b Ricardo.torres@udea.edu.co, ^c isabel.oller@psa.es, ^c sixto.malato@psa.es

Resumen

Se evaluó el alcance de degradación y mineralización de aguas residuales municipales (ARM) aplicando foto Fenton solar (FFS) a pH natural a escala piloto y la factibilidad de completar mineralización al aplicar posteriormente oxidación biológica aerobia (BIO). Los experimentos FFS a pH natural se desarrollaron con ARM cruda antes de tratamiento secundario de la EDAR El Ejido ubicada en Almería España. La concentración inicial de Fe(III) (a partir de sulfato de Fe(III)) y de H₂O₂ de 10 mg.L⁻¹ y 34 mg.L⁻¹ respectivamente. El EDDS se adicionó en una relación Fe⁺³:EDDS de 1:2 se desarrollaron en la degradación se llevó a cabo con luz solar en un CPC de 35 L de capacidad en recirculación durante 4 h para garantizar la remoción de al menos el 90% de los contaminantes. Se hizo seguimiento a la concentración de Fe total y disuelto (método de la ortofenantrolina), a la evolución del H₂O₂ (método del tiosulfato de titanio), a la concentración de los fármacos (HPLC con detector UV, fase móvil ácido fórmico-acetonitrilo, gradiente) y la mineralización por medio del TOC (analizador de TOC). Los experimentos de oxidación biológica aerobia se llevaron a cabo con un reactor discontinuo secuencial a escala de laboratorio. Éstos se alimentaron con el ARM tratada previamente con FFS. Se determinó capacidad de mineralización del lodo activo y se midió la cantidad de fármacos en el ARM tratada y en el lodo. Con la aplicación en primer lugar de foto Fenton solar a pH natural con EDDS se alcanzó más del 90% de la degradación de los 5 fármacos analizados y no hay mineralización, de la misma manera no se alcanzó mineralización por medio de FFS convencional (pH ácido). La oxidación aerobia del agua tratada previamente por foto Fenton a pH natural permitió mineralizar hasta un 85% y se demostró que el 10% de los fármacos residuales del proceso avanzado anterior, quedaron absorbidos en los fangos del proceso aerobio. En investigaciones previas se ha demostrado la eficiencia de la combinación BIO-FFS para mineralización y posterior degradación de contaminantes emergentes para aguas residuales industriales. En éste trabajo se demostró que es posible considerar la combinación FFS-BIO para evitar la acumulación de los fármacos en el lodo activo. De ésta manera los fármacos son degradados en FFS y posteriormente se mineraliza el ARM en el BIO, eliminando la necesidad de tratamiento avanzado de lodos para eliminación de fármacos.

Palabras clave: proceso Foto Fenton Solar a pH natural, EDDS, lodos activados, combinación de procesos de oxidación.

Estudio del efecto de los parámetros de síntesis sobre las propiedades fisicoquímicas y fotocatalíticas de sistemas Pt-F-TiO₂

A.C. Cely Macias^{a*}, J.J. Murcia^a, J. A. Cubillos^a, H. Rojas^a.

^a Grupo de Catálisis GC-UPTC de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Av central norte, Tunja, Colombia.

Email: ^a angelacarolina.cely@uptc.edu.co

Resumen

El TiO₂ es un semiconductor altamente utilizado en el campo de la fotocatalisis. La efectividad de este material está relacionada con sus propiedades fotoconductoras, sus características texturales, estructurales y su cristalinidad. En la presente investigación se estudió el efecto de los parámetros de síntesis sobre las propiedades físico-químicas del TiO₂, para ello se usaron el método de síntesis sol-gel y la síntesis hidrotermal; de igual manera se estudiaron las siguientes modificaciones:

Modificación del TiO₂ por Fluorización: el TiO₂ sintetizado se suspendió en una solución 10 mM de NaF. Esta suspensión se llevó a pH 3 para maximizar la adsorción de flúor y se agito durante 1 hora. Al cabo de este tiempo el sólido se recuperó por filtración y fue secado a 110 °C, durante 12 horas. El material obtenido se sometió a calcinación en aire a 650 °C durante 2 horas.

Fotodeposición de Platino: Se llevó a cabo la fotodeposición de Pt sobre el óxido modificado por fluorización. La fotodeposición de Pt se realizó por iluminación de una suspensión del TiO₂ en agua destilada e isopropanol (como donador de electrones), adicionando la cantidad adecuada del precursor metálico (H₂PtCl₆) para obtener contenidos de Pt de 0.5 %, respecto al peso total de óxido. La síntesis se realizó bajo flujo continuo de nitrógeno, para asegurar una atmósfera reductora, intensidad de 60W/m² y un tiempo total de reacción de 2 horas.

Estos sistemas fotocatalíticos sintetizados se caracterizaron para determinar sus propiedades fisicoquímicas con diversas técnicas de análisis instrumental como Difracción de rayos-X, Espectroscopia infrarroja (FTIR), y Adsorción-desorción de N₂. Mediante DRX se observó que, el material obtenido por el método sol-gel presento las fases cristalinas Anatasa y Rutilo, identificadas por los principales picos de difracción de rayos-X ubicados en las posiciones 2θ de 25,25° y 27,44°, respectivamente. Posteriormente al realizar la fluorización se favorece la formación de la fase cristalina Anatasa, lo que indica que este pre-tratamiento inhibe la formación de la fase Rutilo del TiO₂ durante el proceso de calcinación. Con el método hidrotermal se observó en los materiales obtenidos únicamente la fase anatasa. Por FTIR se evidenció que no existe una modificación significativa en la banda ubicada a 3600 cm⁻¹ correspondiente a los grupos OH superficiales del TiO₂ por adición de flúor y Platino. Mediante Adsorción-desorción de N₂ se encontró que los materiales obtenidos por el método sol-gel y posterior fluorización aumenta significativamente el área superficial, 11 y 51 m²/g respectivamente. Caso que no ocurre con los materiales hidrotermales, el área superficial tiene valores alrededor de 33 m²/g. La evaluación de la actividad fotocatalítica se realizó siguiendo la degradación de la anilina de marca comercial "El INDIO" con una concentración inicial de 25 ppm. El mejor catalizador de la serie sol-gel fue el modificado por fluorización y fotodeposición de Pt, y el catalizador de la serie Hidrotermal el que contiene Pt en la superficie, con los cuales se alcanzó un porcentaje del 100% en la degradación de la anilina en un tiempo de 2h. La eficiencia de los materiales se atribuye, a la presencia de la fase cristalina Anatasa. De igual manera a su aumento en el área superficial (sol-gel) y la no modificación del área superficial en los materiales hidrotermales, donde se deduce que el Pt se encuentra en la superficie de manera homogénea.

Palabras clave: TiO₂; Sol-gel; Hidrotermal; Fluorización; Fotodeposición de Platino; Anilinas; Fotocatalisis.

Evaluación de la degradación fotocatalítica de metoprolol mediante un catalizador bimetálico empleando un reactor batch y uno tubular

Andrés Felipe Suárez Escobar^{a*}.

Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá D.C., Colombia 110311

Email: ^a andresf.suareze@utadeo.edu.co

Resumen

Se evaluó la degradación de metoprolol en solución acuosa por medio de fotocatalisis, fotólisis y adsorción a partir de un catalizador comercial de dióxido de titanio (TiO₂- Degussa P25) y un catalizador bimetálico sintetizado dopado con platino (TiO₂-Pt) y soportado en dióxido de titanio, haciendo uso de un reactor batch y un reactor tubular continuo. Se sintetizaron tres tipos de catalizadores con composiciones de platino diferentes (0.1%, 0.5%, 1% en peso) haciendo uso del método de impregnación por vía húmeda, siendo el catalizador de 1% en peso de Pt el que presentó mayor actividad fotocatalítica en el reactor batch, por lo tanto éste fue utilizado en ambos reactores y caracterizado con técnicas físicas y químicas, tales como SEM-EDS, del que se obtuvo una longitud de partícula promedio de 4.82 nm y un área BET de 67.22 m²/g, mediante difracción de rayos X se evidenció la fase anatasa y rutilo, encontrando la primera en mayor proporción y obteniendo una estructura cristalina octaédrica para el catalizador; se comprobó la presencia de TiO₂ y platino por medio de espectroscopia infrarroja, de acuerdo al espectro UV con esfera integrada se estimó un valor de band gap de 2.8 eV para el catalizador dopado.

En un reactor batch se ingresaron 300 mL de una solución acuosa de metoprolol a una concentración de 50 ppm, 0,4 g/L de catalizador (TiO₂ y TiO₂-Pt), condiciones bajo las cuales se realizaron ensayos por triplicado de fotocatalisis heterogénea, fotólisis y adsorción de los que se tomaron muestras y se cuantificó la degradación y mineralización mediante espectroscopia UV-Vis y COT respectivamente, obteniendo en promedio un porcentaje de remoción para fotocatalisis con TiO₂ de 70,98% y con el catalizador bimetálico (TiO₂-Pt) de 98,76%. Para el reactor tubular se realizaron pruebas de fotocatalisis heterogénea ingresando una solución acuosa de metoprolol de 50 ppm, con un caudal de alimentación de 1m³/h, 0,4g/L de catalizador para el TiO₂ a pH natural, se realizaron variaciones en la concentración y pH, llevando a cabo la misma cuantificación utilizada para el reactor batch, se observó que el medio ácido favorece la degradación con una concentración de catalizador de 0,6g/L. Se comparó la actividad fotocatalítica para los dos reactores y se observó mayor remoción del medicamento, en el reactor batch con el catalizador sintetizado.

Palabras clave: Metoprolol; catalizador funcionalizado; reactor batch; reactor continuo.

Eliminación de Metanol en Fase Gaseosa Vía Fotocatálisis Heterogénea Utilizando Fotocatalizadores Vidrio- TiO_2 Obtenidos por el Método del Agente Ligante

Carlos Granda-Ramírez^{a*}, Gina Hincapié-Mejía^b.

^a Grupo de Investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Medellín, Colombia.

^b Grupo de Investigación Ambiente, Hábitat y Sostenibilidad, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Medellín, Colombia.

Email: ^a carlos.granda@colmayor.edu.co, ^b gina.hincapie@colmayor.edu.co.

Resumen

Los compuestos orgánicos volátiles producen efectos nocivos a la salud, están implicados directamente en la formación de la lluvia ácida y dañan los cultivos; son capaces de producir oxidantes fotoquímicos por medio de reacciones con óxidos de nitrógeno en presencia de la luz solar, causando incrementos en las concentraciones de ozono troposférico fenómeno conocido como “smog fotoquímico”. Este tipo de contaminación del aire afecta la visibilidad en las ciudades; también aumenta la corrosión en los materiales y produce irritaciones en las vías respiratorias. Una de las tecnologías utilizadas para la degradación de este tipo de compuestos es la Fotocatálisis Heterogénea. El uso de esta técnica requiere la presencia de un semiconductor (TiO_2), buena distribución de la luz ultravioleta y gran área de contacto entre el contaminante, los fotones y el semiconductor.

En este trabajo se desarrollaron focalizadores a partir de la impregnación del TiO_2 sobre esferas de vidrio pretratadas con ácido fluorhídrico por el método del agente ligante. Los recubrimientos conseguidos fueron caracterizados por Microscopía Electrónica de Barrido, Análisis de Espectroscopía de Energía Dispersiva de Rayos X, área superficial por el método de Brunauer, Emmett y Teller, espectrometría Ultravioleta/Visible y actividad fotocatalítica mediante cromatografía gaseosa. Los ensayos fotocatalíticos fueron realizados con concentraciones entre 500 y 1500 ppmv de metanol en un flujo de 70 sccm en fase gas, alcanzándose porcentajes de fotodegradación y mineralización de 99.66 % y 91.99 % respectivamente bajo una radiación de 20,30 W/m^2 , observándose que los fotocatalizadores logrados tienen un buen desempeño en la fotodegradación del metanol en fase gaseosa.

Palabras clave: Fotodegradación; TiO_2 ; Agente ligante; Fase gas; Metanol; Esferas de vidrio.

Influencia de la Fuente de Luz en la Eliminación de Cianocomplejos de Cobalto en Aguas por Medio de la Activación de Persulfato

Samir F. Castilla-Acevedo^a, Luis A. Betancourt-Buitrago^a, Miguel A. Mueses, Fiderman Machuca-Martinez^{a*}

^a Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia, 76001. Grupo GAOX

Email: ^a samir.castilla@correounivalle.edu.co, *fiderman.machuca@correounivalle.edu.co

Resumen

La operación minera en Colombia se está volviendo insostenible, principalmente por los altos niveles de informalidad en el sector, la escasa formación de los trabajadores y la ausencia de estándares técnicos que permitan la explotación sostenible. Dentro de las principales preocupaciones de la sociedad, es que en el país no se cuenta con un tratamiento para las aguas residuales generadas por la operación minera. Lo anterior es vital, ya que estos efluentes contienen CN^- y cianocomplejos metálicos. Normalmente estas aguas se almacenan en "lagunas de relave", si por medio del sol puede ocurrir un proceso de fotólisis, reduciendo la concentración de algunos compuestos sencillos de cianuro y cianocomplejos débiles en días, los cianocomplejos más fuertes requieren de 3 o más meses para su total eliminación, por lo que la descarga de estas aguas residuales a otras fuentes hídricas genera un serio problema ambiental.

En el presente trabajo se evaluó la eliminación de $[Co(CN)_6]^{3-}$ por medio del proceso $UV/S_2O_8^{2-}$, se varió la longitud de onda (UVA, UVC), la concentración de oxidante 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 g/L $S_2O_8^{2-}$ y el pH de la solución (10, 13). Resultados de fotólisis muestran una ligera disminución de la concentración de Co en solución cuando el contaminante es expuesto a UVC en ausencia de $S_2O_8^{2-}$, esto junto con la aparición de CN^- y otros subproductos, evidencia una descomposición del $[Co(CN)_6]^{3-}$, para dar lugar a la formación de otros cianocomplejos intermediarios y posiblemente óxidos de Co. Mientras que Cuando el contaminante es expuesto a UVA, no se observa un cambio en la concentración de Co, pero si una liberación de CN^- lo que daría lugar solo a la formación de complejos aquocianurados. Por otra parte, la interacción entre $[Co(CN)_6]^{3-}$ y $S_2O_8^{2-}$ en ausencia de luz, no muestra cambios en la concentración de Co ni aparición de CN^- , Lo que indicaría que la activación de $S_2O_8^{2-}$ en condiciones alcalinas no contribuye en la degradación del contaminante. para las concentraciones evaluadas, se alcanzó una eliminación de cobalto del 84% para ambos valores de pH, de la misma forma no se detectó CN^- en ninguna de las pruebas realizadas con el oxidante. La concentración de cianato apenas es detectable a pH 13, mientras que a pH 11, la concentración se encuentra alrededor de los 25 ppm. La evaluación de la degradación con UVA/ $S_2O_8^{2-}$, no arrojó cambios en la concentración de cobalto ni aparición de subproductos de la oxidación de CN^- .

La activación de persulfato demostró se una alternativa ambientalmente amigable para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con cianocomplejos fuertes, esto es evidenciado en los resultados obtenidos en la degradación de $[Co(CN)_6]^{3-}$. el contaminante de interés mostró ser fotosensible a ambas fuentes de luz, pero no pudo ser degradado por el persulfato en ausencia de luz a condiciones alcalinas. Aumentar la concentración por encima de 0.5 g/L de oxidante no es eficiente ya que los porcentajes de degradación por encima del valor mencionado son muy similares. Cianato y nitrato en algunos casos, son también subproductos de la eliminación de los diferentes cianocomplejos de cobalto.

Palabras clave: Ion Hexacianocobaltato; Luz Ultravioleta, Ion persulfato, Cianuro libre.

Escalado de reactores fotocatalíticos heterogéneos teniendo en cuenta la transferencia de masa y de energía radiante.

Héctor L. Otálvaro-Marín^{a,b,*}, Augusto Arce-Sarria^a, Miguel Angel Mueses^c, John C. Crittenden^d, Fiderman Machuca-Martinez^a

^a Grupo GAOX, Escuela de Ingeniería Química, Universidad del Valle, Cali, Colombia, A.A. 25360

^b I+D Educación e Ingeniería, Cali, Colombia.

^c Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia, A.A. 1382 Postal 195.

^d Brook Byers Institute for Sustainable Systems, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, United States. *Corresponding author: Email address: hector.otalvaro@correounivalle.edu.co

Resumen

Se modelaron matemáticamente un reactor solar fotocatalítico de película descendente y un reactor tubular con colectores parabólicos. Un mecanismo de reacción empírico fue propuesto para la degradación fotocatalítica heterogénea de contaminantes orgánica usando TiO_2 y H_2O_2 . Una velocidad cinética fue desarrollada a partir del mecanismo para describir los cambios de concentración de H_2O_2 y la destrucción del carbono orgánico total presente en el efluente contaminado. Los perfiles de absorción de energía radiante en el medio heterogéneo se calcularon usando el modelo de absorción y dispersión de seis flujos. Se propuso un número adimensional que denominamos Damköhler de un reactor fotocatalítico (Da_{ph}). Finalmente, el modelo fue validado contra datos experimentales para la destrucción de (mineralización) de dicloxacilina y 4-clorofenol.

El modelo ajustó los datos experimentales con una desviación estándar de 1.30 ppm. Las constantes cinéticas son independientes de la geometría. Esto se debe a que se tuvo en cuenta el transporte de masa, energía radiante y una expresión cinética intrínseca. Por lo tanto, las constantes halladas pueden ser usadas en el diseño de nuevas geometrías. Da_{ph} explica los efectos del catalizador, del campo radiante, el sustrato, el tiempo de residencia medio dentro del reactor. Este último, es clave para el dimensionamiento a gran escala de estos reactores solares fotocatalíticos para aplicaciones industriales. Entonces, Da_{ph} , propone cómo los diseños de nuevos reactores pueden ser mejorados.

Palabras clave: diseño de reactores; escalado; campo radiante; velocidad de reacción

Influencia de las propiedades químicas superficiales del carbón activado en la eliminación de OHBT en un sistema de ozonización heterogénea

Héctor Valdés^{a*}, Claudio A. Zaror^b

^a Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile 4030000

^b Universidad de Concepción, Concepción, Chile 4030000

Email: ^a hvaldes@ucsc.cl, ^b czaror@udec.cl

Resumen

En este estudio, se evalúa el efecto de la exposición prolongada del carbón activado (CA) al O_3 y su implicancia en la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes. Se utilizó un CA comercial (Filtrisorb-400) que fue modificado químicamente por exposición continua al ozono. Se usó 2-hidroxibenzotiazol (OHBT) como contaminante modelo representativo de microcontaminantes emergentes. Los resultados revelan que la extensa exposición del CA al O_3 debilita las interacciones adsorbato-adsorbente. El CA altamente expuesto al ozono aumenta la concentración de grupos funcionales ácidos, llevando a una mayor concentración de grupos extractores de electrones de la superficie tales como anhídridos de ácidos carboxílicos y ácidos carboxílicos y a la reducción de la capacidad de adsorción hacia OHBT en el sistema de ozonización heterogéneo híbrido. En condiciones de pH cercano al punto de carga cero (pH_{PZC}), la reducción de la adsorción podría deberse a una disminución en las interacciones dispersivas entre los electrones π del anillo aromático de las moléculas de OHBT y el sistema π de electrones de capas de grafeno del CA, dado una extensa exposición de la superficie del CA al O_3 . Sin embargo, a $pH > pH_{PZC}$ se obtiene una baja eliminación de OHBT debido a la aparición de interacciones electrostáticas repulsivas entre la forma ionizada de las moléculas de OHBT y la forma deprotonada de los grupos funcionales oxigenados que aparecen después de un largo contacto con el O_3 . Además, se propone un nuevo concepto para predecir el rendimiento del CA en un proceso híbrido de ozonización heterogéneo.

Palabras clave: carbón activado; ozono; ozonización heterogénea; 2-hidroxibenzotiazol.

Degradación de Amoxicilina y Diurón mediante foto-Fenton a bajas concentraciones de Fe y H₂O₂ y evaluación del efecto de matriz (carbonato, fluoruro y ácidos húmicos)

Jose Luis Buitrago Buitrago^{a*}, Julián A. Rengifo-Herrera^b, Janeth Sanabria^c, Héctor Mario Gutierrez^c, Paula Osorio-Vargas^{a*}

^a Universidad Tecnológica de Pereira, Escuela de Química, Vereda la Julita, Pereira, Risaralda, 660003, Colombia

^b Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas "Dr. J.J. Ronco" (CINDECA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP-CCT La Plata, CONICET, 47 No. 257, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina, B1904CMA

^c Laboratorio de microbiología Ambiental, Escuela de Ingeniería Ambiental y de los Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, sede Meléndez, A.A. 25360, Cali-Colombia

Email: ^a jose.buitrago@utp.edu.co, p.osorio@utp.edu.co

Resumen

La degradación de dos contaminantes emergentes diurón y amoxicilina en agua Milli-Q a través del proceso foto-Fenton bajo irradiación solar simulada fue estudiada a bajas concentraciones de hierro (0.1-0.9 mg L⁻¹) y peróxido de hidrogeno (5-15 mg L⁻¹) y a valores de pH inicial de 7.0, usando un diseño experimental factorial 2². Por otro lado, se estudió el efecto causado por la presencia de aniones como fluoruros, carbonatos y ácidos húmicos a concentraciones naturalmente encontradas en aguas subterráneas y superficiales en la degradación de ambos contaminantes. El diseño experimental arrojó resultados que permitieron concluir que la máxima degradación de diurón y amoxicilina se obtuvo con concentraciones de iones férricos: peróxido de hidrogeno de 0.84:9.7 y 1.6:15.2 mg L⁻¹ respectivamente. Por otra parte, el pH inicial en ambos experimentos decreció rápidamente en los primeros 15 min de la reacción hasta valores de 3.6 y 5.6 para diurón y amoxicilina respectivamente. Adicionalmente, experimentos realizados en agua Milli-Q y en presencia de concentraciones de hierro comúnmente encontradas en aguas naturales (0.3 mg L⁻¹) y de peróxido de hidrogeno de 9.7 y 15.2 mg L⁻¹ para diurón y amoxicilina respectivamente, se logró obtener una rápida degradación de ambos contaminantes y una remoción de carbono orgánico total de 23 y 21% para diurón y amoxicilina luego de 1h de irradiación solar simulada.

La presencia de aniones fluoruro y carbonato junto con ácidos húmicos dieron lugar a una rápida degradación de ambos contaminantes luego de 60 min de irradiación solar simulada sin que el pH inicial de la solución decreciera. La determinación de metabolitos de degradación para diurón y amoxicilina se efectuó a través de un cromatógrafo líquido de alta eficiencia acoplado a masas con un sistema de ionización por electrospray. Estos análisis permitieron establecer que ambos contaminantes sufrieron una fuerte oxidación presumiblemente causada por la generación de radicales hidroxilo a través de procesos foto-Fenton a pH neutro.

Palabras clave: foto-Fenton; Amoxicilina; Diurón; Productos de degradación

Tratamiento de Lixiviados con el Sistema Combinado de Coagulación y foto-Fenton solar

Liceth Rebolledo Santiago^{a*}, Victoria Arana Rengifo^b

^aUniversidad de la Costa CUC, Barranquilla, Colombia

^bUniversidad del Atlántico, Barranquilla, Colombia

Email: ^alreboll5@cuc.edu.co, ^bvictoriaarana@dcc.uniatlantico.edu.co

Resumen

El lixiviado en rellenos sanitarios es un subproducto resultado de la percolación de líquidos, que debe ser tratado con un estricto control y manejo porque puede contaminar las aguas superficiales y subterráneas, afectando negativamente el ambiente de la región. El presente estudio combinó dos procesos para el tratamiento de lixiviados en un relleno sanitario, ubicado en el departamento del Atlántico-Colombia, con el fin de degradar la materia orgánica, evaluada a través del porcentaje de DQO.

La caracterización del lixiviado se realizó de acuerdo con los métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales. Los experimentos de coagulación/sedimentación se realizaron con coagulante policloruro de aluminio (PAC) y un diseño factorial 2³. Se utilizó un colector parabólico compuesto (CPC) como fotorreactor para realizar los experimentos de Foto-Fenton y un diseño central compuesto con 2 puntos centrales. La radiación total acumulada recibida por el fotorreactor se midió usando un radiómetro digital UV513AB montado en una inclinación de 10.9°. En condiciones óptimas para el proceso de coagulación: pH 8, 0.615 g L⁻¹ PAC y 20 min de tiempo de mezcla lenta, y para el proceso de Foto-Fenton solar: 14.68 g L⁻¹ H₂O₂, 2.56 g L⁻¹ Fe²⁺ y 48 kJ L⁻¹ de energía UV acumulada, la remoción de DQO fue de 63% excediendo el 20% obtenido con el tratamiento utilizado en el relleno sanitario (solo coagulación - PAC). En términos de costos, los tratamientos 1 y 2 alcanzaron el 73% y el 80% de la remoción de DQO, respectivamente, con un incremento de 15% y 80% en el costo total, respectivamente, en comparación con el tratamiento utilizado en el relleno sanitario.

El proceso Foto-Fenton solar es una tecnología utilizada para el tratamiento de aguas contaminadas. Mejora la eficiencia para la remoción de materia orgánica en el lixiviado del relleno sanitario cuando es usado como post-tratamiento a un proceso de coagulación/sedimentación con PAC, pasando de un 37% a un 63% de remoción de DQO. Con las dosis óptimas del sistema combinado se alcanzó una reducción de fenoles totales de 7.16 µg L⁻¹ a 2.12 µg L⁻¹. Los fenoles son considerados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos como un compuesto altamente contaminante el cual se le debe tratar y eliminar de las aguas dadas sus características cancerogénicas y teratogénicas. La combinación de los procesos de coagulación y oxidación Fenton asistida con radiación solar, hace que se reduzca el gasto energético y que pueda ser utilizada para tratar lixiviados de rellenos sanitarios para mejorar la biodegradabilidad, y como pretratamiento a los procesos biológicos.

Palabras claves: Foto-Fenton solar; Coagulación; DQO; Colector Parabólico Compuesto.

Síntesis asistida por microondas de microesferas de BiOI, caracterización y actividad fotocatalítica para descontaminación ambiental

Luis F. Galleguillos^a, Héctor Valdés^b, Adriana C. Mera^{c, d*}.

^a Programa de Ingeniería Civil Ambiental, Departamento de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Serena, La Serena, Chile, 1700000.

^b Laboratorio de Tecnologías Limpias, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile, 4030000.

^c Instituto de Investigación Multidisciplinario en Ciencia y Tecnología, Ineergias PMI-1401, Universidad de La Serena, La Serena; Chile, 1700000.

^d Laboratorio Central de Análisis químico, Departamento de Química, Universidad de La Serena, La Serena, Chile, 1700000.

Email: ^a lgalleguillos1@gmail.com, ^b hvaldes@ucsc.cl, ^{c, d} amera@userena.cl

Resumen

El oxioduro de bismuto (BiOI) es un semiconductor que ha sido ampliamente estudiado para la degradación y mineralización fotocatalítica de contaminantes orgánicos en aguas. El interés en este semiconductor surge debido a su valor de banda prohibida, su baja toxicidad, la estabilidad en el agua, y la elevada actividad fotocatalítica.

Para la degradación de contaminantes presentes en agua y aire se han utilizado microesferas de BiOI sintetizadas por método solvotérmal, el cual requiere largos tiempos de reacción y un alto consumo de energía. En esta investigación se sintetizan microesferas de BiOI utilizando un método solvotermal asistido por microondas usando etilenglicol como solvente.

La síntesis solvotermal asistida por microondas permite la formación de microesferas de BiOI, con varias ventajas, incluyendo un calentamiento rápido, homogeneidad del sistema de reacción, mayor rendimiento, reproducibilidad, ahorro de tiempo y energía, siendo una síntesis barata y respetuosa con el medio ambiente.

La temperatura de síntesis y el tiempo de irradiación por microondas utilizadas fueron 126 °C y 4 minutos respectivamente. El material obtenido se caracterizó por varias técnicas: XRD, XPS, SEM, N₂ isotermas de adsorción-desorción (BET) y DRS. La banda prohibida (E_g) del BiOI sintetizado fue 1.94 eV, un atractivo para el uso de este material bajo radiación visible, una ventaja importante respecto al referente comercial dióxido de titanio (TiO₂) Evonik P-25, cuya banda prohibida es alrededor de 3.0 eV.

La actividad fotocatalítica de la nanoestructura de BiOI obtenida se evaluó en la degradación del compuesto modelo ácido gálico bajo radiación solar simulada a temperatura ambiente. La muestra de BiOI mostró un 90% de degradación del compuesto modelo, incluso más que su referente TiO₂ P-25 (X). Además, la reacción de fotooxidación del óxido nítrico (NO) en fase gaseosa usando el BiOI obtenido bajo radiación visible muestra una alta actividad fotocatalítica (alrededor del 65%), incluso mayor que la obtenida cuando se utiliza TiO₂ Evonik P-25. Este material nanoestructurado de BiOI obtenido mediante una síntesis fácil, tiene una potencial aplicación fotocatalítica para la descontaminación ambiental de contaminantes presentes en aguas residuales y aire.

Palabras clave: BiOI, microondas, zeolita natural, nanoestructura, ácido cafeico, compositos, fotocatalisis heterogénea

Compositos de oxioduro de bismuto (BiOI) y zeolita natural chilena para la degradación de compuestos fenólicos presentes en aguas residuales

Nicole Muñoz^a, Héctor Valdés^b, Adriana C. Mera^{c, d*}.

^a Programa de Ingeniería Civil Ambiental, Departamento de Ingeniería de Minas, Facultad de Ingeniería, Universidad de La Serena, La Serena, Chile, 1700000.

^b Laboratorio de Tecnologías Limpias, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile, 4030000

^c Instituto de Investigación Multidisciplinario en Ciencia y Tecnología, Ineergias PMI-1 401, Universidad de La Serena, La Serena; Chile, 1700000.

^d Laboratorio Central de Análisis Químico, Departamento de Química, Universidad de La Serena, La Serena, Chile, 1700000.

Email: ^a nicolefmr@gmail.com, ^b hvaldes@ucsc.cl, ^{c, d} amera@userena.cl

Resumen

Recientemente, el oxioduro de bismuto (BiOI) ha recibido mucha atención, debido a que este material muestra una alta eficiencia fotocatalítica a escala de laboratorio en la degradación y mineralización de diversos contaminantes. Además, la actividad fotocatalítica del BiOI es más alta que la presentada por el referente comercial TiO₂ Evonik P-25 bajo luz visible o radiación solar simulada. Sin embargo, el BiOI puro presenta problemas similares al TiO₂ (P-25) para una posible aplicación a gran escala. Por lo tanto, el desafío clave para una posible utilización del BiOI en el tratamiento de aguas residuales a escala industrial radica en la inmovilización de este semiconductor de tamaño nanométrico en un soporte más grande, facilitando con ello, un proceso de post-separación, recuperación y reutilización económico y eficiente de este material.

Considerando, que las zeolitas naturales se usan generalmente como soporte de semiconductores. Estas son candidatas atractivas debido a sus propiedades únicas, especialmente porque exhiben alta estabilidad térmica. Además, estos materiales están fácilmente disponibles y son baratos en Chile.

En este trabajo compositos de BiOI-zeolita natural chilena fueron obtenidos utilizando método solvotermal y síntesis solvotermal asistida por microondas, usando etilenglicol como solvente. Los materiales obtenidos fueron caracterizados usando diferentes técnicas: Difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM), isotermas de adsorción-desorción de N₂ (BET) y Espectroscopia UV-visible de reflectancia difusa (DRS).

La eficiencia fotocatalítica de los materiales obtenidos se calculó utilizando los porcentajes de degradación de los compuestos modelo ácido cafeico y ácido gálico en solución acuosa bajo radiación solar simulada, por 120 minutos, usando las técnicas: cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) para seguir la degradación de los contaminantes modelo.

Los resultados muestran que el composito obtenido utilizando síntesis solvotermal asistida por microondas proporciona los mejores resultados de porcentaje de degradación de los contaminantes modelo. Finalmente, compositos de BiOI-zeolita natural chilena tendrían una potencial aplicación a gran escala para el pre-tratamiento de aguas residuales generadas en la industria del vino y el pisco, como materiales fotocatalizadores útiles en la oxidación fotocatalítica heterogénea de contaminantes tóxicos fenólicos (ácido cafeico y ácido gálico) presentes en este tipo de aguas residuales.

Palabras clave: BiOI, zeolita natural, ácido cafeico, ácido galico, compositos, fotocatalisis heterogénea

Degradación de sulfametoxazol y trimetoprim mediante Proceso Foto-Electro-Fenton empleando un ánodo DSA y LEDs sin modificación de pH en presencia de ácido cítrico

Paula Espinosa-Barrera, Carlos Delgado-Vargas, Diana Martínez-Pachón, Alejandro Moncayo-Lasso*

Universidad Antonio Nariño, Facultad de Ciencias, Grupo de Investigación en Ciencias Biológicas y Químicas, Bogotá D.C, Colombia, 110311

Email: pespinosa57@uan.edu.co; cdelgado00@uan.edu.co, dianamartine@uan.edu.co, amoncayo@uan.edu.co*

Resumen

Los antibióticos son sustancias que pueden inhibir el crecimiento de microorganismos, sin afectar el hospedero, por ello se utilizan en el tratamiento de enfermedades infecciosas en seres humanos y animales. Los antibióticos son fármacos que se utilizan constantemente a nivel mundial; un equipo internacional de investigadores encontró que desde el año 2000 hasta 2015, el uso de antibióticos aumentó en un 65% en 76 países, sobre todo en países en desarrollo y las naciones más pobres. Sin embargo, éste tipo de compuestos han sido clasificados como contaminantes emergentes, ya que se encuentran a muy bajas concentraciones en aguas tanto superficiales como residuales, y además pueden generar problemas eco-toxicológicos, como los ya conocidos problemas de resistencia bacteriana. Entre los antibióticos catalogados como los de mayor riesgo, por sus altos potenciales eco-tóxicos registrados en estudios con *Daphnia Magna*, se encuentran el Sulfametoxazol (SMX) y Trimetoprim (TMP). Estos compuestos han sido identificados y cuantificados en los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia: PTAR-Salitre en Bogotá (SMX=0.65 $\mu\text{g/L}$; TMP=0.34 $\mu\text{g/L}$) y PTAR-Antioquia (SMX=0.35 μg ; TMP=0.091 μg).

En este trabajo se evaluó la eficiencia de un sistema Foto-Electro-Fenton con un cátodo de difusión de gas y un ánodo dimensionalmente estable (de SnO_2 dopado con Ti/IrO_2), con una densidad de corriente de 3.42 mA/cm^2 , adicionando cantidades equimolares de una sal de hierro ferroso y de ácido cítrico (0.018 mM) e irradiando el sistema con LEDs blancas para la degradación simultánea de Sulfametoxazol y Trimetoprim en agua Milli-Q (dopada con 20 mg/L de cada compuesto) y en aguas residuales reales. Con el sistema aplicado a soluciones de SMX y TMP en agua Milli-Q, se obtuvieron degradaciones del 57% para SMX y del 20% para TMP en 120 minutos de tratamiento con un porcentaje de mineralización de ~32% después de 300 min de tratamiento. Con la intención de determinar la capacidad de degradación del sistema en agua residuales reales, se utilizó agua residual del efluente de la PTAR-Salitre de Bogotá. Esta muestra presentaba una concentración inicial promedio de Sulfametoxazol y Trimetoprim igual a 0.65 $\mu\text{g/L}$ y 0.34 $\mu\text{g/L}$, respectivamente. Los resultados obtenidos muestran una degradación total de ambos compuestos después de 180 minutos, demostrando la capacidad y potencialidad del sistema FEF propuesto, para la degradación de contaminantes emergentes.

Palabras clave: Sulfametoxazol; Trimetoprim; Fotoelectro-Fenton; Ácido cítrico; LEDs; Procesos Avanzados de Oxidación.

Procesos electroquímicos de oxidación aplicados a la degradación y eliminación de la actividad antimicrobiana de la Enrofloxacin: evaluación del tipo de electrodo e identificación de vías de degradación

Sindy D. Jojoa-Sierra^{a,b}, Natalia Mostolac^a, Ricardo Torres-Palma^b, Rosa Mosteo^a, M^a Peña Ormad^a*

^a Grupo Agua y Salud Ambiental, Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente, Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales (IUCA), Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, 50018

^b Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biotransformación (GIRAB), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, AA1226.

Email: sindyjojoa@unizar.es, ricardo.torres@udea.edu.co

Resumen

Además de sus aplicaciones terapéuticas los antibióticos son comúnmente utilizados en dosis bajas y sub-terapéuticas como promotores del crecimiento animal. No obstante, su detección en ambientes acuáticos es preocupante no sólo por los efectos adversos asociados al impacto en la biodiversidad de los microorganismos endógenos, la bioacumulación y/o su toxicidad sino por sus graves implicaciones para la salud pública como promotores de la resistencia bacteriana a los antibióticos. Por lo que el estudio e implementación de alternativas eficientes en la preservación de la calidad del agua es evidente. Investigaciones recientes muestran la oxidación electroquímica y los procesos de oxidación avanzada como técnicas prometedoras en la transformación de contaminantes orgánicos de matrices acuosas. Esta investigación evaluó la eliminación de la actividad antimicrobiana de matrices acuosas con Enrofloxacin, un antibiótico usado extensamente en ganadería, a través de la oxidación electroquímica y Electro-Fenton. El estudio se llevó a cabo en agua destilada con y sin contaminante y se usaron como electrolitos soporte los iones más comunes en aguas residuales con la intención de determinar su efecto en el tratamiento. Inicialmente se evaluaron dos ánodos dimensionalmente estables considerando su capacidad para producir especies oxidantes en presencia de iones cloruro. Paralelamente, se probaron dos materiales de carbono como cátodos en función de la eficiencia para producir H_2O_2 y $\cdot OH$ y utilizando la Wüstita como fuente de hierro. Una vez se seleccionó el electrodo de difusión de gas ELAT[®] como cátodo y como ánodo el de IrO_2 dopado con Sb-Sn como los más convenientes, el sistema fue expuesto a radiación solar. Se estableció el efecto sinérgico o antagónico de la luz a lo largo del tratamiento, el cual logró en minutos disminuir la actividad antimicrobiana. Se identificaron los productos de degradación iniciales y se proponen las vías de degradación implicadas en el proceso.

Agradecimientos a los proyectos: UZCUD2017-TEC-05 (financiado por CUD) y EFA 183/16/ OUTBIOTICS, Programa Interreg-POCTEFA 2014-2020 (financiado por FEDER). **Ayudas de Movilidad para Latinoamericanos. Estudios de Doctorado. Universidad de Zaragoza-Santander. Curso 2017-2018**

Palabras clave: Actividad antibiótica; Oxidación Electroquímica; Procesos Electroquímicos de Oxidación Avanzada; FotoFenton; Fenton heterogéneo.

Evaluación de la actividad catalítica de cuatro catalizadores de tipo Al/Fe-PILC en la degradación PCFH del NM bajo condiciones estándar de reacción

Viviana Gómez^a, Arsenio Hidalgo^b y Luis Alejandro Galeano^{a*}

^a Grupo de Investigación en Materiales Funcionales y Catálisis (GIMFC), Departamento de Química, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

^b CEASE, Departamento de Matemáticas y Estadística, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

Email: ^{a*} alejandrogaleano@udenar.edu.co ^b arsenio.hidalgo@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se evaluó la actividad catalítica de 4 arcillas colombianas tanto extraídas por tamaño de partícula (BVE, C1E, C2E, C3E) como pilarizadas con aluminio y hierro (Al/Fe-PILCs) (C1-P, C2-P, C3-P, BV-P) empleando la tecnología de oxidación avanzada Peroxidación Catalítica en Fase Húmeda (PCFH) en la degradación de Naranja de Metilo (NM) bajo condiciones estándar de reacción, con el fin de determinar el material de partida más promisorio para su aplicación a escala piloto. Además, se realizaron diferentes blancos con cada material como se describe a continuación: (i) adsorción; para conocer la contribución de la adsorción al proceso y determinar el mejor adsorbente (ii) H₂O₂ sin catalizador, con el fin de estimar el posible efecto de la oxidación directa del agente oxidante sobre el colorante, y (iii) con la arcilla extraída (sin pilarizar), para observar el posible efecto del Fe estructural y/o depositado sobre la superficie externa del mineral de partida.

Los ensayos catalíticos se desarrollaron en un reactor semi-batch de 1,5 L provisto con control de temperatura, agitación mecánica (600 rpm), burbujeo de aire y control del pH en 3,4, temperatura de 25 ± 0,1 °C y presión atmosférica de la ciudad de Pasto (0,76 atm), bajo las siguientes condiciones: V_{NM} = 1,025 L, [NM]₀ = 0,119 mmol/L (Sigma Aldrich, 85 %), equivalente a 20 mg/L de carbono orgánico total (COT), [Al/Fe-PILC] = 0,05 g/L, V H₂O₂ adic. = 100 mL, [H₂O₂]_{adic.} = 51,19 mmol/L (Panreac, 50 %) y flujo constante de adición de agente oxidante de 2,22 mL/min. El tiempo cero de reacción se tomó con el inicio de la adición de peróxido de hidrógeno y a partir de ese momento se comenzó a tomar muestras de 25 mL de solución que fueron microfiltradas (filtros PVDF de φ = 0,45 μm) para separar el catalizador. Posteriormente, las muestras fueron reservadas para análisis colorimétrico, peróxido remanente, Carbono Orgánico Disuelto (COD) y Nitrógeno Total (NT). Además, al final de cada ensayo catalítico se separó la solución de NM y se analizó concentración de Fe lixiviado mediante Espectroscopía de Absorción Atómica (EAA).

El comportamiento de cada catalizador Al/Fe-PILC se evaluó mediante el porcentaje de decolorización, la eliminación de Carbono orgánico disuelto (COD), eliminación de Nitrógeno Total (NT) y la fracción de H₂O₂ reaccionado. El catalizador C2-P exhibió la mayor eficiencia catalítica en función de todos los parámetros: 70 % de decolorización, 50 % de eliminación de COD, 48 % en eliminación de NT y 73 % de H₂O₂ reaccionado, lo cual permitió comprobar la degradación química del contaminante en presencia de éste catalizador, en solamente 1,0 hora de reacción a condiciones suaves de temperatura y presión (25 °C, 76 atm) a un pH controlado de 3,4, seguido de los materiales BV-P, C3-P y C1-P, los cuales alcanzaron porcentajes de mineralización en función de COD del 56, 50 y 47 %, respectivamente.

Palabras clave: Naranja de metilo; Peroxidación catalítica en fase húmeda; catalizador Al/Fe - PILC.

Soluciones desde el Laboratorio para la fotodegradación solar de bacterias colonizantes de monumentos pétreos

María Camila Lozano^a, Michele Chico, Danilo Montiel, David Tatis, Aida Liliana Barbosa*.

^a Universidad de Cartagena, Laboratorio de Investigaciones en Catálisis y Nuevos materiales, LICATUC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Química- Cartagena, Colombia CP 130015 015

Resumen

Factores de tipo ambiental y antropogénico, crean en conjunto los medios propicios para el crecimiento y proliferación de organismos tales como bacterias, algas, hongos, líquenes y plantas que por ser invasivos y colonizadores, causan el biodeterioro de estructuras de piedra y concreto, cambiando su apariencia estética. En este trabajo se buscó desarrollar un mortero de restauración a base de cal-arena-TiO₂. Realizando un recubrimiento de rocas coralinas procedente de canteras de Turbaco-Colombia con dióxido de titanio (RCV), con el fin de reducir la biorreceptividad primaria del material pétreo a través de sellamiento de poros. Se insertaron pequeños bloques del material fresco rocoso dentro del reactor cerrado herméticamente se hizo el vacío. A continuación se recirculo una solución al 10% de TiO₂, durante 12 horas. Hasta completa impregnación de la probeta. Lo que se verificó usando microscopia estereoscópica. La RCV presentó diversas características superficiales particulares, su baja porosidad, uniformidad superficial, color y la evidente ausencia de organismos colonizantes, tales como algas y bacterias evidencian un mínimo o inclusive nulo grado de deterioro químico y biológico. De otra parte fue caracterizado muestras del cordón amurallado de Cartagena (RMA), con fines comparativos, este presenta problemas de biofilm y un grado de meteorización alto mostrado en la intensidad de las bandas FT-IR, en comparación con los espectros RCV, RCV 90 (muestra de roca coralina expuesta a la intemperie 90 días), principalmente debido a la disminución del contenido de carbonatos por la avanzada meteorización del medio ambiente agresivo. El material de RCV-TiO₂ mostro una película superficial de TiO₂ el cual redujo aún más la porosidad del material original. Estas probetas fueron expuestas a la intemperie durante 90 días y caracterizadas por FT-IR observando que el grupo carbonato no sufre modificaciones y que la porosidad del material con el recubrimiento no sufre modificación.

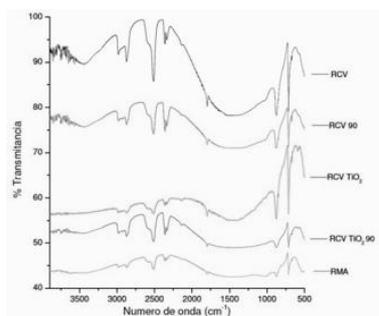


Figura 1. Espectros FTIR de los materiales

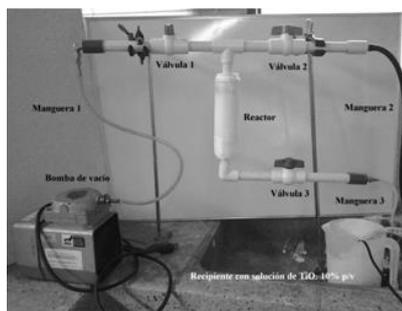


Figura 2. Sistema experimental para obtención de probetas.

Palabras clave: material autolimpiante; heliofotocatalisis; morteros de restauración.



POSTER

Sistema integrado de oxidación- lixiviación de oro aluvial basado en HOCl/Cl

Adolfo La Rosa-Toro G^a, Angélica Baena M^a. Ulises Quiroz A^a.

^a Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

atoro@uni.edu.pe

Resumen

La actividad de los mineros artesanales que extraen oro de los ríos de la Amazonía peruana se basan en el uso de mercurio para la amalgamación del oro y su posterior recuperación mediante el refogue, actividad que genera una peligrosa contaminación del aire, cuerpos de agua y suelos, afectando a la agricultura, pesca y población de la zona de actividad causando daños irreversibles en la salud.

El sistema integrado para la oxidación- lixiviación-recuperación de oro aluvial, mediante el sistema HOCl/NaCl, se presenta como alternativa de tecnología limpia con el objetivo de reemplazar el uso del mercurio en la extracción del oro aluvial. El sistema se basa en oxidar el oro particulado, diseminado en las arenas aluviales, empleando solución oxidante del ácido hipocloroso (HOCl) preparado *in situ* a partir de la electrólisis de cloruro de sodio acuoso (NaCl 3%) en una celda electrolítica tipo *filtro prensa* empleando ánodos de PbO₂/SnO₂-Sb/Ti a pH natural. El pH de la solución oxidante producida en la celda electrolítica es ajustada a pH 2 añadiendo ácido fosfórico.

El proceso de lixiviación se desarrolla en un reactor de tambor rotatorio diseñado para este propósito, el cual se carga con arena aluvial y solución oxidante en proporción de 4/1 ajustando el pH de la solución a 2 y el potencial de oxidación reducción (ORP) a 1150 mV, ambos parámetros controlados durante todo el proceso mediante un equipo pH/ORP. La rotación del tambor se realiza durante 6 horas, terminado el cual se consigue lixiviar el 91.7 % del contenido de oro total.

La fase de recuperación fue realizado empleando solución de sulfato ferroso, mediante el cual se consigue el doble propósito de reducir el ORP de la solución remanente, para su posterior descarte y la precipitación de lora en forma de partículas sólidas consiguiendo una recuperación del 99.5%

Reconocimientos: Al CONCYTEC - FONDECYT por el financiamiento del proyecto 209-2015 y el apoyo de los investigadores del grupo de Electroquímica Aplicada de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Palabras clave: Lixiviación de oro aluvial; sistema HClO/NaCl; lixiviación ecológica

Tratamiento de agua superficial contaminada con benzo[a]pireno mediante el proceso Fenton

Ainhoa Rubio-Clemente^{a,b,c,d,*}, Edwin L. Chica^e, Gustavo A. Peñuela^b

^a Facultad de Ingeniería, Tecnológico de Antioquia–Institución Universitaria TdeA, Calle 78b, No. 72A-220, Medellín, Colombia, 050034.

^b Grupo GDCON, Facultad de Ingeniería, Sede de Investigaciones Universitarias (SIU), Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70, No. 52-21, Medellín, Colombia, 050010.

^c Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Católica de Murcia UCAM, Avenida de los Jerónimos, s/n. Murcia. España, 30107.

^d Facultad de Ingenierías, Universidad de Medellín UdeM, Carrera 87, No. 30-65, Medellín, Colombia, 050026.

^e Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70, No. 52-21, Medellín, Colombia, 050010.

Email: ^a ainhoarubioclem@gmail.com, ^e edwin.chica@udea.edu.co, ^b gustavo.penuela@udea.edu.co

Resumen

Las aguas naturales contaminadas con contaminantes emergentes orgánicos, tales como el benzo[a]pireno (BaP), son difíciles de degradar por sistemas de tratamiento tradicionales. En este sentido, la aplicación de procesos de oxidación avanzada como alternativas a las tecnologías convencionales que operan actualmente en las plantas de tratamiento está siendo un tema de gran interés, especialmente cuando se utilizan matrices acuáticas reales durante los estudios de eficiencia. Este trabajo evaluó la viabilidad de aplicar el proceso de oxidación Fenton en la eliminación de $3 \mu\text{g L}^{-1}$ de BaP en un agua natural superficial. Para ello, se llevó a cabo la fase de optimización de los parámetros estadísticamente significativos en el sistema de tratamiento utilizando diseño de experimentos. Bajo las condiciones óptimas de operación, 10.50 mg L^{-1} y 0.44 mg L^{-1} del agente oxidante (H_2O_2) y del agente catalizador (Fe(II)), respectivamente, se obtuvo una remoción del BaP de aproximadamente 25% pasados 90 min de tratamiento. Sin embargo, al usar una matriz acuosa artificial más sencilla, se encontró una eliminación del 76.93% del contaminante objeto de estudio. De este modo, la ausencia de constituyentes de la matriz supuso un incremento de la eficiencia del proceso superior a 3. Este hecho evidencia la importancia de analizar la capacidad de oxidación del proceso ensayado utilizando matrices ambientales reales con el fin de obtener conclusiones veraces que permitan su escalamiento a nivel industrial.

Palabras clave: Proceso de oxidación avanzada; contaminantes emergentes; tratamiento de aguas; matriz real; proceso Fenton.

Evaluación de un catalizador de TiO_2 como alternativa de tratamiento de aguas residuales de minería aurífera en un fotoreactor LED-UV

Kevin Aldana^a, Augusto Arce-Sarria^{a*}, Fiderman Machuca-Martínez^a

^a Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia, 760032. Grupo GAOX

Email: ^a augusto.arce@correounivalle.edu.co, kevin.aldana@correounivalle.edu.co, Fiderman.machuca@correounivalle.edu.co

Resumen

En Colombia la minería a pequeña y mediana escala utiliza el proceso de lixiviación para arrastrar el oro contenido en el mineral extraído, empleando una solución de cianuro de sodio; posteriormente el oro metálico se recupera por precipitación en presencia de zinc. Durante el proceso el cianuro extrae otros metales no deseados formando compuestos fuertes que permanecen en solución, contaminando así los ríos, lagos y fuentes de agua subterráneas.

Estas aguas residuales son ricas en complejos cianometálicos que se forman cuando el cianuro interactúa con los diferentes metales presentes en las rocas de donde se extrae el oro (Ni, Fe, Co, Au, Ag, etc.). Los cianocomplejos son compuestos estables y recalcitrantes que permanecen en el tiempo y son difíciles de degradar por medios naturales, además en su ciclo de descomposición liberan cianuro libre el cual es letal localmente.

Teniendo en cuenta la aplicación de los procesos avanzados de oxidación en matrices recalcitrantes, en este trabajo se evaluó la degradación fotocatalítica de hexacianoferrato III en un reactor mini CPC asistido con luz LED-UVA empleando un catalizador de TiO_2 sintetizado mediante el método hidrotermal. La prueba de carga de catalizador arrojó un mejor desempeño a una carga de 0,5 g catalizador/L de solución, se escogió el catalizador con mejor desempeño que fue el sintetizado a una temperatura de 120 °C, 24 h de reacción y calcinado a 400 °C. El catalizador sintetizado mejoró en un 93 % la degradación del complejo al trabajarse en un ambiente óxido en comparación con el anódico, con los LEDs trabajando a una potencia de 20 W/m² y con una concentración inicial de contaminante de 50 ppm, en esta última fase se comparó su desempeño con el TiO_2 (P25) donde obtuvo un desempeño 9,5 % menor.

Según el análisis por el método BET el catalizador sintetizado tiene un área superficial específica 2,5 veces mayor a la del material base (P25, 50 m²/g), su isoterma e histéresis nos indicó que el catalizador es mesoporoso. En el análisis elemental se observa que el catalizador no fue contaminado durante su síntesis, en el SEM se observó una morfología mixta de hojuelas y pequeñas formas tubulares, donde predominó la forma de nanohojuelas, lo que explica el aumento de su área superficial.

La energía de banda prohibida (E_g) aumento en 0,05 eV, se obtuvo una constante de velocidad específica de reacción de 0,1977 min⁻¹ y una eficiencia eléctrica de oxidación de 7,77 kWh/m³

Palabras clave: Fotocatálisis heterogénea; LED-UVA; dióxido de titanio; hexacianoferrato; minería aurífera; método hidrotermal.

Síntesis de materiales tipo hidrotalcita MgAlSn usados en reacciones de degradación fotocatalítica bajo irradiación UV-Vis del colorante Rodamina B

Cristian Pinzón Vanegas^{a*}, Sonia Mancipe Estevez^a, Dora Solis Casados^b, José Martínez Zambrano^a, Hugo Rojas Sarmiento^a

^a Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja, Colombia y 150003

^b Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca de Lerdo, México y 50120

Email: ^a cristian.pinzon02@uptc.edu.co, ^a sonia.mancipe@hotmail.com, ^b solis_casados@yahoo.com.mx,

^ajose.martinez@uptc.edu.co, ^ahugo.rojas@uptc.edu.co

Resumen

El agua es uno de los recursos naturales más importantes en el desarrollo vital para los seres vivos, por lo tanto este recurso debe ser aprovechado de manera limpia y eficiente. Sin embargo, la actividad humana e industrial como en el caso de la industria textil, farmacéutica, polimérica, cosmética, petroquímica y de desarrollo de materiales compuestos ha llevado a la contaminación de los efluentes acuáticos ocasionando graves problemas medioambientales. Específicamente en la elaboración de textiles se presenta el uso de colorantes que debido a su estructura química y gran solubilidad en agua se clasifican como contaminantes de alto impacto. Para el tratamiento de compuestos presentes en el agua existen procesos alternos como separación por sólidos, adsorción, filtración, lixiviación, entre otros. No obstante, estos llevan consigo el uso indiscriminado de sustancias químicas que no son favorables para el medio ambiente. Por otra parte, la degradación fotocatalítica es considerada un método eficiente y prometedor para la eliminación de colorantes presentes en aguas residuales. El principal desafío en la degradación fotocatalítica es encontrar materiales fotocatalizadores adecuados, que sean capaces de absorber fotones con una energía igual o superior a la de la banda prohibida para lograr generar el par electrón/hueco que son los encargados de llevar a cabo las reacciones de óxido-reducción.

Los materiales tipo hidrotalcita o hidróxidos dobles laminares han sido usados en procesos de oxidación avanzada para la degradación de compuestos orgánicos contaminantes mostrando buenos resultados. La hidrotalcita tiene una estructura similar a la brucita en la que magnesio se encuentra enlazado octaédricamente a seis grupos hidroxilo, cuando el catión Mg^{2+} es sustituido por cationes de Al^{3+} se genera una carga parcial positiva que es compensada por aniones interlaminares como los carbonatos para formar específicamente la hidrotalcita MgAl. Para el desarrollo de esta propuesta se llevó a cabo la síntesis in-situ de sólidos MgAlSn sintetizados por el método de coprecipitación en donde se mezclaron 225 mmol de $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ y 75 mmol de $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ manteniendo una relación molar de 3, junto con $SnCl_4 \cdot 5H_2O$ para obtener sólidos con un porcentaje en peso de Sn de 5, 10 y 15. Los materiales fueron lavados varias veces con agua destilada y secados a 80°C durante toda la noche. Para obtener el soporte MgAl se mezclaron las sales de magnesio y aluminio y se procedió normalmente como con los demás catalizadores. La caracterización de los materiales obtenidos se hizo por medio de difracción de rayos X, fisiorción de nitrógeno, espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier, espectroscopia fotoelectrónica de Rayos X, espectroscopia de Reflectancia Difusa, con el fin de obtener la estructura cristalina, el área superficial del sólido, los modos vibracionales, análisis elemental, y determinación de energía de banda prohibida, respectivamente. La actividad fotocatalítica se realizó empleando una solución 15 μM de Rodamina B con 12 mg de catalizador y como fuente de radiación un simulador solar. El seguimiento de la reacción se realizó por espectroscopia UV-Vis. Los resultados mostraron que la mayor degradación la obtuvieron los fotocatalizadores de MgAlSn10% y MgAlSn5% con 24,42 y 32,25% respectivamente.

Palabras clave: hidrotalcita MgAlSn, Rodamina B, degradación fotocatalítica, par electron/hueco.

Análisis de los mecanismos de degradación de levofloxacin e inactivación de *Escherichia coli* bajo luz solar utilizando catalizadores de TiO₂ modificados con nanopartículas de Cu, Ag y bimetálicas Cu-Ag

Gina M. Hincapié-Triviño^{a,b}, Ricardo A. Torres-Palma^c Sami Rtimi^d, Jazmín Porras^{a*}

^a Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia, 050010

^b Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 111321

^c Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010

^d Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laussane, Suiza

Email: ghincapie@unal.edu.co, ricardo.torres@udea.edu.co, sami.rtimi@epfl.ch, jazmin.porras@uniremington.edu.co

Resumen

La contaminación de efluentes acuosos por residuos de fármacos, en especial, antibióticos se considera una problemática de salud pública mundial debido principalmente a la generación de resistencia microbiana. Así, es de gran importancia la búsqueda de materiales catalíticos que permitan mejorar la calidad de las aguas residuales y/o de consumo a través de la degradación de dichos contaminantes. En la presente investigación se sintetizaron y evaluaron catalizadores basados en TiO₂ modificados con nanopartículas de Cu, Ag y bimetálicas Cu-Ag, en el proceso de eliminación de levofloxacin y *E.Coli* bajo luz solar simulada. Los materiales fueron sintetizados por el método de deposición-precipitación a partir de TiO₂ P25 Evonik. El catalizador 1.5%Ag/TiO₂ fue obtenido utilizando AgNO₃ como precursor y NaOH como agente precipitante. El catalizador 1.5%Cu/TiO₂ fue obtenido utilizando Cu(NO₃)₂·3H₂O como precursor y urea como agente precipitante. Para la síntesis del material bimetálico 0.5%Cu-1.0%Ag/TiO₂ se depositó inicialmente la Ag, y posteriormente el Cu, utilizando los reactivos descritos anteriormente. Luego de la deposición, los materiales fueron lavados, secados y reducidos bajo flujo de H₂ a 350°C. La participación de especies reactivas de oxígeno fue analizada en presencia y ausencia de KI, isopropanol, benzoquinona y furfural alcohol. Todas las reacciones fueron realizadas utilizando un reactor Suntest Atlas Hanau. Los resultados muestran que si bien la degradación de levofloxacin se ve disminuida al depositar las partículas sobre el TiO₂, la degradación sigue siendo eficiente tanto para los catalizadores sin reducir como para aquellos que fueron sometidos al proceso de reducción, alcanzándose hasta un 90% de degradación de levofloxacin. Por el contrario, en la inactivación de *E. coli*, los materiales analizados muestran un aumento en la cinética de inactivación cuando al material TiO₂ se le depositan partículas metálicas; siendo el catalizador bimetálico sin reducir y reducido, el que presenta una mayor actividad, provocando una reducción de hasta 6.0log₁₀UFC en 2 min. El análisis con sustancias captadoras refleja que el mecanismo de reacción de los materiales estudiados ocurre principalmente a través de los huecos (h⁺) generados y de las especies anión superóxido (O₂⁻) provenientes de la reducción del O₂ en la banda de conducción (CB), siendo particularmente importante la formación de especies h⁺ en los catalizadores reducidos. Para el material Ag/TiO₂ se observa que además de las especies VB(h⁺), el mecanismo también implica la participación del radical hidroxilo (·OH) y de las especies oxígeno singlete (O₂¹), principalmente en el material reducido.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Corporación Universitaria Remington por el proyecto No. 4000000098. A Colciencias por el proyecto No 111577757323, Convocatoria 777 de 2017. G.H-T agradece a Colciencias y a la Corporación Universitaria Remington por la financiación de la estancia postdoctoral mediante la Convocatoria 784 de 2017-Contrato FP44842-191-2018.

Palabras clave: procesos de oxidación avanzada; inactivación *E. coli*; mecanismo de degradación.

Degradación fotocatalítica de etileno utilizando zeolita natural chilena modificada con materiales semiconductores

Norberto J. Abreu^a, Héctor Valdés^{b*}, Federico Azzolina-Jury^c, Claudio A. Zaror^a

^aUniversidad de Concepción, Concepción Chile, 4030000

^bUniversidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile, 4030000

^cEcole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Caen, Caen, Francia, 14050

Email: ^bhvaldes@ucsc.cl

Resumen

En el presente trabajo, se evalúa el efecto de la incorporación de óxidos de metales de transición sobre zeolita natural chilena en la fotocatalisis de etileno. La zeolita compuesta principalmente de clinoptilolita y mordenita fue modificada química y térmicamente previa a su dopaje con óxidos de cobre y zinc. Las muestras fueron caracterizadas por difracción de rayos X (XRD), microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía UV-VIS por reflectancia difusa (UV/VIS-DRS). La variación de las características químicas superficiales fue monitoreada mediante espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). Ensayos FTIR *in-situ* de adsorción de Piridina y CO mostraron la creación de sitios ácidos de Brønsted y Lewis, así como la incorporación de cobre y zinc, respectivamente. Los resultados de los análisis UV/VIS-DRS indicaron un aumento en la adsorción de energía de los espectros UV y una disminución en la brecha energética de bandas, demostrando el potencial fotocatalítico de los materiales. Los ensayos fotocatalíticos bajo irradiación UV mostraron una elevada eliminación de etileno en la muestra modificada por el método de impregnación húmeda, atribuida a la formación de clusters de óxidos de cobre y zinc. Sin embargo, con el método de modificación por intercambio iónico la actividad fotocatalítica obtenida es baja. Los metales se intercambian con los cationes de compensación, con una baja influencia en el mecanismo de oxidación fotocatalítico.

Palabras clave: etileno, fotocatalisis, óxidos semiconductores, zeolita natural.

Treatment of landfill leachate from Fez city (Morocco) using Fenton and photo-Fenton processes

Imane El Mrabet^a, Zineb Chaouki^a, Zineb Bencheqroun^a, Mohamed Kachabi^a, Mostafa Nawdali^b, Hector Valdés^{c*},
Hicham Zaitan^{a*}

^a Sidi Mohamed Ben Abdellah University, B.P. 2202, Fez, Morocco

^b Sidi Mohamed Ben Abdellah University, B.P. 1223, Taza, Morocco

^c Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile

Email: ^a chicham.zaitan@usmba.ac.ma, ^c hvaldes@ucsc.cl

Abstract

In the present work, the treatment of a leachate from Fez city urban sanitary landfill (Morocco) was evaluated using different advanced oxidation processes (AOPs), such as: Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$), photo-Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-A}$), UV-A and UV-A/ H_2O_2 . The leachate was characterized and showed a high level of chemical oxygen demand (COD), low biodegradability and intense dark color. The treatment efficiency was evaluated as a function of different operation variables ($[\text{H}_2\text{O}_2]$, $[\text{Fe}^{2+}]$, UV-A irradiance), resulting in COD elimination between 30% and 77%. Removal efficiencies decreased in the following order: photo-Fenton > Fenton > UV-A/ H_2O_2 > UV-A. Thus, a detailed experimental analysis was carried out and the effect of hydrogen peroxide and iron dosages on photo-Fenton process was assessed. It was observed that the COD removal ranged from 4% to 84% depending on the doses of H_2O_2 , COD removal increased by adding H_2O_2 in multiple steps (84%), iron concentration corresponding to a $\text{Fe}^{2+}/\text{COD}$ mass ratio = 0.35 was found to be the most favorable. At optimal conditions, COD removal reached 70% and 84% for Fenton and photo-Fenton processes, respectively; with an a contact time of one hour. Results showed that the Fenton and photo-Fenton process are feasible treatment techniques to treat the landfill leachate of Fez city, achieving high levels of COD removal.

Keywords: advanced oxidation processes; landfill leachate; Fenton; photofenton

Desempeño de un reactor electrolítico tridimensional en la degradación y mineralización de diclofenaco

Jawer David Acuña-Bedoya^{a*}, Christian E. Alvarez-Pugliese^b, Nilson Marriaga-Cabrales^c.

^{a,b,c} Escuela de Ingeniería Química, Universidad del Valle, Cali, Colombia

Email: ^aJawer.acuna@correounivalle.edu.co, ^bChristian.alvarez@correounivalle.edu.co, ^cNilson.marriaga@correounivalle.edu.co

Resumen

Los contaminantes emergentes en las aguas residuales como el diclofenaco representan un riesgo para los cuerpos de agua en los que se vierten, ya que las plantas de tratamiento convencionales no pueden degradar este tipo de compuestos. Además, el diclofenaco puede reaccionar con otros compuestos que generan contaminantes con toxicidades más altas, como hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos heterocíclicos. Debido al gran consumo de antiinflamatorios como el diclofenaco y su condición de compuesto orgánico recalcitrante, se está generando una acumulación progresiva que causa su presencia incluso en el agua potable.

La aplicación de procesos avanzados de oxidación es una alternativa a los procesos convencionales de tratamiento, dentro de estos procesos de oxidación se encuentra la oxidación anódica, para aumentar la eficiencia en el tratamiento, se extendió el ánodo hacia el seno de la solución mediante el uso de un electrodo particulado entre el ánodo y el cátodo con el fin de mejorar transferencia de masa, incrementar la degradación de los contaminantes gracias a la formación de microelectrodos en el sistema y lograr un menor consumo de energía debido a una mayor relación área superficial-volumen. Este tipo de sistemas son conocidos como procesos electroquímicos tridimensionales.

Soluciones sintéticas de diclofenaco se pasaron a través de una celda electrolítica tipo filtro-prensa cargada con un material carbonoso entre los electrodos (proceso 3D) y en contacto con el ánodo(BDD), el proceso se realizó en dos pasos adsorción-oxidación, para pre-concentrar el contaminante en el material carbonoso (adsorción) y posteriormente degradarlo (oxidación). Para la determinación del tiempo de contacto en la primera etapa se realizaron isothermas de adsorción para cada uno de los materiales carbonosos. Una vez terminado el proceso de adsorción se introdujo corriente al proceso para iniciar la etapa de oxidación, polarizando el material carbonoso y dando lugar a procesos de desorción-oxidación del contaminante. Se obtuvieron desempeños 40% mayores en los procesos con electrodo particulado(3D), en comparación con la oxidación anódica convencional (2D).

Agradecimientos: Los autores desean agradecer la Universidad del Valle por financiar el proyecto: "Evaluación de alternativas para la reducción del consumo eléctrico en la degradación de diclofenaco por procesos avanzados de oxidación".

Palabras clave: BDD, Oxidación anódica; Procesos electroquímicos 3D; Electrodo particulado; Diclofenaco.

Reducción fotocatalítica de 2,4,6- trinitrofenol empleando materiales de NiO soportados sobre hidrotalcita MgAl bajo irradiación UV

Leimmy Calderón Niño^{a*}, Sonia Mancipe Estevez^b, José Martínez Zambrano^c, Hugo Rojas Sarmiento^d.

^a Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia/Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Grupo de Catálisis, Av Norte, Tunja, Colombia

^{*}leimmy.calderon@uptc.edu.co, ^bsonia.mancipe@hotmail.com, ^cjose.martinez@uptc.edu.co, ^dhugo.rojas@uptc.edu.co

Resumen

Los materiales tipo hidrotalcita son un tipo de arcillas aniónicas que se usan ampliamente como catalizadores o soportes catalíticos y que tienen diversas aplicaciones en diferentes reacciones de catálisis básica, oxidación, reacciones fotocatalíticas, entre otras. En la presente propuesta se planteó la síntesis del soporte MgAl por el método de co-precipitación y la impregnación del mismo con NiO al 1, 3, 5 y 10% en peso. Los materiales sintetizados fueron caracterizados por difracción de rayos X con el fin de determinar la cristalografía de los sólidos de NiO/MgAl, fisorción de nitrógeno para obtener las isothermas de adsorción-desorción de nitrógeno, así como el área superficial BET donde se pudo verificar que estas corresponden a isothermas tipo IV características de materiales mesoporosos con un bucle de histéresis H3 propio de sólidos laminares o en forma de rendija, espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier en donde se observaron vibraciones de los iones carbonio y las vibraciones de los enlaces Mg-OH y Al-OH, espectroscopia de reflectancia difusa para determinar el umbral de absorción de la radiación y análisis termogravimétrico que mostró termogramas de descomposición térmica asociadas a pérdidas de masa debidas a la deshidratación, deshidroxilación y descarbonatación de los fotocatalizadores.

La evaluación de la actividad fotocatalítica se llevó a cabo en la reacción de reducción bajo irradiación con luz UV (lámpara Pen-Ray de 254 nm) de una solución de 10 ppm de 2,4,6-trinitrofenol empleando sulfito de sodio como agente de sacrificio. La evaluación de la reducción del contaminante con respecto al tiempo se siguió durante 240 min por medio de un espectrofotómetro Thermo Fisher Scientific MODELO Evolution 300. Durante el seguimiento de la reacción se evidencio que no hay variaciones en los espectros de adsorción de la molécula durante la primera hora sin irradiación UV, además se observó una caída en la banda a 354 nm a medida que hay un incremento en el tiempo de exposición con la lámpara de luz UV, así como la formación de una banda entre 250 y 300 nm mostrando la reducción del contaminante hacia la formación de un nuevo producto de alto valor agregado como el 2,4,6-aminofenol, que es un compuesto empleado como intermediario en la síntesis de fármacos y que es ecoamigable con el medio ambiente. Los sólidos al 1% y 10% presentaron la mejor fotoactividad en la reducción de trinitrofenol con respecto a los demás catalizadores, siendo el fotocatalizador al 1% en peso de NiO el que alcanza más de un 80% de reducción a las 4 horas de exposición a la luz UV, esto posiblemente debido a una menor recombinación del par e^-/h^+ , portadores de carga encargados de realizar la reacción de fotoreducción. En este tipo de reacciones el fotocatalizador adsorbe el material contaminante en la superficie y a su vez durante la irradiación con luz tiene la capacidad de absorber fotones eficaces que permitan el desarrollo de la reacción de reducción. Del trabajo se pudo concluir que los materiales de NiO soportados en MgAl son activos en reacciones de reducción fotocatalítica como es el caso de la reducción de compuestos aromáticos contaminantes como 2,4,6-trinitrofenol.

Palabras clave: Hidrotalcita MgAl; NiO; 2,4,6-trinitrofenol; reducción; fotocatalisis.

Metales de tierras raras de arena de coltan, para dopamiento de ZnO empleado en la degradación fotocatalítica de colorantes

Michel Chico, María Camila Lozano, Anderson Álvarez, Aida Liliana Barbosa L*.

^a Universidad de Cartagena, Laboratorio de Investigaciones en Catálisis y Nuevos materiales, LICATUC, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Química- Cartagena, Colombia CP 130015

Resumen

El Ministerio de Minas y Energía profirió la Resolución No 180102 del 30 de enero de 2012, por medio de la cual determinó que, entre los minerales de interés estratégico para el país, está el coltan, cuya composición se basa en elementos como tantalio y niobio, aunque posee otros metales de tierras raras a nivel de trazas. El niobio es importante como catalizador de reacciones de oxidación, por el incremento en el número y fuerza de sitios ácidos de Lewis, así como la formación de sitios ácidos de Bronsted, al mezclar óxido de niobio con alúmina. Este elemento muestra una actividad catalítica notable en diferentes tipos de reacciones (deshidratación de alcoholes, azúcares, la oxidación de compuestos de nitrógeno), en su forma simple de óxido de niobio y sales y combinación con otros óxidos tales como titanoniobatos (HTiNbO_5), que posee propiedades como fotocatalizador. El mineral de coltan se recolectó en el departamento de Guanía, Colombia, Este mineral fue sometido a un proceso de homogenización mediante triturado en un mortero de acero, hasta alcanzar un tamiz de apertura malla $100\mu\text{m}$, con la finalidad obtener un tamaño de partícula más pequeño y homogéneo, que facilite la disolución de las fases mineralógicas de interés. En los procesos de extracción del presente estudio, se implementa HF como agente disolvente para la generación del lixiviado, 2-Octanol y metilisobutilcetona como solventes de extracción y como materiales. La síntesis para obtener ZnO se llevó a cabo en un matraz bola de tres bocas de 500 mL, en donde se disolvió $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada, se mantuvo una agitación constante junto con la arenilla de coltan en relación 10% en peso del ZnO_2 y se añadió gota a gota NH_4OH hasta alcanzar un valor de pH de 8.5, el gel obtenido se dejó envejecer 72 h para posteriormente llevarlo a la etapa de evaporación en una plancha de calentamiento durante 8 h, se secó en una estufa a 80°C generando un color gris. Finalmente, el gel fresco se llevó a calcinar a 400°C durante 5 h con una velocidad de calentamiento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$ para obtener el catalizador ZnO dopado con metales de tierras raras. La degradación del colorante 100ml se llevó a cabo en un foto reactor con lámpara UV de alrededor de 254nm en el centro. Los catalizadores fueron caracterizados por DRX, FT-IR y Raman. Los catalizadores de ZnO dopados con REEF mostraron degradación del colorante mayores del 70%.

Agradecimiento a Colciencias a Programa de Geociencias- Unicartagena por el proyecto 004-2016

Palabras clave: ferroniobio; fotodegradación colorantes, arena de coltan.

Adsorción de Cefalexina (CFX) presente en aguas residuales utilizando desechos agroindustriales

Sandra M. Lopera-Murillo^a, Ricardo A. Torres-Palma^a, Jazmin Porras-López^{b*}, Nancy Y. Acelas-Soto^{c*}

^a Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Medellín, Colombia.

^b Grupo de Investigaciones Biomédicas, Facultad de Ciencias de la Salud, Uniremington, Medellín – Colombia.

^c Grupo de Investigación Materiales con Impacto, Mat&mpac, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Medellín, Medellín, Colombia

Email: ^asandra.lopera@udea.edu.co, ^bricardo.torres@udea.edu.co, ^cjazmin.porras@uniremington.edu.co,

^dnyacelas@udem.edu.co

Resumen

Los efluentes de aguas residuales hospitalarias o industriales son las principales fuentes de liberación de antibióticos al medio ambiente. Dichos contaminantes, denominados emergentes, son muy resistentes a procesos de degradación biológica y debido a la descarga continua, permanecen en el ambiente por un largo periodo de tiempo. La presencia de antibióticos en el medio ambiente se ha asociado a la toxicidad crónica y la prevalencia de resistencia a los antibióticos en especies bacterianas. Por lo tanto, es necesario buscar metodologías que permitan remover los antibióticos presentes en aguas residuales.

Los procesos avanzados de oxidación, la complejación enzimática y la adsorción hacen parte de los métodos más comúnmente usados para remover antibióticos. Dentro de estos métodos, la adsorción utilizando materiales generados a partir de la transformación química de biomasa residual es una aplicación muy atractiva porque además de transformar un residuo a un material adsorbente, es una metodología de fácil operación, con altas capacidades de adsorción y amigable con el medio ambiente.

En este trabajo mediante experimentos tipo batch se evaluó la adsorción de Cefalexina (antibiótico de cefalosporina más usado) utilizando 7 materiales adsorbentes provenientes de diferentes residuos agroindustriales (Cáscara de Café activada con cloruro de zinc, Cáscara de Café activada con ácido fosfórico, cáscara de huevo activado con cloruro de zinc, fibra de palma activada con cloruro de zinc, fibra de palma activado con ácido fosfórico, cáscara de palma activada con cloruro de zinc con ácido fosfórico, caña activada con ácido fosfórico). Se encontró que el adsorbente proveniente de la Fibra de Palma de Aceite activado con cloruro zinc fue el que presentó un mejor comportamiento en el proceso de adsorción con un porcentaje de remoción de CFX 19,7ppm del 99.6%, (en un tiempo de 60 minutos) resultado obtenido por Espectrofotometría UV-visible (262nm) y confirmado mediante cromatografía líquida.

El efecto del pH, dosis de adsorbente, concentración inicial del contaminante y tipo de matriz fueron evaluados. Los estudios cinéticos de adsorción mostraron que los datos experimentales se ajustan al modelo de Pseudo Segundo orden. El efecto de la matriz fue evaluada usando dos muestras simuladas, una de orina y otra de agua residual, comparándola con la matriz original (Solución sintética de CFX con el adsorbente) se encontró un porcentaje de remoción de un 20,8% y 26,7% % menos que el obtenido en la matriz original, lo cual resalta la alta selectividad del material adsorbente hacia la CFX.

Palabras clave: Antibióticos; Adsorción; Pseudo Segundo orden; Cefalexina; Contaminantes Emergentes.

Mezcla de óxidos de hierro como promotores de Fenton Heterogéneo: degradación y eliminación de la actividad antimicrobiana de la Enrofloxacin, identificación de vías y productos de degradación

Sindy D. Jojoa-Sierra^{a,b}, **Ricardo Torres-Palma**^{* b}, **Julia Herrero-Albillos**^c, **Rosa Mosteo**^a, **M^a Peña Ormad**^a

^a Grupo Agua y Salud Ambiental, Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente, Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales (IUCA), Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España, 50018

^b Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB), Instituto de Química, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, AA1226.

^c Centro Universitario de la Defensa, Zaragoza, España, 50090

Email: sindyjojoa@unizar.es, ricardo.torres@udea.edu.co

Resumen

La presencia de antibióticos en ambientes acuáticos (aguas residuales e influentes y/o efluentes de las plantas de tratamiento) representa una seria preocupación, no solo por su toxicidad para organismos de diferentes niveles tróficos, sino también por la resistencia que adquieren y propagan. Por lo que la preservación de la calidad del agua es un tema de interés general. Una posibilidad de tratamiento es el uso de un proceso heterogéneo tipo Fenton, que emplea una cantidad mínima de óxidos e hidróxidos de hierro como fuente de hierro de tal forma que se el propicie la eliminación de contaminantes bajo condiciones suaves o intermedias, evitando el ajuste del pH antes y después del proceso, el manejo del lodo producido y los costos que esto conlleva. En este trabajo, se estudió la eliminación de la actividad antimicrobiana de soluciones con Enrofloxacin usando óxidos de hierro comercial y H₂O₂. Se determinó la contribución del proceso Fenton y Foto-Fenton en la transformación del contaminante inicial. Para ello, se evaluó el efecto de cada proceso por separado en la transformación del antibiótico, lo que permitió sugerir las vías de degradación y ó productos iniciales de la transformación. Tales compuestos fueron identificados, controlados a lo largo del proceso; y se estableció la relación de dos de ellos con el ligero incremento de la actividad antimicrobiana a lo largo del tratamiento, al compararla con la encontrada en soluciones de un estándar con concentraciones equivalentes de enrofloxacin. Los estados de oxidación predominantes del hierro en la superficie de las partículas del óxido fueron determinados mediante XPS; así como la solubilidad del mismo bajo las condiciones estudiadas y el consumo de peróxido a lo largo del tratamiento, de tal forma que fuera posible diferenciar la contribución del proceso homogéneo del heterogéneo. Finalmente, fueron realizadas medidas de la magnetización del material antes y después del proceso con la intención de conocer su variación tras el proceso de cara a su recuperación.

Agradecimientos. Proyecto UZCUD2017-TEC-05 (financiado por CUD) y Projetc EFA 183/16 / OUTBIOTICS, Programa Interreg-POCTEFA 2014-2020 (financiado por FEDER), **Ayudas de Movilidad para Latinoamericanos. Estudios de Doctorado. Universidad de Zaragoza-Santander. Curso 2017-2018**

Palabras clave: actividad antimicrobiana, óxidos de hierro minerales, fotocatalisis semiconductor, similar a Fenton, enrofloxacin

Catalizadores magnéticos de Ag-TiO₂-FeO_x aplicados a la degradación de levofloxacin y a la inactivación de *Escherichia coli* bajo luz solar

Gina M. Hincapié-Triviño^a, Katherine Ramírez-Pulgarín^{a,b}, Ricardo A. Torres-Palma^b, Sami Rtimi^c, Jazmín Porras^{a*}

^a Corporación Universitaria Remington, Medellín, Colombia, 050010

^b Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 050010

^c Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Laussane, Suiza

Email: gmhincapie@gmail.com, krp1092@gmail.com, ricardo.torres@udea.edu.co, sami.rtimi@epfl.ch,

jazmin.porras@uniremington.edu.co

Resumen

La contaminación por antibióticos se considera una problemática de salud pública debido al alto consumo de los mismos lo que conlleva a diversos problemas como la generación de resistencia microbiana. Otra problemática ambiental de gran interés es la poca disponibilidad de agua potable en algunas partes del mundo. Por lo anterior, es de gran importancia la búsqueda de materiales catalíticos que permitan mejorar la calidad de las aguas residuales y/o de consumo a través de la degradación de contaminantes emergentes y/o de la inactivación de bacterias presentes en las mismas. En la presente investigación se reporta la síntesis de un material basado en TiO₂ comercial modificado con Ag y FeO_x con propiedades magnéticas. El objetivo es analizar la diferencia en los mecanismos de reacción al utilizar dicho material como catalizador en los procesos de degradación de levofloxacin y desinfección de aguas con *Escherichia coli* bajo luz solar simulada. El material fue sintetizado por el método hidrotérmico usando TiO₂ comercial (99.6% anatasa). La plata fue introducida mediante impregnación húmeda con AgNO₃ 0.1 M como precursor a -10°C. La plata fue reducida con NaBH₄. Luego de un proceso de calcinación a 500°C, el Fe fue introducido mediante un proceso de co-precipitación adicionando las cantidades adecuadas de (NH₄)₂Fe(SO₄)₂·6H₂O y NH₄Fe(SO₄)₂·12H₂O para obtener una relación molar [Fe²⁺]:[Fe³⁺] de 1:1.5. El mecanismo de reacción en la degradación de levofloxacin fue analizado en presencia y ausencia de especies capturadoras como KI, isopropanol, benzoquinona y furfural alcohol. De igual manera se realizaron reacciones de desinfección utilizando *E. coli* como bacteria modelo. Todas las reacciones fueron realizadas bajo luz solar simulada utilizando un reactor Suntest Atlas Hanau. Los resultados muestran un aumento en la cinética de inactivación *E. coli* cuando el material Ag-TiO₂ es modificado con FeO_x observándose una disminución de 4.0log₁₀UFC en 10 min. Sin embargo, la actividad catalítica en la degradación de levofloxacin se ve disminuida en aproximadamente un 65% cuando el material Ag-TiO₂ es modificado con FeO_x. La rápida inactivación de bacterias inducida por el catalizador magnético parece estar relacionada principalmente por el aumento de energía de su banda de valencia (VB) y banda de conducción (CB) con respecto a los niveles del material Ag-TiO₂, esto facilita un mejor aprovechamiento de la luz visible para generar huecos en la banda de valencia (VB(h⁺)) que actúen como intermediarios oxidativos en la inactivación de bacterias. De igual manera, la presencia de especies •OH y otras especies de oxígeno reactivas son fundamentales para la actividad en este proceso. Por otra parte, el análisis con sustancias capturadoras en la degradación de levofloxacin refleja que los VB(h⁺) y las especies O₂^{-•} son fundamentales para el óptimo desempeño del material Ag-TiO₂ y que los niveles de energía de la VB y CB cuando este material se modifica con FeO_x están por encima del nivel de energía de la levofloxacin lo que impide que la degradación se genere eficientemente.

Palabras clave: procesos de oxidación avanzada; inactivación *E. coli*; mecanismo de degradación.



Universidad de la Amazonia
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

