

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución
del programa consolidar-tragua



www.consolidar-tragua.com

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución
del programa consolidar-tragua

índice

oferta
tecnológica
desarrollada durante la ejecución
del programa consólder-tragua

índice

Presentación [4]

Fichas técnicas [6]

01. Asesoramiento en la implantación de sistemas de riego con aguas regeneradas [7]
02. Estudios de flujo y transporte a través de la zona no saturada (ZNS) [10]
03. Barreras permeables reactivas horizontales para la recarga de acuíferos con agua residual regenerada [13]
04. Filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales urbanas de pequeños municipios [19]
05. Eliminación de contaminantes prioritarios y emergentes e inactivación de microorganismos mediante procesos fotocatalíticos [24]
06. Diseño de catalizadores heterogéneos de hierro para su aplicación en procesos de oxidación avanzada foto-Fenton y sono-Fenton en la eliminación de contaminantes emergentes [29]
07. Sistema combinado de filtración-oxidación fotocatalítica para el tratamiento de aguas residuales urbanas [35]
08. Proceso híbrido de oxidación húmeda $H_2O_2-O_2$ con catalizadores basados en materiales carbonosos de bajo coste [40]
09. Proceso catalítico para el tratamiento de efluentes de blanqueo de pasta de papel [44]
10. Catalizadores de hierro soportado sobre carbón activo, de alta estabilidad, para la eliminación de contaminantes recalcitrantes de las aguas por oxidación con H_2O_2 [48]
11. Adsorción en lecho fijo [54]
12. Oxidación húmeda catalítica [57]
13. Procesos de ozonación y oxidación avanzada. Test de viabilidad en efluentes industriales. Procesos de separación mediante membranas. Test de viabilidad en efluentes secundarios e industriales [62]
14. Tecnología electroquímica para la regeneración de aguas depuradas [67]
15. Fotocatálisis solar mediante TiO_2 inmovilizado para tratamiento y reutilización de aguas depuradas [72]
16. Tratamiento de aguas superficiales y aguas residuales con tecnología de membranas para la obtención de efluentes de elevada calidad [77]
17. Foto-Fenton solar como sistema de tratamiento de efluente de EDAR para eliminación de contaminantes y desinfección [81]
18. Metodología analítica para la determinación de contaminantes orgánicos emergentes y prioritarios y sus metabolitos/productos de degradación en efluentes de EDAR a niveles traza [86]
19. Dispositivo de medida basado en microchips de silicio para medir la concentración de microorganismos en agua o en superficies sumergidas [89]
20. Identificación de microorganismos y caracterización de comunidades microbianas complejas mediante técnicas moleculares cultivo-independientes [93]
21. Método de evaluación cuantitativa de la capacidad autodepuradora de aguas residuales y recicladas [97]
22. Batería de ensayos subletales para valorar la toxicidad de efluentes de estaciones de depuración de aguas [101]

presentación

oferta
tecnológica
desarrollada durante la ejecución
del programa consolider-tragua

pre



El proyecto Consolider Tragua, entre otras tareas, se propuso profundizar en diferentes tecnologías; unas ya desarrolladas, otras en desarrollo pero todas ellas de gran utilidad para llevar a cabo el tratamiento de regeneración y posterior reutilización de agua. Las actividades para la reutilización son de tipo multidisciplinar, nuestro equipo Consolider-Tragua lo es y la oferta tecnológica que aparece en este documento, también.

La mayoría de los documentos a que ha dado lugar el conocimiento generado por Tragua es fruto del trabajo de varios de los 24 grupos de investigación implicados en el proyecto pero seguramente es este, la oferta tecnológica en el que están implicados un mayor número de grupos, 16.

Aunque la mayor parte de los desarrollos que aquí aparecen están descritos en profundidad en artículos científicos, en este documento aparecen fichas correspondientes a 22 tecnologías manejadas en el desarrollo de este proyecto. Estas fichas permiten conocer de una manera rápida la situación y estado de las mismas, pues contienen un resumen, descripción de las características fundamentales, aspectos innovadores, ventajas competitivas, etc.

Aunque es difícil establecer una clasificación de las tecnologías dado el carácter multidisciplinar del proyecto, se podrían clasificar atendiendo a cada una de las áreas en que hemos organizado el proyecto, unas tecnologías vinculadas a áreas químicas, otras a la biología y calidad biológica y otras más vinculadas a la utilización de aguas regeneradas en usos agrícolas, recreativos y ambientales.

Debemos destacar también, las ventajas de esta organización multidisciplinar, no solamente para afrontar problemas complejos -siempre pluridisciplinares- sino también por el efecto sobre la productividad científica y tecnológica de los grupos individuales, que es donde se observa con mayor claridad la sinergia.

Finalmente agradecer a todos los grupos que han hecho posible este documento y al coordinador general del mismo Jordi Mas.

Eloy García Calvo

Coordinador del proyecto Consolider-Tragua

fichas tecnológicas

oferta
tecnológica
desarrollada durante la ejecución
del programa consorder-tragua

fichas

ficha tecnológica

01



tragua


Asesoramiento en la implantación de sistemas de riego con aguas regeneradas

Grupo:	R6
Investigador principal:	M. Carmen Cabrera
Organización:	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Departamento:	Física
Teléfono:	928 454 478
Fax:	928 452 922
E-mail:	mcabrera@dfis.ulpgc.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Las prácticas de regadío con aguas regeneradas requieren una serie de estudios previos que deben ser llevados a cabo en previsión de futuros impactos no deseados en el medio.

Estos estudios incluyen la caracterización del agua a utilizar, del suelo, de los cultivos, del manejo del riego y del medio hidrogeológico que va a recibir los retornos del mismo.

El grupo de investigación de la ULPGC ha desarrollado una metodología para llevar a cabo todos estos trabajos de forma práctica, incluyendo la realización de análisis específicos de suelo, el estudio de las frecuencias de riego y el manejo del mismo en circunstancias concretas, el muestreo de la solución del suelo y el desarrollo de inventarios de puntos de agua y caracterización hidrogeológica.

Descripción y características fundamentales

El asesoramiento propuestos comprende:

- Toma de muestras de suelo y análisis en laboratorio.
- Instalación de dispositivos para el muestreo y análisis de la solución del suelo.
- Inventarios de puntos de agua con toma de datos de niveles piezométricos y muestras para análisis hidroquímicos.
- Utilización de técnicas isotópicas para caracterización hidrogeológica.
- Utilización de modelos de flujo y transporte de solutos en todo el continuo riego-suelo-acuífero.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Aspectos innovadores

La innovación de la metodología propuesta se basa en que se tiene en cuenta todo el medio que puede ser afectado de forma integrada, teniendo en cuenta cómo los resultados de cada uno de ellos afecta al siguiente.

Es la primera vez que se han llevado a cabo estos estudios integrados por parte de un equipo interdisciplinar.

Palabras clave

Aguas regeneradas, suelo, zona no saturada, acuífero.

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
 - Desarrollada, lista para demostración
 - En el mercado
-

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

La utilización de técnicas diversas por parte de un grupo multidisciplinar que tiene experiencia conjunta.

No necesita de comercialización al no constituir ningún desarrollo tecnológico.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |
-

No aplicable

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

No aplicable

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Agricultores, usuarios de aguas regeneradas para riego.

Información adicional

Página web

Persona de contacto:	María del Carmen Cabrera Santana
Organización:	Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Teléfono:	928 454 478
Fax:	928 452 922
E-mail:	mcabrera@dfis.ulpgc.es

Estudios de flujo y transporte a través de la zona no saturada (ZNS)

Grupo:	R4
Investigador principal:	Lucila Candela Lledó
Organización:	Universidad Politecnica de Cataluña
Departamento:	Ing. del terreno
Teléfono:	934 016 868
Fax:	934 017 251
E-mail:	Lucila.candela@upc.edu

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

El estudio de flujo y transporte a través de la ZNS y su importancia para el control de la contaminación de acuíferos requiere de metodología y estudios específicos. El grupo UPC trabaja habitualmente en la instrumentación (in situ y laboratorio) y puesta a punto de nuevos métodos de monitoreo y ensayo destructivos (suelos) como mediante la instrumentación y monitoreo de parcelas experimentales para estudios de flujo transporte.

Actualmente se ha puesto a punto una metodología analítica para ensayos de trazador en ZNS (Br) mediante técnicas de fluorescencia.

Descripción y características fundamentales

Los estudios realizados se basan en las siguientes metodologías:

- Ensayos de laboratorio: medidas de parámetros físico-químicos e hidráulicos de los materiales de la ZNS mediante instrumentación ad hoc.
- Ensayos de laboratorio para el estudio de transporte de trazador y contaminantes (batch, columnas)
- Modelación de los resultados obtenidos y determinación de parámetros de transporte.
- Ensayos in situ: instrumentación tradicional y electrónica. Monitoreo y toma de muestras (pasivas). Ensayos destructivos y monitoreo del transporte. Ensayos de trazador mediante métodos destructivos.
- Modelación de los resultados in situ. Evaluación de escenarios (*What if*).



Aspectos innovadores

En si la investigación presentada es en cierta forma innovadores, si bien el aspecto más innovador es el ensayo de trazador (Br) mediante métodos destructivos y su análisis en muestras sólidas mediante fluorescencia.

Su aplicación ha sido publicada en el Vadose Zone Journal.

Palabras clave

ZNS, ensayos in situ, laboratorio, flujo - transporte, modelización.

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
-
- Desarrollada, lista para demostración
 - En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

El ensayo desarrollado es de bajo coste y gran rapidez de aplicación. No necesita de comercialización al no constituir ningún desarrollo tecnológico.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |
-

No aplicable

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

No aplicable

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

No aplicable

Información adicional

No aplicable

Página web

Persona de contacto: Lucila Candela Lledó

Organización: Universidad Politecnica de Cataluña

Teléfono: 934 016 868

Fax: 934 017 251

E-mail: Lucila.candela@upc.edu

ficha tecnológica

03



tragua


Barreras permeables reactivas horizontales para la recarga de acuíferos con agua residual regenerada

Grupo:	R2, R3
Investigador principal:	Irene de Bustamante Javier Lillo
Organización:	Universidad de Alcalá Universidad Rey Juan Carlos
Departamento:	Dpto. de Geología (UAH) Dpto. de Biología y Geología (Área de Geología, URJC)
Teléfono:	918 854 921 914 887 016
Fax:	918 855 090 916 647 490
E-mail:	irene.bustamante@uah.es javier.lillo@urjc.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Las Barreras Permeables Reactivas (PRB - *Permeable Reactive Barrier*) son, según la Agencia Estadounidense de Protección del Medio Ambiente, zonas de tratamientos "in situ" formadas por materiales reactivos que transforman o inmovilizan los contaminantes cuando el agua fluye a su través. Diferentes trabajos han demostrado su efectividad para en el tratamiento de un amplio espectro de contaminantes tanto orgánicos como orgánicos.

Tradicionalmente esta tecnología se ha aplicado para remediación. Sin embargo en el Programa Consolider-TRAGUA, esta tecnología está siendo objeto de estudio para su aplicación como tratamiento regenerador de aguas residuales y realizar con ellas recarga artificial de acuíferos al amparo de lo establecido en el R.D. 1602/2007, sobre reutilización de aguas depuradas.

Descripción y características fundamentales

Una Barrera Permeable Reactiva (PRB - *Permeable Reactive Barrier*) es una zona pasiva de tratamiento "in-situ" formada por materiales reactivos que transforman o inmovilizan el contaminante cuando el agua fluye a su través (Figura 1). Las PRB, pueden actuar como filtro del agua que las atraviesa, reteniendo o adsorbiendo las sustancias químicas, y consiguiendo, con ello, una mejora adicional de la calidad de la misma.

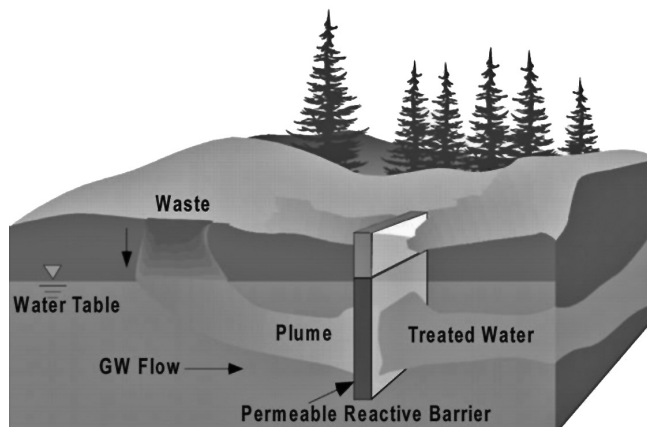


Figura 1. Esquema de una Barrera Permeable Reactiva (Powell et al,1998).

La tecnología de PRB se ha aplicado a un amplio espectro de contaminantes, demostrándose su eficacia en la eliminación tanto de compuestos orgánicos (por ejemplo, organoclorados), como de sustancias inorgánicas (por ejemplo, radionucleidos, metales pesados, nitratos, fosfatos, etc.).

La utilización de PRB's involucra la construcción semipermanente o permanente con reemplazo, de una barrera vertical, perpendicular al flujo de la pluma contaminante. En el caso aquí estudiado, la instalación de la barrera será horizontal, y sobre ella se verterán y dejarán infiltrar a velocidad natural, las aguas depuradas.

Estará constituida por materiales que interactúan con el agua que fluye a través de ellos, de manera que el contaminante es extraído del agua y retenido en la fase sólida por procesos físicos, químicos y/o biológicos, incluyendo la precipitación, la adsorción, la óxido-reducción, y la degradación/descomposición. Sobre estos procesos influyen distintos parámetros como los el pH, el potencial redox, la concentración y la temperatura.

La necesidad de eliminación de una gran variabilidad de compuestos en el agua, incluyendo los denominados PPCP's (*Pharmaceuticals and Personal Care Products*), hace pensar, que la mejor solución es utilizar barreras reactivas de varios niveles, intercambiando distintos tipos de reactivos, para obtención de mejores rendimientos. Concretamente, los materiales que están siendo estudiados dentro del programa Consolider-TRAGUA son carbón activo, zeolita, paligorskita y turba.



El carbón activo es un material muy poroso, cuyas propiedades como adsorbente se deben a su gran área superficial, a su estructura microporosa y a su gran reactividad superficial.

Tanto la paligorskita como la zeolita tienen una elevada capacidad de intercambio catiónico que posibilita la retención de cationes. Además pueden formar complejos de superficie, reteniendo así algunos aniones como por ejemplo los fosfatos.

En cuanto a la turba, se trata de un material orgánico, cuyos principales componentes son la lignina y la celulosa. Los grupos polares de la lignina pueden formar enlaces químicos, reteniendo así contaminantes. Además posee capacidad de intercambio catiónico y posibilita la acción de los microorganismos.

Esta tecnología está siendo desarrollada al amparo del R.D. 1620/2007, sobre reutilización de aguas residuales, en cuyo Anexo 1a apartado 5, establece los posibles usos ambientales así como sus calidades. Entre ellos se encuentra la "Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno" (calidad 5.1).

Aspectos innovadores

Tradicionalmente las PRB se instalaban de manera vertical en el suelo, para interceptar un pluma contaminante, tal y como se muestra en la figura 1. Sin embargo, en el programa Consolider-TRAGUA se está estudiando la posibilidad de instalarlas horizontalmente, y sobre ella verter agua residual tratada, para su infiltración en el acuífero (y así recargar el mismo). De esta manera las aguas residuales pasan a constituir un nuevo recurso de gran valor. No se trata en este caso de una tecnología de descontaminación, sino más bien una tecnología de regeneración de la calidad del agua tratada.

Otro aspecto innovador de esta tecnología es la combinación de varios materiales reactivos como arcillas (zeolita y paligorskita), carbón activo y materia orgánica (turba). Generalmente las PRB instaladas hasta la fecha están formadas por un sólo material que reacciona con uno ó dos únicos contaminantes de interés. En el caso aquí estudiado, al trabajar con aguas residuales tratadas, los contaminantes a retener son varios, no siendo eficaz para ello emplear un único material reactivo.

Finalmente indicar que esta barrera se está diseñando para las regeneración aguas residuales tratadas para la recarga artificial de acuíferos. Tal y como se indicó en el apartado de "Descripción y características fundamentales" esta tecnología fue diseñada para regeneración in situ, y no para regeneración de aguas residuales. Lo que en el programa Consolider-TRAGUA se está estudiando podría constituir un nuevo uso de esta tecnología.

Palabras clave

Barreras Permeables Reactivas Horizontales, Regeneración de aguas residuales, Recarga de acuíferos, Turba, Carbón activo, Zeolita, Paligorskita.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Grado de desarrollo de la tecnología

■ En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
- Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
- Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
- Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
- Coste de desarrollo aproximado:

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

La tecnología de Barreras Permeables Reactivas está siendo objeto de especial interés al considerarse como una de las alternativas más viables, por su relación coste/resultados, en la descontaminación y regeneración "in-situ" de suelos y aguas subterráneas. Su bajo coste y su escaso mantenimiento, hacen que esta tecnología sea viable para pequeñas poblaciones, donde los recursos económicos son mucho más limitados. No requiere el aporte de energía para su funcionamiento ya que trabaja a velocidad natural.

Mediante dicha tecnología, lo que tradicionalmente ha sido considerado como un residuo (aguas residuales) se convierte en un recurso de gran valor. La utilización de aguas residuales previamente depuradas para la recarga de acuíferos mediante dicha tecnología puede suponer un gran avance en la conservación de las masas de aguas subterráneas.

La utilización de PRB para la regeneración de los efluentes de depuradora antes de su posterior recarga en el acuífero supondrá una mejora cualitativa de la calidad del agua infiltrada. Gracias a la capacidad de retención de contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos por parte de algunos del carbón activo, zeolita, paligorskita y turba, el agua percolada llegará al acuífero en condiciones óptimas para su posterior empleo.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Para el desarrollo de la tecnología se ha establecido una colaboración (incluida en un Convenio Marco) con la Fundación Centro de Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA). El piloto se implementará en las instalaciones de la Fundación de la Planta Experimental de Carrión de los Céspedes (Sevilla).

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

- Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales de pequeñas poblaciones.
- Agricultores y comunidades de regantes.

Información adicional

Se puede consultar más información en relación a las PRB en los siguientes documentos:

- Gavaskar, A. (1999). *Design and construction techniques for permeable reactive barriers*. Journal of Hazardous Materials 68: 41-71 pp.
- Gavaskar A., Gupta, N., Sass, B., Janosy, R., Hicks, J. 2000. *Design Guidance for Application of Permeable Reactive Barriers for Groundwater Remediation*. Air Force Research Laboratory Tyndall Air Force Base, Florida. Contract No. F08637-95-D-6004. Delivery Order No. 5503.
- Ott, N. (2000). *Permeable Reactive Barriers for Inorganics*. EPA Risk Management Research, Washington DC, USA. 58 pp.
- Powell, R., Blowes D., Gillham, R., Schultz, D., Sivavec, T., Puls, R., Vogan, J., Powell, P., Landis, R. (1998), *Permeable reactive barrier technologies for contaminant remediation*. EPA Risk Management Research, Washington DC, USA. 94 pp.

Página web:

- www.consolider-tragua.com/1280.htm
- www2.uah.es/filtrosverdes/
- https://portal.navfac.navy.mil/portal/page/portal/NAVFAC/NAVFAC_WW_PP/NAVFAC_NFESC_PP/ENVIRONMENTAL/ERB/PRB
- www.epa.gov/ada/gw/prb.html



oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolidar-tragua

Persona de contacto: F. Javier Lillo Ramos

Organización: Universidad Rey Juan Carlos

Teléfono: 914 887 016

Fax: 916 647 490

E-mail: javier.lillo@urjc.es

ficha tecnológica

04



tragua


Filtros verdes para el tratamiento de aguas residuales urbanas de pequeños municipios

Grupo:	R2/R3
Investigador principal:	Irene de Bustamante Javier Lillo Juan José Salas
Organización:	Universidad de Alcalá Universidad Rey Juan Carlos CENTA
Departamento:	Geología Biología y Geología Tecnologías del Agua
Teléfono:	914 887 016 914 887 016 954 755 125
Fax:	916 647 490 916 647 490
E-mail:	irene.bustamante@uah.es javier.lillo@urjc.es jjsalaz@centa.es
Web:	www2.uah.es/filtrosverdes/

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Un Filtro Verde es una parcela o parcelas, dimensionadas en función del influente a tratar, donde se instala vegetación arbórea, que se riegan con el agua residual. El agua residual se evapora parcialmente, y el resto es captada por las raíces de los árboles y filtrada a través del suelo.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolidar-tragua

A diferencia de los sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales, no es necesario la aportación de energía externa, por lo que los costes de operación y mantenimiento se ven muy reducidos. Además, es una tecnología robusta y de sencillo manejo. Es por ello, que esta tecnología es ideal para el tratamiento de aguas residuales urbanas procedentes de pequeños municipios, con fuertes oscilaciones de caudal.

Descripción y características fundamentales

Un Filtro Verde es una parcela o parcelas, dimensionadas en función del influente a tratar, donde se instala vegetación arbórea, que se riega con el agua residual. El agua residual se evapora parcialmente, y el resto es captada por las raíces de los árboles y filtrada a través del suelo. Antes de su aplicación al terreno, es conveniente introducir algún sistema de tratamiento primario, que elimine sólidos gruesos, arenas, grasas y sólidos en suspensión. Pero estos sistemas van más allá que una simple depuradora, puesto que a la vez que tratamos el agua estamos produciendo biomasa con un elevado valor económico, si se producen excedentes de calidad, pueden percolar al acuífero subyacente a la parcela y contribuyen a la disminución del CO_2 .

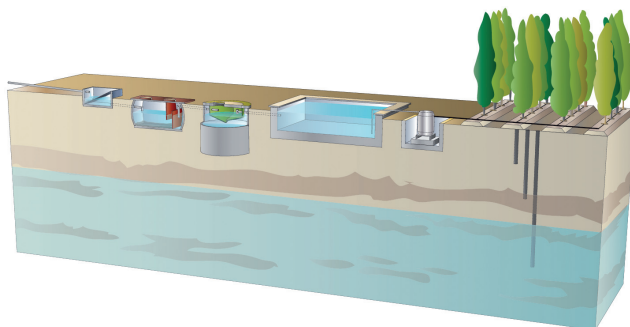


Figura 1. Esquema de funcionamiento de un filtro verde

Aspectos innovadores

El escalado de sistemas de tratamiento convencional para la depuración de efluentes procedentes de pequeñas poblaciones no es eficaz, ya que debido a sus altos costes de funcionamiento y mantenimiento acaban siendo abandonados. Los Filtros Verdes, se han mostrado como un sistema de tratamiento muy adecuado, tanto por sus bajos costes de explotación, sencillo mantenimiento y elevado rendimiento.

A diferencia de otro tipo de tecnologías, los Filtros Verdes, pueden gestionarse sin aporte energético externo, por lo que los costes se ven muy reducidos. Además, su mantenimiento se asemeja a labores agrícolas, por lo que no necesita personal especializado, difícil de encontrar en municipios aislados.

La producción de biomasa de alta calidad es otro de los aspectos a destacar, puesto que suponen una reducción importante de los costes finales del sistema.

Para conseguir una mayor cantidad de biomasa generada por metro cúbico tratado así como una optimización en la eliminación de nutrientes, actualmente se está probando.



El uso de esta tecnología con plantaciones de alta densidad, reduciendo mucho el marco de plantación, hasta llegar a los 10.000 ejemplares por ha. Esto producirá un mayor consumo en nutrientes y por tanto un mejor tratamiento del agua. Por otro lado, y puesto que la biomasa generada se retirará en ciclos cortos (menores a 3 años) se aprovechará el periodo de máximo crecimiento vegetativo.

Palabras clave

Filtros Verdes, Tratamiento de Aguas, Recarga, Biomasa.

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
-
- Desarrollada, lista para demostración
 - En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

Los Filtros Verdes se consideran una tecnología fiable, robusta y de bajo mantenimiento. Esto, unido a sus moderados costes de implantación, hace que los Filtros Verdes sean una tecnología muy competitiva para el tratamiento de aguas residuales de pequeños municipios o sistemas aislados.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Por otro lado, la producción de biomasa, ya sea de gran calidad (ciclos mayores a 10 años) o de forma intensiva (ciclos de corta de 2 a 3 años), genera un subproducto con valor comercial que reduce los costes finales de operación y mantenimiento. Además, el valor añadido generado por la captura de CO₂ en los procesos de crecimiento de la biomasa, puede suponer un imput a tener en cuenta en el caso de instalaciones de mayor tamaño.

La recarga del excedente tratado supone además otra gran ventaja, que puede permitir la reutilización de la misma en periodos de mayor demanda.

Por último, el impacto ambiental generado por este tipo de tratamientos es mínimos, e incluso en algunos casos positivo, pues genera un ecosistema forestal de gran valor natural y paisajístico.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input checked="" type="checkbox"/> Software registrado | |
-

Existen 2 patentes relacionadas con la tecnología propuesta:

- Compuerta automática para la gestión de caudales.
- Sensor de nitratos en continuo (licitada).

Además, se está desarrollando un software específico para el dimensionamiento y operación de estas instalaciones.

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

- Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales de pequeñas poblaciones.
- Asociaciones productoras de biomasa o de madera.

Información adicional

- De Bustamante, I., Alpuente J., Sanz García, J. M., López Espí, P., Dorado Valiño, M., López Ferreras, F., y Roquero, E. (2001). *Nueva metodología de diseño, control y gestión de filtros verdes. Aplicación a sistemas en funcionamiento*. Hidrogeología y Recursos Hidráulico. T-XXIV: 585-594. AEH (Spanish Association of Hydrogeologist). Murcia, Spain.
 - De Bustamante, I., Dorado M., Vera S., y Oliveros C. (1998). *Filtros verdes. Un sistema para la depuración y reutilización de aguas residuales*. Tecnoambiente. 79: 73-75.
 - De Bustamante, I., Lillo, J., García, E., De Miguel, A., Martínez, F., Sanz, J.M., y Corvea, J.L. (2009). *A comparison of different methodologies for land application systems: application to Redueña's WWTP*. Desalination and Water Treatment. 4:98-102.
 - De Bustamante, I., Mateos, J., Tomas, A., Dorado, M., Sanz, J., y Vera, S. (2000). *Filtros verdes: a system of wastewater purification and reuse*. 1st World Water Congress of the IWA. CDROM ISBN:2-9515416-0-0, EAN:9782951541603. Paris, France.
-

Página web:

- www.consolider-tragua.com/1280.htm
- www2.uah.es/filtrosverdes/

Persona de contacto:	Irene de Bustamante
Organización:	Universidad de Alcalá
Teléfono:	918 305 962
Fax:	918 305 961
E-mail:	irene.bustamante@imdea.org

Eliminación de contaminantes prioritarios y emergentes e inactivación de microorganismos mediante procesos de fotocatalíticos

Grupo:	T2
Investigador principal:	Rafael Van Grieken Salvador
Organización:	Universidad Rey Juan Carlos
Departamento:	Tecnología Química y Ambiental
Teléfono:	914 887 007
Fax:	914 887 068
E-mail:	rafael.vangrieken@urjc.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Se trata de un proceso basado en la utilización de un catalizador semiconductor como el TiO_2 iluminado por radiación UV-A. El proceso opera en condiciones ambientales de presión y temperatura, sin necesidad de añadir reactivos oxidantes adicionales a la simple existencia de un suficiente contacto con el aire. La iluminación del sistema puede hacerse utilizando luz solar o lámparas de UV cercano, más económicas que las lámparas utilizadas en los procesos de desinfección por UVC.

Se han desarrollado diferentes métodos de síntesis de TiO_2 y de TiO_2 modificado con elementos metálicos y no metálicos. Por otra parte se han desarrollado métodos para inmovilizar el catalizador en un soporte transparente a través de un procedimiento que garantiza su estabilidad en el tiempo. La utilización del catalizador inmovilizado ha mostrado que su eficacia es comparable a la de la utilización del catalizador en suspensión, eliminando la necesidad de posterior separación del mismo y posibilitando la operación en continuo del proceso.

Dichos sistemas se han aplicado con éxito tanto a la eliminación de contaminantes prioritarios y emergentes como a la inactivación de microorganismos, con vistas a su utilización en procesos de desinfección para la regeneración de aguas.

Descripción y características fundamentales

La fotocatalisis puede definirse como la aceleración de una reacción por la absorción, directa o indirecta, de energía radiante (visible o UV) por parte de un catalizador, ya sea por vía homogénea, o por vía heterogénea a través de materiales semiconductores de banda ancha. En los sistemas heterogéneos, los procesos catalizados son fundamentalmente reacciones redox aceleradas por la fotogeneración de pares electrón-hueco de elevado poder reductor y oxidante, respectivamente. Estas reacciones tienen lugar en la interfase entre el sólido y la fase fluida, sin que el catalizador sufra cambios químicos al finalizar el proceso, no existiendo actividad catalítica en ausencia de radiación. En la bibliografía pueden encontrarse numerosos trabajos de revisión sobre los procesos fotocatalíticos, conocidos en el ámbito científico desde hace algunas décadas.

En la Figura 1 se muestra un esquema simplificado del proceso. El material semiconductor más utilizado es el dióxido de titanio (TiO_2), producto no tóxico, químicamente muy estable, barato y abundante, que tradicionalmente se ha utilizado como pigmento en fabricación de pinturas. Como oxidante puede utilizarse el oxígeno presente en el aire lo que reduce enormemente el coste de reactivos químicos para el proceso. Además, es posible llevar a cabo el proceso mediante iluminación con luz solar lo que presenta importantes ventajas desde el punto de vista del impacto ambiental de esta tecnología.

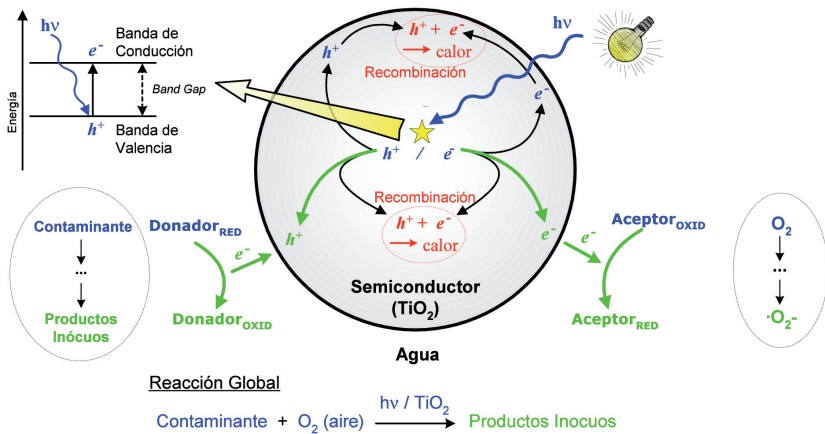


Figura 1. Esquema simplificado de los procesos fotocatalíticos heterogéneos.

La aplicación comercial de los procesos fotocatalíticos está aún en desarrollo, especialmente en el ámbito de los procesos de desinfección, debido a los numerosos factores que todavía se encuentran en fase de estudio.

Los mecanismos de inactivación celular no se conocen demasiado. Lo más aceptado es que la membrana externa es el primer sitio de ataque de los radicales $\text{OH}\cdot$, dando lugar a una oxidación de los lípidos insaturados de la misma. Este ataque conduce a la destrucción de la envoltura celular, aumentando la permeabilidad y permitiendo el ataque a componentes internos citoplasmáticos como la coenzima A, clave en la respiración, o directamente al ADN. Este mecanismo se esquematiza en la Figura 2.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolidar-tragua

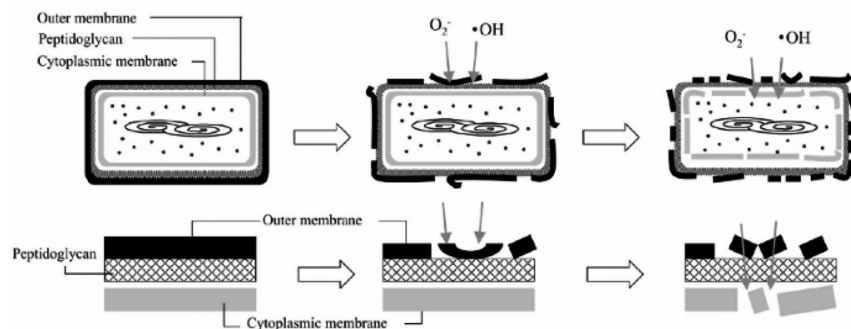


Figura 2. Mecanismo de inactivación fotocatalítica de microorganismos
(Sunada et al., J. Photochem. Photobiol. A, 2003).

Los sistemas catalíticos desarrollados han sido validados en numerosos estudios sobre las diferencias existentes entre las reacciones de inactivación de microorganismos y las de oxidación de compuestos químicos, la influencia de la estructura biológica de los microorganismos, el efecto de la composición química del agua y la dependencia del proceso respecto de la intensidad de la radiación incidente, mostrando resultados muy prometedores para la aplicación de esta tecnología en la eliminación de contaminantes prioritarios y emergentes durante los procesos de desinfección para la regeneración de aguas residuales depuradas.

Aspectos innovadores

Los catalizadores sintetizados muestran características mejoradas respecto de los materiales comerciales comúnmente utilizados en estos procesos.

El proceso de inmovilización del catalizador garantiza su estabilidad en el tiempo posibilitando la operación del sistema en continuo sin necesidad de posterior separación del catalizador.

Palabras clave

Fotocatálisis, contaminantes emergentes, contaminantes prioritarios, desinfección, catalizador inmovilizado.



Grado de desarrollo de la tecnología

■ En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
- Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
- Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
- Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
- Coste de desarrollo aproximado: 250.000 €

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

- El proceso opera a presión atmosférica y temperatura ambiente.
- No requiere la adición de reactivos.
- Posibilidad de utilizar luz solar para llevar a cabo el proceso.
- No requiere separación del catalizador pudiendo operar en continuo.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

Patente solicitada

Patente concedida

Software registrado

Derechos exclusivos

Secreto industrial



oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

Desarrollo del proceso a escala de planta piloto.

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Plantas de tratamiento de aguas potables y de regeneración de aguas residuales depuradas.

Información adicional

Página web

Persona de contacto: Rafael van Grieken Salvador

Organización: Universidad Rey Juan Carlos

Teléfono: 914 887 007

Fax: 914 887 068

E-mail: rafael.vangrieken@urjc.es

ficha tecnológica

06



tragua

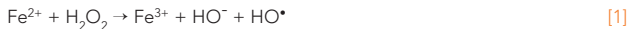

Diseño de catalizadores heterogéneos de hierro para su aplicación en procesos de oxidación avanzada foto-Fenton y sono-Fenton en la eliminación de contaminantes emergentes

Grupo:	T2
Investigador principal:	Rafael Van Grieken Salvador
Organización:	Universidad Rey Juan Carlos
Departamento:	Tecnología Química y Ambiental
Teléfono:	914 887 007
Fax:	914 887 068
E-mail:	rafael.vangrieken@urjc.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

El proceso Fenton convencional basado en la utilización de sales de hierro en disolución junto con peróxido de hidrógeno se está aplicando actualmente para el tratamiento de algunos contaminantes modelo y efluentes industriales. Esta técnica se basa en la capacidad de las especies de Fe^{II} para la producción de radicales hidroxilo de elevado potencial oxidante a partir de la descomposición del peróxido de hidrógeno [1]. De forma simultánea, aunque con una velocidad de reacción muy inferior se produce la reducción de Fe^{III} para la regeneración de Fe^{II} [2], siguiendo el ciclo oxidación-reducción que se muestra a continuación.



Las directivas de la Unión Europea en materia de calidad del agua permiten una concentración de hierro disuelto muy reducida, lo que obliga a etapas de neutralización para la precipitación de las especies de hierro disueltas y su posterior separación en forma de lodos metálicos tras el proceso de fotooxidación. Por este motivo, se han iniciado nuevos sistemas Fenton basados en minimizar la concentración de hierro disuelta en el agua, sin afectar de forma crítica a la eficacia del proceso.

De este modo, las alternativas tecnológicas al proceso Fenton homogéneo se han centrado por una parte en acelerar la regeneración de especies de Fe^{II} , principal responsable de la generación de radicales hidroxilo, reduciendo así la concentración inicial necesaria de Fe^{II} , y por otra, desarrollar catalizadores heterogéneos de hierro, de elevada actividad y estabilidad, que sustituyan al catalizador homogéneo, además de facilitar su recuperación y reutilización.

Esto ha podido alcanzarse con la aplicación de radiación de ultravioleta visible-cercana o de ondas acústicas de ultrasonidos de baja frecuencia en lo que se conoce como procesos foto-Fenton y sono-Fenton, junto con la utilización de un catalizador de óxido de hierro soportado sobre una sílice mesoporosa para su aplicación en polvo, o incluso inmovilizado sobre la pared de un reactor para el proceso foto-Fenton. Estos procesos se han empleado con éxito para la degradación de diferentes contaminantes farmacéuticos en aguas sintéticas simuladas y en un agua residual real.

Descripción y características fundamentales

La combinación del reactivo Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) homogéneo con radiación UV-Visible ha sido ampliamente estudiada para la eliminación de diferentes contaminantes orgánicos. La radiación lumínica permite la excitación de las especies de Fe^{3+} hidratadas que se forman durante el proceso Fenton [3], que por transferencia de un electrón genera un radical hidroxilo adicional, regenerando el ión Fe^{2+} [4]. La energía para producir esta reacción no es muy elevada, necesitando una radiación lumínica con longitud de onda superior a 360 nm.



La combinación del reactivo Fenton ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$) homogéneo con ultrasonidos también se ha estudiado en gran medida para la degradación de contaminantes no biodegradables en baja concentración. La eficacia del proceso reside en la combinación del fenómeno de cavitación producido por las ondas acústicas de ultrasonidos y la actividad catalítica del reactivo Fenton. La explicación más generalizada del efecto químico de la cavitación se relaciona con la elevada energía que se desprende cuando se produce el colapso de las microcavidades formadas. Esta energía es lo suficientemente elevada como para producir la ruptura de las moléculas, produciendo la descomposición térmica del contaminante alojado en el interior de las microcavidades o sus alrededores, o la formación de radicales libres capaces de iniciar la oxidación del contaminante (Figura 1).

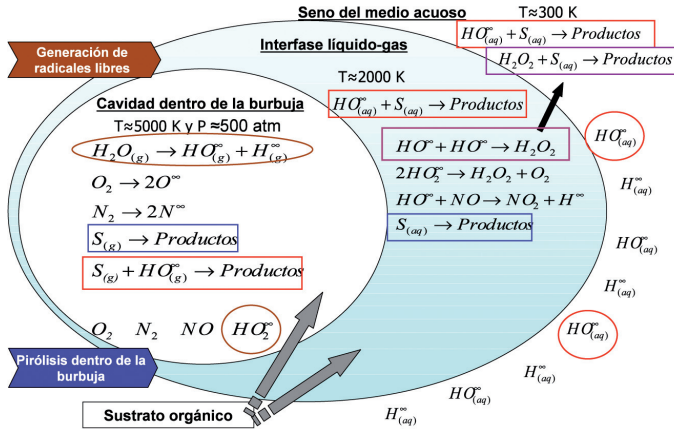


Figura 1. Esquema del fenómeno de cavitación en procesos de ultrasonidos.

La combinación de ultrasonidos con un catalizador Fenton heterogéneo afecta a la propagación de las microcavidades generadas en el agua, provocando un mayor número de rupturas e implosiones que desencadenan una mayor producción de radicales libres. Además, las implosiones que tienen lugar sobre la superficie de las partículas produce la degradación de los compuestos adsorbidos sobre su superficie así como evita la desactivación del catalizador por la deposición de estos compuestos. Por otra parte, el hierro contenido en el catalizador heterogéneo puede acelerar también la regeneración de Fe^{II} a partir de la reducción del complejo formado de Fe^{III} y H_2O_2 ($[Fe-OOH]^{2+}$) [5][6], incrementando con ello la cinética de producción de radicales.



Estos procesos foto- y sono-Fenton se han llevado a cabo con un catalizador preparado a partir de la incorporación de hierro sobre una sílice mesoporosa tipo SBA-15, con un contenido en hierro de aproximadamente un 19% en peso. El material preparado en polvo tiene un tamaño medio de partícula de $14 \mu\text{m}$, con una superficie específica de $495 \text{ m}^2/\text{g}$ y una distribución de tamaño de poro estrecha y centrada en 7 nm . Las especies de hierro inmovilizadas se encuentran en forma de diferentes fases de óxido de hierro, fundamentalmente hematita, con un tamaño que oscila entre $3-300 \text{ nm}$. En la Figura 2 se muestra un esquema de la estructura del material.

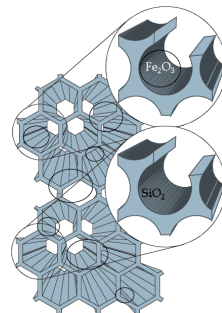


Figura 2. Esquema del catalizador $Fe_2O_3/SBA-15$.

Ambos procesos se han realizado en instalaciones experimentales que operan en discontinuo. En el caso del proceso Foto-Fenton, se ha empleado un lámpara de radiación UV-Vis de media presión de mercurio de 150 W (modelo TQ-150, Heraeus). La lámpara se encuentra rodeada por una camisa de cuarzo por la que circula una disolución de sulfato de cobre, que actúa de refrigerante y filtro de longitudes de onda inferiores a 313 nm. En el caso del proceso sono-Fenton, se ha empleado una sonda de ultrasonidos con punta de titanio de 1,3 cm de diámetro de 20 kHz de frecuencia y potencia variable mediante control de la amplitud de onda, que puede emitir de forma constante o en pulsos programados.

La utilización de catalizadores heterogéneos en polvo solventa el problema del hierro disuelto del proceso homogéneo convencional y la consecuente generación de lodos metálicos. Sin embargo, la utilización del catalizador en polvo requiere también de etapas físicas posteriores de sedimentación, filtración, etc para su recuperación, aunque de menor coste. Por este motivo, también se ha trabajado en la inmovilización del catalizador en la propia pared del reactor para el caso de procesos foto-Fenton, empleando partículas de un óxido puro (goetita y hematita), así como el propio catalizador en polvo $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SBA-15}$. La lámpara, de idénticas características a la descritas anteriormente, se sitúa en el centro del eje coaxial del foto-reactor anular de tubos concéntricos. La Figura 3 muestra un esquema del foto-reactor anular de película desarrollado.

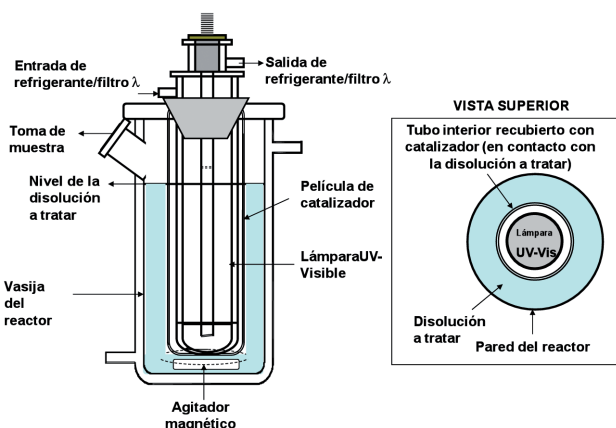


Figura 3. Foto-reactor anular con catalizador heterogéneo inmovilizado sobre la pared del reactor.

La eficacia del catalizador $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SBA-15}$ en los sistemas sono-fenton y foto-Fenton se ha evaluado para la eliminación de diferentes fármacos modelo en disoluciones de agua desionizada y en un agua sintética con una composición semejante al de un efluente de salida de un tratamiento biológico de una EDAR. El estudio realizado con concentraciones iniciales de 10 mg/L de los contaminantes, permitieron optimizar las condiciones de concentración de catalizador y de concentración inicial de peróxido de hidrógeno. También se ha evaluado la actividad del catalizador para el tratamiento de un agua residual real de EDAR y de muestras naturales tomadas de diferentes ríos de la Comunidad de Madrid. En ambos casos, se observó la degradación prácticamente total de los contaminantes farmacéuticos monitorizados (antipiréticos, β -bloqueantes, analgésicos, antiinflamatorios, antibióticos, etc.) en el rango de concentraciones detectado en función de la procedencia de las muestras (desde $\mu\text{g/L}$ hasta ng/L).



Aspectos innovadores

Catalizadores tipo Fenton basados en la incorporación de hierro sobre una sílice mesoporosa en polvo para su aplicación en procesos foto- y sono-Fenton, en sustitución de los sistemas homogéneos convencionales de hierro en disolución. Inmovilización del catalizador heterogéneo sobre la pared del reactor para su aplicación en procesos foto-Fenton. Estos catalizadores han mostrado una eficacia comparable a la de los sistemas homogéneos convencionales y una baja pérdida de hierro por lixiviación en los ensayos catalíticos realizados en discontinuo para la eliminación de compuestos farmacéuticos.

Palabras clave

Foto-Fenton, sono-Fenton, catalizador heterogéneo, contaminantes farmacéuticos.

Grado de desarrollo de la tecnología

■ En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
- Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
- Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
- Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
- Coste de desarrollo aproximado: 250.000 €

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

- Ambos procesos foto- y sono-Fenton operan a presión atmosférica y temperatura ambiente.
- Posibilidad de utilizar luz solar para llevar a cabo el proceso foto-Fenton.
- Ambos procesos no requieren etapas posteriores al tratamiento para la separación de las sales de hierro del proceso homogéneo convencional.
- Ambos procesos no requieren la gestión de los lodos metálicos generados en la etapa de separación.
- Ambos procesos reducen los costes de operación al no requerir las etapas de separación del catalizador homogéneo.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- Patente solicitada
- Patente concedida
- Software registrado
- Derechos exclusivos
- Secreto industrial

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Desarrollo del proceso a escala de planta piloto.

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Plantas de tratamiento de aguas potables y de regeneración de aguas residuales depuradas.

Información adicional

Página web

Persona de contacto: Rafael van Grieken Salvador

Organización: Universidad Rey Juan Carlos

Teléfono: 914 887 007

Fax: 914 887 068

E-mail: rafael.vangrieken@urjc.es

ficha tecnológica

07



tragua


Sistema combinado de filtración-oxidación fotocatalítica para el tratamiento de aguas residuales urbanas

Grupo:	T2
Investigador principal:	Rafael Van Grieken Salvador
Organización:	Universidad Rey Juan Carlos
Departamento:	Tecnología Química Y Ambiental
Teléfono:	914 887 007
Fax:	914 887 068
E-mail:	rafael.vangrieken@urjc.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Se trata de un sistema que combina la filtración por membranas con diferentes procesos fotocatalíticos, con el fin de optimizar la eliminación de contaminantes en aguas residuales urbanas. La utilización de un sistema de este tipo posibilita la aplicación de diferentes tratamientos, ya sean tradicionales o avanzados en la obtención de diferentes calidades de agua según la futura utilización de la misma.

La tecnología de membranas abarca un campo de aplicación que va más allá de su uso como pretratamiento (ultrafiltración) o potabilización (ósmosis inversa) del agua en las actuales EDAR o ETAP. Este tipo de tecnología a través de la reconcentración y la separación selectiva de contaminantes, facilita la aplicación de muchos procesos de oxidación avanzada responsables de la eliminación de los mismos. En casos, donde la carga de contaminantes no es lo suficientemente grande, no resulta propicio el uso de determinados procesos de oxidación. Sin embargo, la reconcentración de los mismos mediante la filtración de membranas permite alcanzar valores que se ajustan a los intervalos de concentración comprendidos en los campos de aplicación de diferentes procesos de oxidación. La separación selectiva es aplicada a determinados procesos donde algunos de los productos de oxidación muestran un carácter refractario a este tipo de tratamientos.

Descripción y características fundamentales

Las operaciones de membrana pueden utilizarse para concentrar o purificar una disolución o una suspensión (disolvente-soluto o separación de partículas) y para fraccionar una mezcla (separación soluto-soluto). Los procesos impulsados por una diferencia de presión que se aplican con mayor frecuencia al tratamiento de aguas se describen en la Figura 1.

El principio básico de la microfiltración (MF) y la ultrafiltración (UF) es la separación física. Es el tamaño de poro de la membrana lo que determina hasta qué punto son eliminados los solutos de interés. Las sustancias que poseen un tamaño menor que las dimensiones de los poros de la membrana son retenidas totalmente. La diferencia principal entre ambas, radica en el tamaño de partícula que separan: las membranas de microfiltración tienen un tamaño de poro típicamente de más de $0,1 \mu\text{m}$ y las de UF entre $0,04$ y $0,1 \mu\text{m}$. La nanofiltración (NF) es un proceso que combina una alta permeabilidad al agua con una gran retención de solutos orgánicos de peso molecular cercano a los 200 g mol^{-1} , lo cual se traduce en un gran ahorro energético. La ósmosis inversa (OI) es un procedimiento que garantiza el tratamiento desalinizador físico, químico y bacteriológico del agua. Funciona, generalmente, mediante membranas de poliamida semipermeables, enrolladas en espiral, que actúan de filtro, reteniendo la mayor parte de las sales disueltas al tiempo que impiden el paso de las bacterias y los virus, obteniéndose un agua de alta pureza.

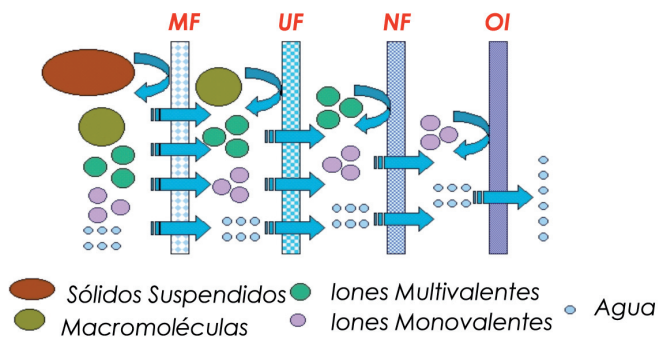


Figura 1. Representación de los niveles de rechazo según las especies involucradas.

En la aplicación presentada en la presente ficha, la tecnología de membranas se aplica a dos procesos de separación diferentes: reconcentración de contaminantes y separación selectiva de sus productos de oxidación. En ambas aplicaciones las tecnologías propuestas fueron la NF y la OI dadas sus prestaciones en el rechazo selectivo de diferentes solutos según la naturaleza y carga eléctrica.

La figura 2 muestra un esquema para un sistema integrado de filtración-oxidación fotocatalítica aplicada a efluentes de aguas residuales urbanas.

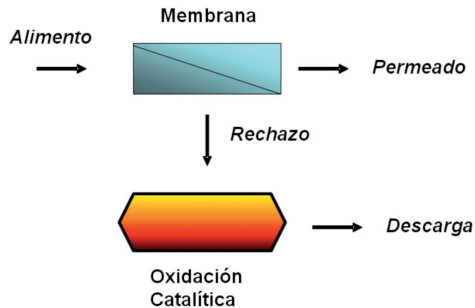


Figura 2. Esquema de integración de procesos de oxidación/membranas-reconcentración

La carga de contaminantes promedio que caracteriza a las aguas residuales urbanas está comprendida en el intervalo de las partes por billón (ppb), si bien en algunos casos, como consecuencia de accidentes, la concentración de los mismos alcanza las decenas de partes por millón (ppm).

En los ensayos realizados con contaminantes orgánicos farmacéuticos en el sistema integrado membranas/oxidación fotocatalítica, se emplearon disoluciones con concentraciones iniciales inferiores a las 10 ppm. Como resultado de la evolución temporal del proceso de reconcentración mediante membranas de NF y OI se alcanzaron concentraciones superiores a los 60 ppm, valor de concentración que se encuentra dentro del intervalo habitual de aplicación en fotocatalisis heterogénea, o procesos fotofenton. Además en el proceso se obtuvo un permeado de alta calidad (contenidos de soluto en el rango de las ppb). Se verificó además la utilización de membranas comerciales de NF cerradas, como el caso de la NF-90 (Dow-Filmtec). La sustitución de membranas de NF en lugar de las tradicionales de OI, usadas en procesos de reconcentración, permite alcanzar cotas de producción (flujos) superiores a esta últimas, sin comprometer la calidad del producto. Esta última propuesta conlleva un ahorro energético adicional.

El otro marco de aplicación de este sistema combinado de filtración- oxidación fotocatalítica, como se ha planteado antes, es la separación selectiva.

La posible presencia de una oxidación parcial (formación de compuestos intermedios), condiciona la eficacia del proceso de oxidación debido a los diferentes grados de resistencia a la oxidación que exhiben los compuestos que se forman. La rápida aparición en el proceso de compuestos fácilmente biodegradables, los cuales presentan un alto poder refractario hacia la oxidación, dificulta la eficiencia del proceso, es decir, entorpece la mineralización completa de los contaminantes.

Como posible solución se propone la integración de la tecnología de membranas en un proceso global de oxidación, como fase intermedia entre la oxidación catalítica y la biológica, con el fin de separar de la corriente a aquellos productos catalíticos resistentes a la biodegradación, devolviéndolos a la fase inicial, mientras que los productos intermedios son conducidos a un biorreactor. Una representación esquemática de dicho proceso de integración se ofrece en la figura 3.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolidar-tragua

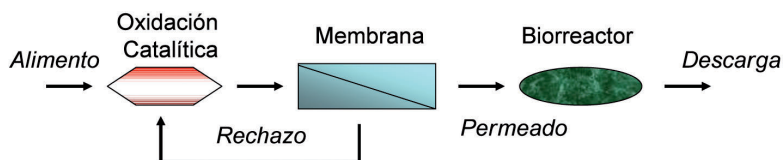


Figura 3. Esquema de integración de procesos de oxidación/membranas-separación selectiva

La combinación propuesta se aplicó a efluentes acuosos dopados con contaminantes orgánicos como la atrazina y algunos tipos de fenoles, lográndose una separación selectiva entre productos intermedios, de distinta naturaleza química, de hasta un 40 %. A través de la variación de distintos parámetros de operación como la presión y el pH de la disolución de aporte se alcanzaron los objetivos deseados.

Aspectos innovadores

El proceso de integración de la tecnología de membranas con procesos de oxidación fotocatalítica se aplica por vez primera a efluentes acuosos de contaminantes orgánicos de tipo farmacéutico. Posibilita mediante la reconcentración de fármacos la aplicación de procesos fotocatalíticos en la degradación de contaminantes orgánicos emergentes. A través de la separación selectiva de los productos de oxidación se optimiza el rendimiento de dichos procesos.

Palabras clave

Membrana, Nanofiltración, Ósmosis Inversa, fotocatalisis.

Grado de desarrollo de la tecnología

■ En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
- Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
- Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
- Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
- Coste de desarrollo aproximado: 350.000 €

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

- El proceso opera a temperatura ambiente.
- No requiere la adición de reactivos

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

Desarrollo del proceso a escala de planta piloto.

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Plantas de tratamiento de aguas potables y de regeneración de aguas residuales depuradas.

Información adicional

Página web

Persona de contacto: Rafael van Grieken Salvador

Organización: Universidad Rey Juan Carlos

Teléfono: 914 887 007

Fax: 914 887 068

E-mail: rafael.vangrieken@urjc.es

Proceso híbrido de oxidación húmeda $H_2O_2-O_2$ con catalizadores basados en materiales carbonosos de bajo coste

Grupo:	Procesos y Sistemas de Ingeniería Ambiental
Investigador principal:	Juan José Rodríguez
Organización:	Universidad Autónoma de Madrid
Departamento:	Sección Departamental de Ingeniería Química. Departamento de Química-Física Aplicada
Teléfono:	914 974 048
Fax:	914 973 516
E-mail:	juanjo.rodriguez@uam.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

La invención propuesta por el grupo de Procesos y Sistemas de Ingeniería Ambiental de la UAM consiste en el tratamiento de aguas residuales industriales mediante un proceso de oxidación húmeda catalítica intensificado por adición de peróxido de hidrógeno. Los resultados preliminares obtenidos en el tratamiento de aguas fenólicas sintéticas demuestran que el efluente tratado alcanza una mayor degradación de los compuestos fenólicos y un mayor grado de oxidación, además de niveles de toxicidad despreciables, a tiempos cortos de reacción.

Descripción y características fundamentales

La oxidación húmeda, conocida como WAO (Wet Air Oxidation), es una tecnología bien establecida para la eliminación de contaminantes orgánicos, y algunos inorgánicos, de aguas procedentes de procesos industriales y aguas residuales con DQO entre 20 y 200 g/L. Se trata de la oxidación de sustancias disueltas o en suspensión en fase acuosa utilizando una fuente de oxígeno gas, por lo general aire, a altas presiones (0,5-20 MPa) y temperaturas (400-700 K). Las temperaturas elevadas son convenientes para asegurar una oxidación rápida y un alto grado de mineralización, mientras que las elevadas presiones permiten llevar a cabo la reacción en fase líquida y aumentar la solubilidad del oxígeno en el agua. La reacción de oxidación transcurre mediante un mecanismo de radicales libres.

El grado de oxidación obtenido del efluente depende de la temperatura, la presión parcial de oxígeno, el tiempo de residencia y la reactividad de los contaminantes específicos. Si los contaminantes orgánicos no son mineralizados por completo a CO_2 , son parcialmente degradados a compuestos oxigenados de bajo peso molecular como metanol, etanol, acetaldehído o ácidos, como el ácido maleico, fumárico, malónico, oxálico, propiónico, acético o fórmico. El nitrógeno es convertido en nitratos, nitrógeno elemental y, principalmente, en amoníaco. Los halógenos, el azufre y el fósforo son oxidados a haluros inorgánicos, sulfatos y fosfatos, respectivamente.

La incorporación de un catalizador al proceso de oxidación húmeda, CWAO (Catalytic Wet Air Oxidation), aumenta la eficacia del proceso (conversiones y biodegradabilidad del efluente), minimiza las emisiones, permite trabajar en condiciones de operación más suaves (disminuye la demanda energética del proceso) y también permite operar con un tiempo de residencia menor. Por lo tanto, el catalizador afecta positivamente a la economía del proceso.

Actualmente, la investigación en el campo de la oxidación húmeda catalítica todavía necesita hacer frente a importantes desafíos:

- i) La búsqueda de catalizadores de bajo coste y respetuosos con el medio ambiente.
- ii) La optimización de la actividad del catalizador, manteniendo una alta estabilidad.

En este contexto, se plantea el uso de catalizadores basados en materiales carbonosos en procesos de oxidación húmeda para tratamiento de aguas residuales generadas en diferentes industrias. Se trata de catalizadores económicos y poco selectivos que permiten la oxidación de diferentes compuestos orgánicos disueltos en agua y que, además, presentan una alta resistencia a la desactivación.

Hasta ahora, los carbones activados han sido prácticamente los únicos materiales carbonosos estudiados en este tipo de tratamientos. Su actividad catalítica se debe a sus propiedades superficiales oxidoreductoras, derivadas de la presencia de grupos oxigenados superficiales, y está favorecida por su alta capacidad de adsorción de compuestos orgánicos presentes en el agua. El principal inconveniente que conlleva el uso de los carbones activados es que limitan las condiciones de operación de la oxidación a $T < 433 \text{ K}$ y $P < 10 \text{ atm}$, ya que de lo contrario se producirá la combustión del carbón durante el proceso de oxidación. Estudios previos realizados en nuestro grupo de investigación confirman la adecuada estabilidad del carbón en condiciones suaves de oxidación ($T = 413 \text{ K}$ y $P = 8 \text{ atm}$) aunque su actividad es baja en comparación con la proporcionada por los catalizadores metálicos.

Con el fin de mejorar las actividades del carbón activado, u otros materiales carbonosos, se propone el empleo de un promotor de la reacción de oxidación. Este promotor es el peróxido de hidrógeno, que se descompone en la superficie del carbón en radicales hidroxilos e hidroperóxidos. Estos inician la reacción de oxidación, que tiene lugar mediante un mecanismo de radicales libres, permitiendo velocidades iniciales de oxidación y mineralización más elevadas.

Aspectos innovadores

La originalidad de esta tecnología se basa en la propuesta de emplear peróxido de hidrógeno como iniciador radicalico de la reacción de oxidación húmeda con oxígeno, con el fin de aumentar las velocidades iniciales de la oxidación y mejorar el rendimiento global del proceso cuando éste se realiza en presencia de un catalizador basado en un material carbonoso de bajo coste, viz. carbón activado, negros de humo y grafito, y en condiciones moderadas de operación ($T < 423 \text{ K}$, $P < 8 \text{ bar}$).

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Esta tecnología implica el desarrollo de un proceso híbrido de oxidación húmeda catalítica mediante la combinación de dos oxidantes, peróxido de hidrógeno y oxígeno, con el fin de hacer competitivos los catalizadores carbonosos de bajo coste que podrían, en un futuro, sustituir, a los actuales catalizadores de metales nobles, de fácil desactivación, empleados en los procesos comerciales.

Palabras clave

Oxidación húmeda catalítica, peróxido de hidrógeno, oxígeno, carbón activado, negro de humo, grafito, material carbonoso.

Grado de desarrollo de la tecnología

■ En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
- Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
- Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
- Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
- Coste de desarrollo aproximado:

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

El empleo de esta nueva tecnología permitirá, en comparación con los procesos comerciales de oxidación húmeda catalítica con oxígeno:

- Reducir el tamaño del reactor o los tiempos de residencia, debido a las mayores velocidades de degradación de contaminantes.
- Reducir el consumo energético del proceso, debido a las condiciones moderadas de reacción.
- Reducir el coste del catalizador, debido a que no se emplean metales preciosos y a que los catalizadores carbonosos propuestos presentan una adecuada estabilidad.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Químico, refino, farmacéutico, papeler, textil y agroalimentario.

Información adicional

· Artículo publicado: A. Quintanilla, J. A. Casas, J. J. Rodríguez. *Hydrogen peroxide promoted CWAO of phenol with activated carbon*. Applied Catalysis B: Environmental (2010), 93, 339-345.

Página web doi: [10.1016/j.apcatb.2009.10.007](https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2009.10.007)

Persona de contacto:	Asunción Quintanilla Gómez
Organización:	Sección Departamental de Ingeniería Química. Departamento de Química-Física Aplicada. Universidad Autónoma de Madrid.
Teléfono:	914 973 454
Fax:	914 973 516
E-mail:	asun.quintanilla@uam.es

Proceso catalítico para el tratamiento de efluentes de blanqueo de pasta de papel

Grupo:	Procesos y Sistemas de Ingeniería Ambiental
Investigador principal:	Juan José Rodríguez Jiménez
Organización:	Universidad Autónoma de Madrid
Departamento:	Sección Departamental de Ingeniería Química Departamento de Química-Física Aplicada
Teléfono:	914 974 048 914 978 774
Fax:	914 973 516
E-mail:	juanjo.rodriguez@uam.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

La invención propuesta por el Grupo de Procesos y Sistemas de Ingeniería Ambiental de la UAM consiste en el tratamiento de efluentes de blanqueo de pasta de papel mediante el empleo de un agente reductor en presencia de un catalizador de paladio soportado sobre carbón activo en condiciones moderadas de presión y temperatura. El efluente tratado alcanza niveles de toxicidad despreciables y una reducción importante en la concentración de AOX, obteniéndose además unos altos niveles de decoloración.

Descripción y características fundamentales

Los efluentes de blanqueo de pasta de papel se caracterizan por presentar una coloración intensa y una alta concentración de compuestos clorados tóxicos que se originan debido al empleo de cloro u otros agentes oxidantes derivados del cloro durante el blanqueo. El tratamiento de los efluentes de blanqueo ha suscitado un gran interés en los últimos años, proponiéndose diferentes soluciones. El proceso de la presente invención consiste en la hidrogenólisis de los enlaces carbono-cloro de los compuestos orgánicos presentes en dichos efluentes. Para ello se emplean catalizadores de paladio soportados sobre carbón activo además de hidrógeno como agente reductor. El tratamiento se puede llevar a cabo en condiciones suaves de presión (1-5 bar) y temperatura (35-75°C). Después del tratamiento se forma un compuesto libre de cloro, que puede seguir hidrogenándose si su estructura química lo permite, y cloruro de hidrógeno. Asimismo, otros compuestos no clorados son modificados en el proceso de forma que su toxicidad y coloración se reduce. Los productos finales del proceso de la presente invención son: una fase líquida (efluente tratado) cuya toxicidad, color y concentración de AOX es considerablemente menor que la inicial; y una fase gaseosa que comprende el agente reductor utilizado junto con compuestos volátiles. El procedimiento de la presente invención comprende también el uso de un catalizador obtenido mediante la incorporación del paladio al carbón activo en una proporción de paladio en su estructura de entre 0,25% y 5% en peso total, y más preferiblemente de entre 0,25% y 1,5% en peso total.

Aspectos innovadores

En los últimos años, han aparecido interesantes estudios sobre la aplicación de técnicas avanzadas de destrucción de los compuestos organoclorados de efluentes de blanqueo, siendo significativos casos como el de la oxidación con ozono, oxidación fotocatalítica, oxidación húmeda catalítica con aire, destrucción electroquímica y procesos tipo Fenton. Sin embargo en estos procesos son necesarios la utilización de equipos complejos, condiciones de temperatura y presión elevadas o grandes cantidades de reactivos. La bioremediación convencional no resulta adecuada debido a la inhibición del crecimiento de los microorganismos causada por los compuestos orgánicos halogenados y la baja biodegradabilidad de los derivados de la lignina. El proceso catalítico propuesto para el tratamiento de efluentes de blanqueo de pasta de papel presenta como principales ventajas el empleo de condiciones de presión y temperaturas moderadas unido a una reducción significativa en el consumo de reactivos respecto a otros procesos que se han empleado con anterioridad con tal fin. Además otra ventaja adicional del proceso de la presente invención es poder reutilizar el agente reductor, puesto que la corriente de hidrógeno o hidrogeno/nitrógeno que no ha reaccionado en el presente procedimiento se puede recircular al reactor fácilmente, después de un proceso de absorción con agua o con una disolución alcalina para eliminar el cloruro de hidrógeno y los compuestos ácidos volátiles originados en el tratamiento.

Palabras clave

Efluentes de blanqueo, hidrotratamiento, ecotoxicidad, AOX, catalizadores Pd/CA.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

El tratamiento de efluentes de blanqueo de pasta de papel mediante el empleo de un agente reductor en presencia de un catalizador de paladio soportado sobre carbón activo en condiciones moderadas de presión y temperatura, supone a la industria pastero-papelera una importante mejora medioambiental. El efluente tratado con esta técnica alcanza niveles de toxicidad despreciables y una reducción importante en la concentración de AOX, obteniéndose además unos altos niveles de decoloración. Asimismo los costes asociados a este tratamiento no son excesivos debido a la reducción significativa en el consumo de reactivos si se compara con otros procedimientos con el mismo fin. Además en este proceso es posible la reutilización del agente reductor, recirculándolo al reactor. Por otra parte, se puede indicar también que el requerimiento energético es bastante bajo ya que el proceso podría realizarse de forma ventajosa en el intervalo de temperaturas en que los efluentes son generados en las unidades de blanqueo.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input checked="" type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

El tipo de colaboración solicitada bien un acuerdo de licencia para transferencia de tecnología, o bien un acuerdo comercial con asistencia técnica con objetivo de colaborar en el desarrollo hasta escala demostración.

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Códigos UNESCO 2111, 2112.

Información adicional

Página web

Persona de contacto:	Luisa Calvo Hernández
Organización:	Sección Departamental de Ingeniería Química. Departamento de Química-Física Aplicada Universidad Autónoma de Madrid
Teléfono:	914 978 774
Fax:	914 973 516
E-mail:	luisa.calvo@uam.es

Catalizadores de hierro soportado sobre carbón activo, de alta estabilidad, para la eliminación de contaminantes recalcitrantes de las aguas por oxidación con H₂O₂

Grupo:	Ingeniería Química UAM
Investigador principal:	Juan José Rodríguez Jiménez
Organización:	Universidad Autónoma De Madrid
Departamento:	Sección Departamental de Ingeniería Química Departamento de Química-Física Aplicada
Teléfono:	914 974 048
Fax:	914 973 616
E-mail:	juanjo.rodriguez@uam.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

El presente trabajo tiene como objeto el desarrollo de catalizadores sólidos de hierro/carbón activo de alta estabilidad, utilizando como materias primas, tanto leñas negras como lignina precipitada de las mismas y FeCl₃ como agente activante y a la vez precursor de la fase activa del catalizador. El catalizador desarrollado se empleará para el tratamiento de efluentes líquidos contaminados con compuestos recalcitrantes, utilizando H₂O₂ como oxidante, trabajando a presión atmosférica y temperatura moderada (inferior a 100°C).

Hasta la fecha, los catalizadores de hierro soportado sobre carbón activo desarrollados para este proceso se han preparado por impregnación de carbón activo con una disolución acuosa de una sal de hierro. Sin embargo en las condiciones de operación (pH ≈3, 50<T<100°C) se produce una fuerte lixiviación de hierro, acelerada cuando en la cadena de reacción aparece ácido oxálico, que conduce a una rápida desactivación. Por tanto, estos catalizadores que muestran una buena actividad, se ven seriamente limitados en su aplicación debido a su baja estabilidad. Mediante el procedimiento descrito a continuación se persigue superar esta limitación, consiguiendo, así, catalizadores que combinen una buena actividad con una alta estabilidad, que posibilite su empleo por periodos de tiempo suficientemente amplios. Se utiliza FeCl₃ con una doble propósito: como precursor de la fase activa del catalizador y como agente activante, de modo que se desarrolle una estructura porosa en el material de partida de la que el propio hierro forme parte. En nuestro caso, como sustrato de partida se

utilizarán las lejjas negras resultantes del proceso de fabricación de celulosa, o la lignina precipitada de las mismas, con lo que se impulsa una nueva línea de valorización de estos residuos.

Los catalizadores desarrollados unen a su buena actividad una alta estabilidad, lo que permite mantenerlos en servicio por largos periodos de tiempo, superando así el inconveniente de los catalizadores de hierro sobre carbón activo previamente preparados por métodos convencionales, en los que se producía una rápida desactivación, debido a la fuerte lixiviación de la fase metálica activa en las condiciones de operación del proceso de oxidación avanzada con H_2O_2 .

Descripción y características fundamentales

La Tabla 1 muestra un análisis del residuo sólido resultante del secado de una lejía negra alcalina. El análisis elemental del sólido resultante arroja valores típicos, entre 55-60% de C sobre base seca.

Análisis inmediato (%)	
Humedad	12
Cenizas (% base seca)	20
Volátiles (% base seca)	50

Tabla 1. Análisis inmediato típico del residuo sólido resultante del secado de lejjas negras alcalinas.

Para reducir el contenido en cenizas, el residuo lignínico procedente del secado de las lejjas negras se lava con H_2SO_4 (2% en peso) y posteriormente con agua hasta pH próximo a la neutralidad. Finalmente, el sólido se seca en estufa, a $60^\circ C$, hasta pesada constante. La lignina, ya prácticamente libre de cenizas, se impregna con 3,2 mL de una disolución acuosa de $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ (500 g/L) por cada gramo de lignina, de tal forma que la relación $FeCl_3$ /lignina sea 1/1 (en peso). El proceso se lleva a cabo por impregnación a humedad incipiente. Con el fin de facilitar el mojado, a la disolución precursora se añade una pequeña cantidad de tensioactivo (dodecilsulfato sódico). La mezcla obtenida se seca durante 24 horas a temperatura ambiente y posteriormente se mantiene otras 24 horas en estufa a $60^\circ C$. A continuación se muele y se tamiza hasta un tamaño de partícula inferior a $100 \mu m$.

Activación:

La mezcla $FeCl_3$ /lignina se calienta en atmósfera inerte (N_2) con objeto de desarrollar una estructura porosa en el material resultante. El proceso se lleva a cabo a temperaturas de 700 , 800 y $850^\circ C$, con tiempos de activación de 2, 4 y 6 horas. Los experimentos se realizaron en un horno discontinuo vertical (HDV).

En la Tabla 2 se recoge el rendimiento de la etapa de activación, entendido como la relación entre la masa final y la inicial. Finalmente, el sólido obtenido se somete a un proceso de lixiviación con HCl (1N) a $50^\circ C$, con el fin de eliminar el hierro que no forma parte de la estructura y que se encuentra ocluido o bloqueando la entrada a los poros. Para ello se ponen en contacto 100 mL de disolución acuosa de HCl (1N) por cada gramo de sólido durante un periodo de tiempo de hasta 24h, repitiendo la operación, si bien no se producen aumentos significativos en la cantidad lixiviada para tiempos de contacto superiores a una hora. El porcentaje de hierro en el sólido se determinó mediante fluorescencia de rayos X por reflexión total (TXRF). La caracterización de los sólidos obtenidos se recoge en la Tabla 3.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Nomenclatura	T _{activación} (°C)	t _{activación} (h)	η _{activación} (%)	% Fe catalizador
FeCl ₃ /Lignina	-	-	-	-
FeC-700-2	700	2	40	0,65
FeC-800-2		2	38	0,66
FeC-800-4	800	4	36	0,60
FeC-800-6		6	7	0,62
FeC-850-2	850	2	37	0,95

Tabla 2. Condiciones de preparación de los catalizadores obtenidos.

Nomenclatura	Area BET (m ² /g)	Area externa (At) (m ² /g)	V _{microporo} (cm ³ /g) (Φ<2μm)	V _{mesoporo} (cm ³ /g) (2μm<Φ<50 μm)
FeCl ₃ /Lignina	9	9	0	0,02
FeC-700-2	654	34	0,28	0,3
FeC-800-2	791	26	0,34	0,02
FeC-800-4	818	31	0,35	0,02
FeC-800-6	749	57	0,31	0,05
FeC-850-2	804	30	0,31	0,03

Tabla 3. Caracterización de los catalizadores obtenidos.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, la adición de FeCl₃ y posterior calentamiento según el procedimiento descrito, promueve el desarrollo de porosidad en el material de partida. Los valores obtenidos indican que se trata de un sólido esencialmente microporoso. En lo que se refiere a la influencia de las condiciones de preparación, temperaturas de activación por encima de 800°C no parecen conducir a cambios significativos en la estructura porosa de los catalizadores. Un aumento del tiempo de activación, en el intervalo 2 a 6 h aumenta el volumen de mesoporos, que no experimenta variación apreciable para tiempos altos.

Ensayos de oxidación con H₂O₂ (CWPO)

Se realizaron experimentos de oxidación de fenol con H₂O₂, con una concentración de partida de fenol de 100 mg/L, una concentración inicial de H₂O₂ de 500 mg/L y una concentración de catalizador de 500 mg/L, a pH3 y a presión atmosférica. Se empleo el catalizador FeC-800-2 preparado siguiendo el procedimiento descrito anteriormente. Los experimentos se llevaron a cabo tanto en discontinuo como en continuo en ambos casos en reactores tanque agitados. En los experimentos en discontinuo, la temperatura de reacción se fijó en 90 °C y en los experimentos en continuo, en 50°C. En la Tabla 4 se recogen los resultados obtenidos en los ensayos en discontinuo en los que se confirma la estabilidad de estos catalizadores en estas condiciones, propiedad que constituye su principal ventaja.

Tiempo (h)	Fenol	H ₂ O ₂	COT	Catecol	Hidroquinona	p-Benzoquinona
0	99,7	473,6	78,1	0,00	0,00	0,00
0,25	48,0	351,2	43,9	0,21	0,00	0,21
0,5	44,4	238,3	40,1	0,32	0,05	0,55
1	14,5	132,4	35,1	5,51	0,03	4,26
2	3,3	18,3	26,2	1,76	0,01	1,20
4	0,7	4,1	24,9	0,95	0,01	0,79
6	0,0	5,6	25,1	0,55	0,00	0,50
8	0,0	2,5	23,9	0,40	0,00	0,35
24	0,0	2,5	21,3	0,28	0,00	0,26

Tiempo (h)	Maleico	Acético	Oxálico	Fórmico	Fe _{lixiviado}
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,25	3,2	0,9	0,0	1,4	< 0,1
0,5	5,6	1,6	0,1	4,1	< 0,1
1	8,2	1,8	0,5	4,4	< 0,1
2	13,2	1,6	2,3	8,0	< 0,1
4	17,7	2,3	3,3	11,7	< 0,1
6	14,2	1,9	3,8	10,0	< 0,1
8	12,0	1,6	4,5	9,5	< 0,1
24	9,5	1,5	4,8	9,7	< 0,1

Tabla 4. Resultados obtenidos en la eliminación de fenol con H₂O₂ empleando el catalizador FeC-800-2.

Como puede verse en la Tabla 4 a pesar de la elevada temperatura de reacción (90 °C) y los largos tiempos de contacto, la cantidad de Fe lixiviado es prácticamente despreciable, lo que confirma la estabilidad del catalizador. El fenol se elimina completamente y se consigue una reducción muy significativa del COT. Los compuestos intermedios aromáticos de oxidación alcanzan su máxima concentración para un tiempo de reacción de 1 hora. A partir de este tiempo su concentración disminuye durante toda la reacción y comienzan a aumentar la cantidad de ácidos de cadena corta.

En lo que se refiere a los experimentos en continuo de CWPO de fenol, la temperatura se fijó en 50°C. Para la realización de estos experimentos se dispuso una bomba peristáltica que alimentaba 100 mL/min de la solución contaminada con fenol aun reactor encamisado de vidrio de mezcla completa. El volumen de reacción fue de 400 mL y el tiempo de residencia hidráulico, t_{RH} , de 4 horas. A la salida del reactor se dispuso de un filtro para evitar la pérdida de catalizador con el efluente de salida. La realización de los ensayos en continuo tiene por objeto de estudiar la viabilidad de emplear este catalizador en condiciones industriales. Los resultados que se muestran en la Figura 1 ponen de manifiesto la gran estabilidad de este catalizador en estas condiciones de operación (50°C), alcanzándose una significativa reducción del compuesto de partida y de la materia orgánica en general sin detectarse presencia de fase activa en el efluente.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolidar-tragua

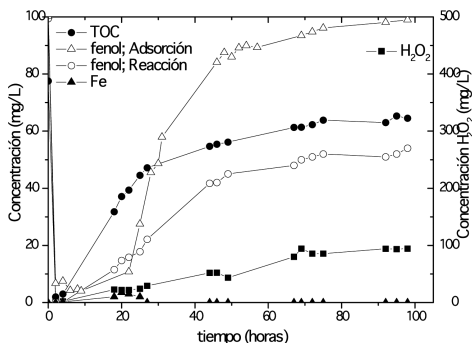


Figura 1. Ensayos de estabilidad en continuo empleando FeC-800-2. (Condiciones de operación: 100 mg/L fenoil; 500 mg/L H₂O₂; pH₀: 3; T: 50°C; Caudal: 100 mL/h, Volumen reacción: 400 mL, t_{reac}: 4h).

Aspectos innovadores

Desarrollo de un catalizador con una alta estabilidad para la oxidación de contaminantes recalcitrantes de las aguas por oxidación con H₂O₂ a partir de la activación de residuos lignocelulósicos con FeCl₃.

Palabras clave

FeC catalizadores, oxidación avanzada, lignina, FeCl₃.

Grado de desarrollo de la tecnología

En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
- Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
- Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
- Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
- Coste de desarrollo aproximado:

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado



ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

En las condiciones de operación habituales en los procesos de oxidación avanzada, el catalizador desarrollado presenta una estabilidad muy superior a que presentan el resto de los catalizadores que se emplean en este proceso.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Patente solicitada <input type="checkbox"/> Patente concedida <input type="checkbox"/> Software registrado | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
|--|---|

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

- Instalaciones industriales que generan efluentes acuosos que contengan compuestos no biodegradables.
- Empresas dedicadas al tratamiento/gestión de efluentes industriales.

Información adicional

Página web

Persona de contacto:	Juan José Rodríguez Jiménez
Organización:	Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Madrid
Teléfono:	914 974 048
Fax:	914 973 516
E-mail:	juanjo.rodriguez@uam.es

Adsorción en lecho fijo

Grupo:	T4
Investigador principal:	José Luis Sotelo Sancho
Organización:	Universidad Complutense
Departamento:	Ingeniería Química
Teléfono:	913 944 117
Fax:	913 944 114
E-mail:	jose.sotelo@quim.ucm.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

La adsorción permite la eliminación selectiva de contaminantes presentes en aguas, empleándose habitualmente como adsorbente carbones activados. En el proceso de descontaminación de aguas con carbón activado el mecanismo de adsorción implicado es de tipo físico fundamentalmente, lo cual permite desorber el contaminante una vez que se ha agotado la capacidad del adsorbente gracias al carácter reversible de este tipo de adsorción. Un parámetro de especial importancia en el diseño de sistemas de eliminación de contaminantes mediante adsorción es la capacidad del adsorbente, la cual depende de muchos factores, como su geometría, tamaño molecular, polaridad, hidrofobicidad, grupos funcionales que contiene y su solubilidad en agua. En segundo lugar se pueden citar las condiciones de la disolución tales como su pH, temperatura, concentración del contaminante, fuerza iónica y solutos competitivos.

La operación en lecho fijo se emplea normalmente en instalaciones a gran escala, donde el fluido pasa de forma continua por un lecho empacado de carbón activo. En estas instalaciones se usa carbón activado granular (GAC) con un intervalo de tamaños que oscila entre 0,55 y 1,35 mm, puesto que este tamaño permite un buen compromiso entre la velocidad de adsorción y la pérdida de carga del lecho. La operación en columna permite una utilización más eficiente del carbón activo, ya que se aprovecha toda la capacidad adsorbente del carbón.



Descripción y características fundamentales

El lecho de adsorción se lleva a cabo en una instalación continua en lecho fijo de adsorbente, cuyo esquema simplificado se muestra en la Figura. Consta de cinco lechos de adsorción que pueden operar en diferentes condiciones, un sistema de alimentación de disolución de adsorbible a cada uno de los lechos y un sistema de toma de muestras y recogida de efluente del lecho. Las columnas son de borosilicato de 6-20 mm de diámetro interno y 30-50 cm de longitud, que pueden contener hasta 30 g de adsorbente. El influente es bombeado mediante una bomba peristáltica multicanal, Dinko modelo D25V.

Palabras clave

Adsorción, lecho fijo, adsorbentes carbonosos, contaminantes orgánicos, emergentes.

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Patente solicitada <input type="checkbox"/> Patente concedida <input type="checkbox"/> Software registrado | <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Derechos exclusivos <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
|---|--|



oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Sector del agua, depuración y tratamiento de agua residual industrial y potable.

Información adicional

Página web: www.ucm.es/info/gcos2004

Persona de contacto:	José Luis Sotelo Sancho
Organización:	Grupo de Catálisis y Procesos de Separación-CyPS Departamento Ingeniería Química Universidad Complutense
Teléfono:	913 944 117
Fax:	913 944 114
E-mail:	jose.sotelo@quim.ucm.es

ficha tecnológica

12



tragua


Oxidación húmeda catalítica

Grupo:	T5
Investigador principal:	Aurora Santos López
Organización:	Universidad Complutense de Madrid
Departamento:	Ingeniería Química
Teléfono:	913 944 171
Fax:	913 944 171
E-mail:	aursan@quim.ucm.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

La oxidación húmeda se puede definir como la oxidación de sustancias orgánicas e inorgánicas en disolución o suspensión acuosa por oxígeno o aire a elevadas temperaturas (125 - 300°C) y presiones (5 - 200 bar) (Zimmermann y col. 1960, Himmelblau y col. 1960). La elección del oxígeno molecular como agente oxidante es debido a su bajo coste y a que es el oxidante más limpio desde todos los puntos de vista medioambientales.

La materia orgánica de mayor peso molecular es transformada en compuestos orgánicos de cadena más corta y mayor grado de oxidación y finalmente se convierten en CO_2 y H_2O , sin emisiones de NO_x , SO_2 , HCl , dioxinas, furanos, cenizas volantes, etc. No suele alcanzarse una completa mineralización, ya que los últimos intermedios de oxidación, compuestos oxigenados de cadena corta, son refractarios a la oxidación química, aunque son fácilmente biodegradables.

El empleo de catalizadores en la oxidación húmeda logra mejorar las conversiones de los compuestos orgánicos y la biodegradabilidad del efluente, reducir la temperatura y la presión, y/o los tiempos de residencia dentro del reactor, y, por tanto, disminuir los costes de inversión y operación. La mayoría de los catalizadores empleados hasta el momento a escala piloto-industrial son sales metálicas en forma soluble.

El empleo de catalizadores heterogéneos permitiría por una parte eliminar la etapa de recuperación de los mismos y por otra su reutilización. Un catalizador adecuado debe proporcionar una elevada velocidad de reacción, no ser selectivo (dado que el objetivo es la mineralización completa) y además ser estable física y químicamente, presentando una alta resistencia mecánica y manteniendo una elevada actividad durante un largo periodo de tiempo.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolidar-tragua

Los catalizadores homogéneos más empleados son los catalizadores de sales de cobre y de hierro (metales de transición), generalmente en forma de sulfatos y nitratos. Como principal desventaja frente a los heterogéneos hay que destacar el hecho de requerir una etapa adicional de recuperación (mediante precipitación) y recirculación del catalizador, antes de llevar el efluente del reactor a un tratamiento biológico, lo que implica un encarecimiento del proceso.

Respecto a la catálisis heterogénea, existen tres grandes grupos de catalizadores utilizados:

Metales Nobles Soportados:

La fase activa de estos catalizadores se basa en metales nobles como Pt, Pd, Ru, Rh. Los catalizadores basados en metales nobles parecen ser más activos que los óxidos metálicos de transición, pero su uso está limitado por envenenamiento principalmente de depósitos carbonosos, que causan su rápida desactivación.

Óxidos Metálicos:

La fase activa de estos catalizadores se compone de óxidos de metales de transición, como CuO, ZnO, NiO, MnO₂, CoO, Fe₂O₃, BiO, etc., sobre distintos soportes, siendo los más empleados Al₂O₃ y CeO₂.

Carbón Activo:

Para evitar los problemas de desactivación y lixiviación de los diferentes catalizadores, en los últimos años se han comenzado a utilizar soportes catalíticos que tengan actividad sin impregnación de metales, como es el caso del carbón activo. El carbón activo presenta en su superficie grupos con oxígeno responsables de que el carbón pueda actuar como catalizador por sí mismo sin impregnación de metales. El principal problema frente a los otros catalizadores heterogéneos son las pérdidas de carbón debido a la combustión. Por ello, es necesario controlar la temperatura y la presión del proceso para evitar este efecto. Como ventajas puede indicarse su bajo coste, alta eficacia en la oxidación, la menor concentración de intermedios tóxicos generados y su capacidad de empleo en medios ácidos y alcalinos.

Descripción y características fundamentales

La oxidación húmeda catalítica se realiza en continuo empleando un reactor de lecho fijo relleno de partículas de catalizador, con flujo bifásico gas-líquido, en sentido ascendente o descendente del líquido, según proceda. La instalación se diseña para poder operar a la Temperatura y presión de la CWO por lo que toda ella está montada en acero inoxidable. El aire es inyectado mediante un compresor y el agua residual mediante una bomba de líquidos. La mezcla se calienta hasta la temperatura de entrada al reactor mediante un cambiador empleando el calor del efluente caliente para mejorar la economía del proceso. La corriente de entrada al reactor puede alimentarse por cabeza para minimizar costes de bombeo, circulando el líquido en sentido descendente. El reactor contiene en su interior el carbón activo granulado comercial empleado como catalizador. El efluente caliente se enfría en el cambiador de calor cediendo calor a la corriente alimento, antes de ser despresurizado mediante una válvula de control. Una vez enfriado se separa la fase líquida y la fase gaseosa. Un esquema de la instalación se muestra en la Figura 1.

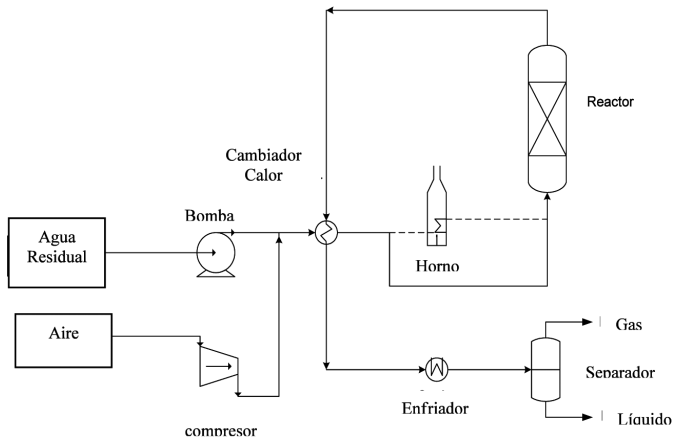


Figura 1. Esquema de la instalación de oxidación húmeda catalítica.

Aspectos innovadores

Mediante la oxidación húmeda, la materia orgánica en disolución acuosa se oxida con una corriente de aire (enriquecido o no en oxígeno) a temperaturas elevadas (250-400 °C) y altas presiones (200-300 atm.). Las severas condiciones que requiere afectan de forma importante la economía del proceso. Por este motivo se ha propuesto por nuestro grupo el empleo de carbón activo como catalizador sin impregnación de metales (lo cual evita los problemas de desactivación por lixiviación de las diferentes fases activas), lo que permite bajar la temperatura y presión de oxígeno necesarias. El CA granular se trata de un catalizador barato. Las condiciones de operación se han fijado entre 160-120°C de temperatura y presiones de oxígeno de 5 bares (presión total de aire 25 bares). En ciertos casos, un pretratamiento de la alimentación con adición de peróxido de hidrógeno (en dosis muy inferiores a la que se requieren teóricamente por estequiometría para la mineralización de éste) y de unas ppm de catión Fe, permite disminuir notablemente los tiempos requeridos en el reactor de lecho fijo donde se realiza la etapa de oxidación húmeda catalítica. Es necesario controlar no sólo la desaparición de los contaminantes sino de los posibles intermedios tóxicos que puedan generarse, por lo que la medida de la DQO no debe ser el único parámetro para controlar la efectividad del proceso. En nuestro grupo se han realizado medidas de ecotoxicidad durante el tratamiento y se han desarrollado y aplicado modelos de parámetros integrados que permiten predecir la detoxificación del efluente, junto a la eliminación del contaminante y mineralización de éste en función de las variables de operación.

Palabras clave

Oxidación Húmeda Catalítica, Lecho Fijo, Detoxificación, Mineralización, Modelado, Contaminantes Orgánicos no Biodegradables, Carbón Activo.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
-

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

- Menores Tiempos de Residencia que la oxidación húmeda no catalítica.
- Empleo de Catalizadores estables, activos y de bajo coste.
- Eliminación del contaminante y de los intermedios tóxicos.
- Reducción a CO₂ y compuestos orgánicos biodegradables.
- Desarrollo de modelos y software para estimar las dimensiones de los equipos en función de las condiciones de operación y efectividad requerida.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- Patente solicitada
- Patente concedida
- Software registrado

- Derechos exclusivos
- Secreto industrial



Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Industrias químicas, textiles, farmacéuticas, alimentarias, plantas de tratamiento de aguas residuales.

Información adicional

Página web

Persona de contacto:	Aurora Santos López
Organización:	Universidad Complutense de Madrid
Teléfono:	913 944 171
Fax:	913 944 171
E-mail:	aurasan@quim.ucm.es

Procesos de ozonación y oxidación avanzada. Test de viabilidad en efluentes industriales

Procesos de separación mediante membranas. Test de viabilidad en efluentes secundarios e industriales

Grupo:	Universidad de Extremadura
Investigador principal:	Fernando Juan Beltrán Novillo
Organización:	Universidad de Extremadura
Departamento:	Ingeniería Química y Química Física
Teléfono:	924 289 387
Fax:	924 289 385
E-mail:	fbeltran@unex.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Procesos de ozonación y oxidación avanzada:

Informe técnico sobre la viabilidad de aplicar tecnologías de oxidación con ozono o avanzadas en efluentes reales provenientes de la industria.

El informe detalla:

- Dosis de agentes oxidantes requeridos
- Eficacia de sistema de oxidación
- Eliminación de parámetros generales indicativos del grado de contaminación
- Necesidad de post-tratamiento biológico
- Posibilidad de reutilización del efluente
- Análisis previo de costes

Procesos de separación mediante membranas:

Informe técnico sobre la viabilidad de aplicar tecnologías de separación mediante membranas en efluentes reales provenientes de plantas de tratamientos de aguas residuales urbanas y de la industria.



El informe detalla:

- Tipo de operación de separación: ultrafiltración o nanofiltración.
- Aumento de la eficacia de la operación de separación mediante pretratamientos.
- Reducción de parámetros generales indicativos del grado de contaminación
- Posibilidad de reutilización del efluente

Descripción y características fundamentales

Procesos de ozonación y oxidación avanzada:

Dosis de agentes oxidantes requeridos:

Dependen de la naturaleza y posible contenido del agua a tratar. En cualquier caso, se ensayarán las dosis de agentes oxidantes utilizados en base a un mínimo de costes económicos con la mayor eficacia posible.

Eficacia de sistema de oxidación:

Se utilizarán tecnologías de oxidación con complejidad creciente mediante la combinación de dos o más elementos/agentes. Se contempla la posibilidad de hacer ensayos con los sistemas:

- Ozono
- Ozono + peróxido de hidrógeno
- Ozono + radiación ultravioleta
- Ozonación catalítica
- Ozonación solar fotocatalítica
- Radiación ultravioleta + peróxido de hidrógeno
- Radiación ultravioleta + dióxido de titanio
- Reactivo Fenton
- Fotofenton

En cada tecnología se hará un análisis de complejidad de instalación, costes y eficacias logradas.

Eliminación de parámetros generales indicativos del grado de contaminación:

Las aguas residuales serán caracterizadas por parámetros generales como DQO, DBO, TOC, pH, contenido fenólico, etc. En los casos en que sea posible se podrá seguir la evolución de algún contaminante/específico de especial relevancia.

Necesidad de post-tratamiento biológico:

Con objeto de poder reutilizar el efluente, se hará un estudio sobre la necesidad y posibilidad de aplicar tecnologías de oxidación biológica aerobia.

Posibilidad de reutilización del efluente:

Al final del tratamiento el efluente sería caracterizado para comprobar que se cumple con la legislación vigente en cuanto a reutilización de aguas.

Análisis previo de costes:

Dependiendo del caudal a tratar y dosis de agentes oxidantes se puede realizar un análisis estimativo de los costes asociados a la implantación real de un sistema de descontaminación de efluentes industriales.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Procesos de separación mediante membranas:

Tipo de operación de separación: ultrafiltración o nanofiltración:

Se ensayarán diferentes tipos de membranas de ultrafiltración (UF) y de nanofiltración (NF) de distinta naturaleza (hidrofílica o hidrofóbica) y peso molecular de corte (MWCO). Se determinará el tipo de membrana que produzca un efluente de la calidad requerida a un coste efectivo.

Aumento de la eficacia de la operación de separación mediante pretratamientos:

En el caso de que la eficacia de una etapa de separación mediante membranas de UF sea baja, ésta se puede mejorar empleando diferentes pretratamientos, que conduzcan a la disminución del ensuciamiento de la membrana y al aumento de la retención de contaminantes. Se contempla la posibilidad de hacer ensayos con los sistemas combinados:

- Coagulación con sales de hierro o de aluminio seguido de ultrafiltración.
- Adsorción mediante carbón activado (PAC o GAC) seguido de ultrafiltración.
- Ultrafiltración favorecida mediante la formación de micelas, empleando agentes surfactantes de diferente naturaleza (catiónica, aniónica o neutra).

En cada tecnología se hará un análisis de complejidad de instalación, costes y eficacias logradas.

Reducción de parámetros generales indicativos del grado de contaminación:

Las aguas residuales serán caracterizadas mediante parámetros generales como DQO, DBO, TOC, pH, turbidez, conductividad, nitrógeno total, fósforo total, ensayos microbiológicos, etc. En los casos en que sea posible se podrá seguir la evolución de algún contaminante específico de especial relevancia.

Posibilidad de reutilización del efluente:

Al final del tratamiento, el efluente sería caracterizado para comprobar que se cumple con la legislación vigente en cuanto a reutilización de aguas.

Aspectos innovadores

Procesos de ozonación y oxidación avanzada:

La ozonación catalítica y, especialmente, fotocatalítica tiene como aspecto innovador la utilización de catalizadores sólidos y la luz solar para suministrar las radiaciones necesarias para excitar al semiconductor. No obstante, lo anterior es necesario aún experimentación en planta piloto para poner a punto estas tecnologías.

Procesos de separación mediante membranas:

Ninguno.



Palabras clave

Procesos de ozonación y oxidación avanzada:

Ozono, radiación, peróxido de hidrógeno, Fenton, aguas residuales, fotocatalisis, ozonación catalítica, ozonación fotocatalítica.

Procesos de separación mediante membranas:

Ultrafiltración, nanofiltración, retención de contaminantes, aguas residuales, reutilización.

Grado de desarrollo de la tecnología

Procesos de ozonación y oxidación avanzada:

- En fase de desarrollo (Ozonación catalítica y fotocatalítica):
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
-
- Desarrollada, lista para demostración (Ozonación combinada con UVC o H₂O₂)
 - En el mercado

Procesos de separación mediante membranas:

- Desarrollada, lista para demostración
- En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

No es frecuente encontrar instituciones/empresas privadas capaces de ofrecer informes técnicos sobre tecnologías de descontaminación de aguas relativamente novedosas.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Industria química, Tratamiento de aguas potables y residuales urbanas.

Información adicional

Página web

Para Procesos de ozonación y oxidación avanzada:

Persona de contacto:	Fernando Beltrán Novillo
Organización:	Departamento Ingeniería Química y Química Física
Teléfono:	924 289 300 / 89 387
Fax:	924 289 385
E-mail:	fbeltran@unex.es

Para Procesos de separación mediante membranas:

Persona de contacto:	Juan Luis Acero Díaz
Organización:	Departamento Ingeniería Química y Química Física
Teléfono:	924 289 300 / 86 853
Fax:	924 289 385
E-mail:	jlacero@unex.es

ficha tecnológica

14



tragua


Tecnología electroquímica para la regeneración de aguas depuradas

Grupo:	T7
Investigador principal:	Pablo Cañizares Cañizares
Organización:	Universidad de Castilla La Mancha
Departamento:	Ingeniería Química
Teléfono:	902 204 100 Ext. 13412
Fax:	902 204 130
E-mail:	pablo.canizares@uclm.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Fruto del desarrollo tecnológico efectuado por este grupo de investigación se han solicitado dos patentes relativas a la regeneración de aguas depuradas:

- **Proceso de electrocoagulación para regeneración de agua depurada (P201130737)**, en la que se describe un proceso novedoso de regeneración de aguas depuradas, integrado en una etapa y aplicable a diferentes escalas, desde el uso doméstico hasta el uso a gran escala. En el marco del RD 1620 /2007 se precisa al menos un tratamiento de eliminación de turbidez y de desinfección para todas las aguas depuradas que vayan a ser reutilizadas. La tecnología desarrollada en esta patente permite regenerar aguas depuradas de modo sencillo y económico, sin necesidad de añadir reactivos (distintos de los electrodos utilizados, que son electrodos de sacrificio). Se trabaja en condiciones de operación suaves, lo que da lugar a bajos costes.
- **Proceso de desinfección de aguas con electrodos de diamante (P201130933)**, en la que se propone un procedimiento para la desinfección de aguas residuales depuradas en procesos de regeneración, basado en la electrolisis del agua en celdas electroquímicas con ánodos de diamante conductor de la electricidad, con una muy baja densidad de corriente y sin necesidad de adicionar reactivos, aprovechando los propios constituyentes del agua residual depurada.

Además, se ha presentado un modelo de utilidad bajo la denominación **Reactor combinado de electrocoagulación y electroflotación para el tratamiento electroquímico de agua residual (P201130644)**, en el que se describe un prototipo de reactor especialmente diseñado para la minimización energética del proceso.

Descripción y características fundamentales

A continuación, se describen los principales elementos de cada desarrollo:

Proceso de electrocoagulación para regeneración de agua depurada (P201130737):

Se propone un procedimiento para la regeneración de aguas depuradas, basado en la electrocoagulación del agua en celdas electroquímicas con ánodos con contenido en hierro y/o aluminio, en un único proceso y sin necesidad de adicionar reactivos. Este procedimiento consigue la eliminación simultánea de la turbidez, sólidos en suspensión, Escherichia Coli y de nematodos intestinales, con lo que puede ser utilizado eficientemente en la regeneración de aguas depuradas de acuerdo con la legislación española vigente en el momento de redacción de esta patente. Además, el proceso consigue regular el pH y contribuir significativamente a la mejora de las características de las aguas, pudiendo reducir casi completamente el fósforo, y parcialmente la carga orgánica y de nitrógeno del agua, sin afectar significativamente a la conductividad iónica del agua tratada. El reactor de electrocoagulación empleado no necesita diseño especial, pudiendo estar los electrodos conectados mono o bipolarmente, si bien se necesita que el reactor incorpore una cámara de sedimentación/flotación y un sistema de filtración con tamaño de poro inferior a 50 micrómetros. El producto final obtenido por este procedimiento es agua regenerada con características adecuadas para su reutilización en distintas aplicaciones, de acuerdo con los parámetros requeridos en el RD 1620/2007.

Proceso de desinfección de aguas con electrodos de diamante (P201130933):

Se propone un procedimiento para la desinfección de aguas residuales depuradas en procesos de regeneración, basado en la electrolisis del agua en celdas electroquímicas con ánodos de diamante conductor de la electricidad, con una muy baja densidad de corriente y sin necesidad de adicionar reactivos, aprovechando los propios constituyentes del agua residual depurada. Utilizándose estas condiciones operativas se pueden alcanzar elevados rendimientos en la eliminación de organismos patógenos y evitar la formación de compuestos indeseados de cloro, problema que aparece frecuentemente en la desinfección electroquímica por oxidación de los cloruros contenidos en el agua a desinfectar. La desinfección es realizada por la acción combinada de radicales hidroxilo y de oxidantes tales como hipoclorito, cloro gas y cloraminas. El cloro procede del propio contenido del agua y no necesita ser adicionado.

El producto final obtenido por este procedimiento es agua desinfectada con características adecuadas para su reutilización en distintos tipos de aplicación, cumpliendo los criterios de calidad exigidos en el RD 1620/2007.

Reactor combinado de electrocoagulación y electroflotación para el tratamiento electroquímico de agua residual (P201130644):

El prototipo corresponde con un reactor combinado de electrocoagulación y electroflotación que permite, además, recuperar el hidrógeno generado en el cátodo de la celda, donde se produce el proceso de electroflotación de la misma, para su revalorización energética en una celda de combustible. El reactor se encuentra dividido en dos cámaras comunicadas por la parte inferior, de manera que los gases generados en ambas zonas de la celda no se mezclen, permitiendo así la recuperación del hidrógeno lo más puro posible para poder utilizarlo directamente como combustible de una celda de combustible. De esta forma, la primera cámara del reactor consta de una serie de láminas de aluminio conectadas como ánodo, de manera que el aluminio se oxida a Al^{3+} (o el hierro a Fe^{2+}) permitiendo llevar a cabo el proceso de coagulación del agua residual. Una vez coagulada, el agua residual pasa a la segunda



cámara del reactor en la que se genera hidrógeno en un cátodo situado en el fondo del mismo que da lugar a la separación por flotación de los contaminantes. En la parte superior de esta segunda cámara se lleva a cabo la recolección del hidrógeno generado en la celda para su posterior almacenamiento o utilización directa en una celda de combustible.

Aspectos innovadores

Proceso de electrocoagulación para regeneración de agua depurada (P201130737):

Integración en una única etapa de los tratamientos regenerativos que permiten dar al agua la calidad exigida para distintas aplicaciones en el RD 1620/2007. Aunque la electrocoagulación ha sido evaluada en algunos artículos científicos para esta aplicación, no se ha descrito nunca su papel de método de desinfección. El sistema consigue también un efecto regulador sobre el pH, sin afectar significativamente a la conductividad del agua tratada.

Proceso de desinfección de aguas con electrodos de diamante (P201130933):

Etapas de desinfección novedosa (eliminación de coliformes) en la regeneración de aguas depuradas con vistas a su reutilización en las distintas aplicaciones previstas en el RD1620/2007.

Reactor combinado de electrocoagulación y electroflotación para el tratamiento electroquímico de agua residual (P201130644):

Procesos de tratamiento, depuración o regeneración de aguas que puedan ser llevados a cabo mediante tratamientos de coagulación y en los que se pretenda minimizar el consumo energético

Palabras clave

Regeneración de aguas depuradas, procesos electroquímicos.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Grado de desarrollo de la tecnología

■ En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
-

■ Desarrollada, lista para demostración

- En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

Tecnología robusta y sencilla de aplicar. Fácil automatización y conexión con fuentes de energía verde.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| ■ Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |
-

- Proceso de electrocoagulación para regeneración de agua depurada (P201130737).
- Proceso de desinfección de aguas con electrodos de diamante (P201130933).
- Reactor combinado de electrocoagulación y electroflotación para el tratamiento electroquímico de agua residual (P201130644).

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

A valorar tras entrevista.

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

- Empresas constructoras y concesionarias de Estaciones de Potabilización de Aguas, Depuración de Aguas Residuales Urbanas y Regeneradoras de Aguas Depuradas.
- Empresas fabricantes de equipos de tratamiento.

Información adicional

Página web

Persona de contacto:	Manuel Rodrigo
Organización:	Universidad de Castilla La Mancha
Teléfono:	902 204 100 Ext. 3411
Fax:	926 295 318
E-mail:	manuel.rodrido@uclm.es

Fotocatálisis solar mediante TiO_2 inmovilizado para tratamiento y reutilización de aguas depuradas

Grupo:	T9
Investigador principal:	Benigno Sánchez Cabrero
Organización:	CIEMAT
Departamento:	Energías Renovables. Aplicaciones Medioambientales de la Radiación Solar
Teléfono:	913 466 417
Fax:	913 466 037
E-mail:	benigno.sanchez@ciemat.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

La reutilización de las aguas residuales provenientes de estaciones depuradoras (EDAR's) es un objetivo clave para un país como España que debe afrontar un déficit hídrico continuado, especialmente dramático en las regiones de mayor influencia mediterránea. Sin embargo, el uso generalizado de este recurso requiere establecer unas garantías sanitarias para que la reutilización del agua sea una opción segura y aceptable.

La labor del grupo T9 (CIEMAT) ha sido evaluar la utilización de fotocatalizadores basados en TiO_2 inmovilizado- sintetizado por el propio grupo- para la desinfección y eliminación de microcontaminantes emergentes, permitiendo de este modo la reutilización del agua depurada.

Descripción y características fundamentales

En aguas de naturaleza urbana, resultan de común uso los tratamientos primarios y secundarios, con los que se logra reducir en gran medida la contaminación de los efluentes, si bien es cierto que con su uso exclusivo resulta en muchos caso difícil la normativa vigente. Las técnicas de tratamiento biológico están muy bien instauradas debido al alto conocimiento que se tiene de ellas y son relativamente baratas, pero estos métodos son poco eficientes para el tratamiento de compuestos antropogénicos (plaguicidas, fertilizantes, detergentes, fenoles, farmacéuticos, etc.), ya que resulta dificultosa su biodegradación. La tendencia actual es la utilización cada vez mayor de tratamientos terciarios, tanto para cumplir la normativa, como para lograr un reciclado cada vez mayor del agua utilizada, que es el gran objetivo del futuro.

Las llamadas técnicas avanzadas de oxidación (TAO's) están basadas en la generación de radicales hidróxilo, $\text{OH}\cdot$, especies con un elevado potencial de oxidación ($E_0=2.8\text{ V}$) capaces de degradar las sustancias orgánicas presentes en disolución y contribuir a los procesos de desinfección.

En este contexto, la fotocatalisis solar resulta particularmente atractiva puesto que conlleva la utilización de un recurso energético renovable, la energía solar, y un consumo limitado de reactivos químicos. Tradicionalmente la fotocatalisis se ha basado en la utilización de TiO_2 especialmente en su fase anatasa o como mezclas anatasa-rutilo. Este semiconductor se activa con radiación de longitud de onda superior a su intervalo prohibido, generando especies reactivas como los anteriormente citados radicales hidroxilo.

Esta tecnología ha demostrado una notable capacidad para la detoxificación de disoluciones no muy concentradas de contaminantes de muy variada naturaleza (pesticidas, disolventes, fármacos...) en condiciones de planta piloto. No obstante, la fotocatalisis con TiO_2 presenta también ciertas limitaciones que fundamentalmente se derivan de su baja eficiencia fotónica y del reducido solapamiento de la absorción de este material con el espectro solar. Por consiguiente existe actualmente una búsqueda incesante de fotocatalizadores con rendimientos más elevados, al mismo tiempo que se busca la forma de acoplar este tratamiento con otros procesos de depuración tanto de tipo convencional, como con otros procesos de oxidación avanzada.

La mayor parte de los estudios realizados para el tratamiento de contaminantes en aguas se basan en sistemas en suspensión, debido a su simplicidad, una elevada eficiencia, la irradiación más eficiente de las partículas y menores limitaciones en la transferencia de material. Sin embargo, el uso de este tipo de sistemas requiere una etapa de filtración posterior para eliminar el catalizador del seno del fluido.

La alternativa que se ha estudiado en este proyecto es el desarrollo de un sistema inmovilizado, donde el material fotoactivo se ancla en un soporte con las propiedades adecuadas. Este sistema permite el empleo de un reactor de lecho fijo, que elimina así la etapa de filtración posterior del fotocatalizador que encarece sensiblemente el precio del proceso global en los sistemas en suspensión.

El uso de la energía solar como fuente de excitación del semiconductor, aporta al sistema desarrollado un importante valor añadido, ya que el proceso se lleva a cabo con una energía renovable, evitando así el uso de fuentes artificiales y reduciendo los costes asociados a la tecnología. Los concentradores parabólicos compuestos -CPCs- permiten un uso más eficiente de la radiación solar (Figura 1). Se basan en espejos reflectores que aprovechan tanto la radiación directa como la difusa, aumentando así el número de horas de captación y obteniendo una mayor eficiencia fotocatalítica que en los captadores de placa plana.

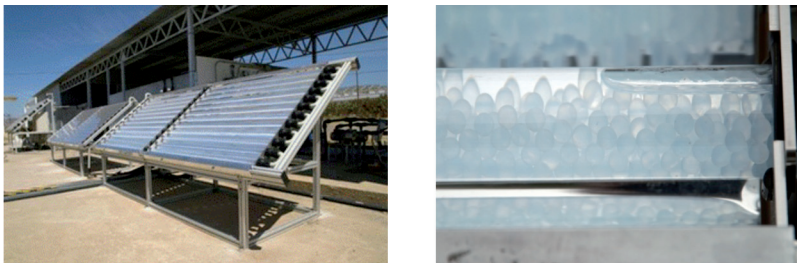


Figura 1. Sistema de captadores CPC para aplicaciones de fotocatalisis con factor de concentración uno (PSA) (izquierda). Aspecto general del catalizador inmovilizado en el interior del tubo del CPC.

Aspectos innovadores

La inmensa mayoría de los estudios realizados en el campo de la depuración de aguas mediante procesos fotocatalíticos se han llevado a cabo en condiciones ideales. Así generalmente se ha estudiado el comportamiento de diferentes materiales en la degradación de un único contaminante en disoluciones acuosas sin componentes adicionales. Sin embargo, las situaciones reales de tratamiento de aguas distan mucho de estas condiciones idealizadas, y es de esperar que las limitaciones del tratamiento fotocatalítico se acentúen con aguas reales que presentan un elevado contenido iónico (fosfatos, cloruros, metales...), y altas concentraciones carbono orgánico total (COT). Además la turbidez puede dificultar la iluminación eficiente del fotocatalizador. Todos estos condicionantes implican la necesidad de optimizar esta tecnología de la manera más rigurosa posible con el fin de aprovechar todas sus potencialidades y delimitar su ámbito de aplicación.

En el contexto del presente proyecto, uno de los aspectos que se han considerado prioritarios es el desarrollo de fotocatalizadores solares inmovilizados que permitan el tratamiento semicontinuo de los efluentes sin necesidad de implantar una etapa de separación del catalizador, que sería costosa y reduciría significativamente la eficiencia del proceso. Este objetivo no es en modo alguno trivial puesto que requiere conseguir unas buenas propiedades mecánicas del material sin comprometer la eficiencia fotocatalítica. Además, ha sido necesario desarrollar una metodología de síntesis viable económicamente y que sea fácilmente escalable para su utilización en planta piloto.

Por otra parte, la realización de experimentos a escala piloto y empleando radiación solar real ha supuesto una decidida apuesta por el desarrollo comercial de esta tecnología que hasta el momento presente ha sido únicamente empleada a gran escala para el tratamiento de efluentes industriales. Por tanto, la propuesta de utilizar la fotocatalisis como método para incrementar la calidad microbiológica, y reducir la toxicidad de los efluentes de las EDAR's es en sí mismo novedosa. Además, la posibilidad de eliminar de manera eficaz los contaminantes prioritarios previamente seleccionados sin necesidad de reducir significativamente el contenido de carbono orgánico total, ha constituido otro aspecto innovador aportado por el grupo.

Palabras clave

Fotocatálisis heterógena solar, Catalizadores inmovilizados, TiO_2 comercial; síntesis sol-gel, Descontaminación de aguas, Desinfección de aguas, Reutilización de aguas.



Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

Hasta la fecha no existe una tecnología capaz de satisfacer las exigencias técnicas contempladas en el RD 1620/2007 para la regeneración de aguas y su reutilización en usos agrícolas, industriales o recreativos.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Patente solicitada <input type="checkbox"/> Patente concedida <input type="checkbox"/> Software registrado | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
|---|---|

Estos estudios de viabilidad no están protegidos mediante ninguna figura de las anteriores. Consiste en estudios que se realizan a partir de un conocimiento previo y de una utilización de protocolos generados por el propio grupo de investigación.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

Acuerdos de colaboración, contrato de servicios, proyecto conjunto, etc.

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Empresas de Gestión Integral del Agua. Empresas Gestoras de Efluentes Residuales. Estaciones de Depuración de Aguas Residuales. Empresas con tratamiento secundario de efluentes residuales. Comunidades de regantes, etc.

Información adicional

- N. Miranda-García, S. Suárez, B. Sánchez, J. M. Coronado, S. Malato, M. Ignacio Maldonado, "Photocatalytic degradation of emerging contaminants in municipal wastewater treatment plant effluents using immobilized TiO_2 in a solar pilot plant". Applied Catalysis B: Environmental. 103 (2011)294-301.
 - N. Miranda-García; M. Ignacio Maldonado; J. M. Coronado; Sixto Malato, "Degradation study of fifteen emerging contaminants at low concentration by immobilized TiO_2 in a pilot plant". Catalysis Today 151 (2010) 107-113.
 - Malato, S.; Fernández-Ibáñez, P.; Maldonado, M. I.; Blanco, J.; Gernjak, W.; "Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends". Monograph (Special Issue), Catal. Today 147, issue 1, 1-59, 15 September (2009).
-

Página web: www.psa.es/webesp/areas/quimica/proyectos.php

Persona de contacto:	Manuel Ignacio Maldonado Rubio Silvia Suárez
Organización:	CIEMAT-PSA
Teléfono:	913 466 417 950 387 955
Fax:	950 365 015 913 466 037
E-mail:	mignacio.maldonado@psa.es

ficha tecnológica

16



tragua


Tratamiento de aguas superficiales y aguas residuales con tecnología de membranas para la obtención de efluentes de elevada calidad

Grupo:	E2
Investigador principal:	Daniel Prats Rico
Organización:	Universidad de Alicante
Departamento:	Instituto del Agua y las Ciencias Ambientales
Teléfono:	965 903 948
Fax:	965 903 826
E-mail:	prats@ua.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

El Instituto del Agua y las Ciencias Ambientales (IUACA) de la Universidad de Alicante posee una larga experiencia en el campo de los tratamientos de aguas superficiales y residuales con tecnología de membranas. La escasez de recursos hídricos de aguas subterráneas hace necesario el aprovechamiento de aguas superficiales para el abastecimiento y la reutilización de aguas depuradas para usos ambientales, industriales o agrícolas, entre otros. Por eso, nuestro grupo de investigación, lleva desarrollando desde hace varios años, líneas de investigación destinadas a la mejora de la calidad de los efluentes y aportando soluciones para la optimización de tratamientos de aguas superficiales y residuales mediante procesos de membranas.

Descripción y características fundamentales

Aguas superficiales:

Las aguas superficiales contienen materia orgánica natural (MON) y, dependiendo de su origen, diversos contaminantes en proporciones variables, por lo que deben ser depuradas para ser aptas para consumo humano. Su calidad final viene regulada en el R.D. 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano (BOE nº 45 de 21/02/2003). La necesaria desinfección de estas aguas naturales puede provocar la formación de subproductos de desinfección (DBP - Desinfection By-Products), como son los trihalometanos.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Nuestro grupo de investigación estudia el tratamiento de aguas superficiales con tecnologías de ultra y nanofiltración utilizando membranas orgánicas y cerámicas para reducir la presencia de materia orgánica y por tanto evitar la formación de subproductos de desinfección que pueden producirse en la cloración de las aguas aptas para el consumo humano.

Para ello, se disponen de módulos de filtración a escala laboratorio que pueden trabajar en continuo a los que pueden acoplarse distintos tipos de membrana (ultra y nanofiltración), utilizando aguas reales para reproducir los efectos que producen los tratamientos con membranas previos a la cloración.

Aguas residuales:

Respecto a las aguas residuales, en nuestro país, y en otros muchos con escasez de recursos hídricos respecto a su demanda, resulta imprescindible incrementar la reutilización de aguas residuales para todos los usos posibles, lo que exige obtener un agua depurada de buena calidad físico-química y exenta de microorganismos patógenos. En España, se deben cumplir los requisitos establecidos en el R.D. 1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas (BOE nº 294 de 08/12/2007). Nuestro grupo de investigación está estudiando diversos aspectos de los biorreactores de membrana sumergidos (MBR - Membrane Bioreactor), como tecnología emergente más apropiada para el tratamiento de las aguas residuales que permite obtener efluentes de alta calidad que puedan ser reutilizados en la mayoría de usos posibles.

En el IUACA se dispone de 3 plantas de biorreactores de membrana de laboratorio, dos de membrana plana y otra de fibra hueca para realizar estudios a pequeña escala sobre la eliminación de contaminantes utilizando diferentes tipos de membranas comercializadas actualmente; las plantas disponen de módulos de programación que permiten trabajar de forma automática y en continuo.

También se dispone de una planta piloto instalada en la EDAR de Rincón de León, con dos líneas de tratamiento separadas. Una de estas líneas contiene dos módulos de 10 unidades de filtración de membrana plana con un área total de 16 m² y un caudal nominal de 400 litros/hora. La otra línea de tratamiento se compone de 4 módulos de filtración de fibra hueca con un área total de 20 m² y un caudal nominal de filtración de 400 litros/hora. Además, se han instalado en serie dos módulos de presión de 4 pulgadas, un módulo de nanofiltración y otro de ósmosis inversa, para estudiar la reducción tanto de materia orgánica como de sales y mejorar la calidad del efluente.

La planta piloto funciona de forma automática a través de un controlador lógico programable, lo que permite mantener el sistema en continuo.

Aspectos innovadores

Los aspectos más innovadores sobre los que está trabajando el IUACA son:

Aguas superficiales:

En este campo se están incorporando como tratamiento complementario al de membranas técnicas tanto de adición de floculantes, previa o en línea con el proceso de filtración con membranas, como el empleo, previo o en línea, de ultrasonidos.



Aguas residuales:

Por una parte y con el objetivo de optimizar el tratamiento de las aguas en MBR, las últimas investigaciones están encaminadas al estudio de ciclos de aireación intermitente, para observar como afecta el tamaño de partícula, así como el ensuciamiento a las membranas a fin de minimizar los costes de ejecución en las plantas de MBR.

Complementariamente se han puesto a punto técnicas para la determinación de ciertos contaminantes emergentes, en particular los productos de cuidado e higiene personal y productos farmacéuticos, para estudiar la eliminación de estos compuestos mediante la tecnología de biorreactores de membrana y su reducción final mediante nanofiltración u ósmosis inversa.

Palabras clave

Aguas superficiales, materia orgánica natural, subproductos de desinfección, membranas cerámicas, membranas orgánicas, ultrafiltración, nanofiltración, osmosis inversa, aguas residuales, biorreactores de membrana.

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:

- Desarrollada, lista para demostración
- En el mercado

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

El pretratamiento de aguas superficiales con membranas puede eliminar el riesgo de formación de sub-productos de desinfección y es una tecnología competitiva para reducir la materia orgánica natural.

Los biorreactores de membranas representan una tecnología en clara expansión para el tratamiento de aguas residuales, tanto urbanas como industriales, que tiene la clara ventaja frente a otras tecnologías convencionales de proporcionar un efluente de excelente calidad sin incorporar tratamiento terciario.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Aguas superficiales:

- Estaciones de tratamiento de aguas potables (ETAPs).

Aguas residuales:

- Aguas no tratadas procedentes de industria del sector de la alimentación, sector textil y sector químico.
- Aguas residuales urbanas.

Información adicional

Página web: <http://iuaca.ua.es>

Persona de contacto:	Daniel Prats Rico
Organización:	Instituto del Agua y las Ciencias Ambientales (Universidad de Alicante)
Teléfono:	965 903 948
Fax:	965 903 826
E-mail:	prats@ua.es

ficha tecnológica

17



tragua


Foto-Fenton solar como sistema de tratamiento de efluente de EDAR para eliminación de contaminantes y desinfección

Grupo:	TC10
Investigador principal:	Amadeo Rodríguez Fernández-Alba
Organización:	Universidad de Almería
Departamento:	CIESOL (Centon Mixto Universidad de Almería-CIEMAT)
Teléfono:	950 015 034
Fax:	950 015 483
E-mail:	amadeo@ual.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

El foto-Fenton solar se basa en la utilización de pequeñas cantidades de Fe (algunos mg/L) e hidrógeno peróxido (agua oxigenada) en combinación con radiación solar para eliminar contaminantes y desinfectar efluentes de EDAR y permitir su reutilización.

Los trabajos realizados por el Grupo de la Plataforma Solar de Almería y la Universidad de Almería son numerosos, por lo que esta ficha recoge un resumen de las principales conclusiones. Entre otros, cabe destacar los trabajos realizados con efluentes de EDAR de Almería y El Ejido, y en el diseño de plantas solares para esta tecnología.

Para información adicional, ver listado de publicaciones en:

www.psa.es/webesp/areas/quimica/publicaciones.php

Descripción y características fundamentales

En aguas urbanas, se suele utilizar únicamente los tratamientos primarios y secundarios, con los que se logra reducir en gran medida la contaminación de los efluentes, pero con los cuales generalmente no se cumple la normativa vigente. Las técnicas de tratamiento biológico están muy bien instauradas y son relativamente baratas, pero estos métodos biológicos son muy susceptibles a los compuestos antropogénicos (plaguicidas, fertilizantes, detergentes, fenoles, farmacéuticos, etc), ya que resulta imposible su biodegradación. La tendencia es hacia la utilización cada vez mayor de tratamientos terciarios, tanto

para cumplir la normativa, como para lograr un reciclado cada vez mayor del agua utilizada, que es el gran objetivo del futuro. Los procesos de oxidación avanzada (AOPs) posiblemente constituyan en un futuro próximo uno de los recursos tecnológicos más utilizados en el tratamiento de aguas contaminadas con productos orgánicos, que no son tratables mediante técnicas convencionales debido a su elevada estabilidad química y/o baja biodegradabilidad.

Los contaminantes persistentes en agua se caracterizan por una alta estabilidad y/o gran dificultad para ser mineralizados totalmente. Por ello, muchas veces es necesario adoptar sistemas más efectivos. Entre estos sistemas se encuentran los Procesos de Oxidación Avanzada, comúnmente denominados AOPs, y que son aquellos procesos de tratamiento terciario que están basados en la generación de especies fuertemente oxidantes. Entre los AOPs, aquellos que producen radicales hidroxilos ($\bullet\text{OH}$) son los que tienen más éxito, ya que esta especie es fuertemente oxidante (Potencial de Oxidación 2.8 V). Las características más positivas de los AOPs son (I) su capacidad para llevar a cabo una profunda mineralización de los contaminantes orgánicos y oxidación de compuestos inorgánicos hasta dióxido de carbono e iones como cloruros, nitratos, etc, y (II) su reactividad no selectiva con una inmensa mayoría de compuestos orgánicos, especialmente interesante si se quiere evitar la presencia de subproductos potencialmente tóxicos procedentes de los contaminantes originales, que sí pueden originarse mediante otros métodos que no consiguen la oxidación hasta sus últimas consecuencias.

El principal inconveniente de los AOPs es su elevado coste por el uso de reactivos caros y/o el elevado consumo energético (lámparas para generar radiación UV) y es obvio que nunca deben utilizarse como alternativa a tratamientos más económicos, como la biodegradación. De entre todos los AOPs aquellos que son capaces de aprovechar la radiación solar son de especial interés, ya que se eliminaría la desventaja que tienen estos procesos del consumo de energía mediante lámparas, ya que éstas son sustituidas por el Sol. La descontaminación de aguas contaminadas mediante fotocatalisis solar es en la actualidad una de las más exitosas aplicaciones de la fotoquímica solar. Esto no es sólo debido a que es una excepcional demostración de la aplicación de la energía solar a la conservación medioambiental, sino que, al contrario de la mayoría de los procesos fotoquímicos, su versatilidad permite que sea empleada con mezclas complejas de contaminantes.

El proceso Foto-Fenton es un tratamiento fotocatalítico basado en la producción de radicales hidroxilo mediante el reactivo de Fenton ($\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}_2^+ \rightarrow \bullet\text{OH} + \text{H}^+ + \text{OH}^-$) y luz solar. La velocidad de degradación de contaminantes resulta acelerada por la irradiación con luz Ultravioleta-Visible (longitudes de onda mayores de 300 nm). En estas condiciones, la fotólisis de complejos Fe(III), permite la regeneración de Fe(II): $[\text{Fe}(\text{HO})]^{2+} + \text{H}_2\text{O} + h\nu \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}^+ + \bullet\text{OH}$. El peróxido de hidrógeno presenta algunas ventajas en relación a otros oxidantes clásicos. Su coste es relativamente bajo, es una sustancia segura, fácil de manejar y no contaminante, ya que se descompone de manera natural dando lugar a agua y oxígeno. Las sales de hierro son también baratas e inocuas. Las principales ventajas son:

- El oxidante y el catalizador utilizados son inocuos, comerciales, muy soluble en agua y baratos.
- Es un proceso eficiente con altas conversiones de degradación.
- Es activo hasta una longitud de onda de 600 nm, lo que supone poder realizarlo con energía solar.

Desde principios de los setenta, la descontaminación mediante fotocatalisis se ha descrito en bibliografía como un método alternativo para depurar aguas contaminadas. Sin embargo, las primeras aplicaciones industriales con energía solar han comenzado a desarrollarse recientemente. Hace una década sólo se conocían dos aplicaciones de la fotocatalisis a escala de demostración; una para tratamiento de aguas subterráneas en Estados Unidos y otra para depuración de agua residuales industriales en España (en la Plataforma Solar de Almería). Desde entonces, se han construido varias instalaciones y se han desarrollado algunos sistemas en base a esta tecnología. En el marco del proyecto "SOLARDETOX", (Solar

Detoxification Technology for the Treatment of Industrial Non-Biodegradable Persistent Chlorinated Water Contaminants, Brite Euram III Program, 1997-2000, BRPR-CT97-0424), se creó un consorcio europeo coordinado por la Plataforma Solar de Almería, con el propósito de desarrollar la descontaminación solar de contaminantes recalcitrantes presentes en aguas. El principal objetivo del proyecto era el desarrollo de un sistema comercial empleando la tecnología de colectores cilindro parabólicos solares (CPCs). En 2004, se instaló en Almería una nueva planta basada en la tecnología de CPCs, en el marco de un proyecto centrado en los problemas generados a partir del rápido crecimiento del sector de la agricultura intensiva (invernaderos) en la cuenca mediterránea (ver fotos). Recientemente, se avanzó en esta tecnología mediante la combinación de foto-Fenton solar con un tratamiento biológico aerobio para la descontaminación de un agua residual industrial. Se componía de un reactor de foto-Fenton con 100 m² de CPCs y una planta de tratamiento biológico aerobio basado en un reactor de biomasa inmovilizada de 1 m³ de capacidad.

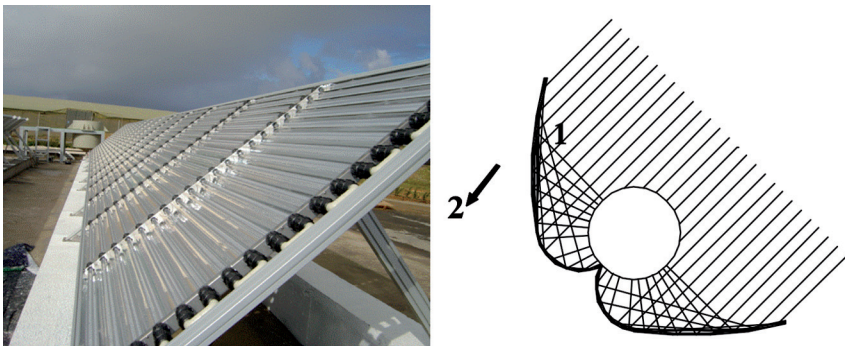


Figura 1. Esquema de CPCs (1 fotoreactor; 2 captador solar) y fotografía de planta de foto-Fenton.

Aspectos innovadores

España tiene el mayor déficit hídrico de Europa, con ratio de explotación (consumo anual/recursos) superior al 20%. Aproximadamente el 65 % del consumo es para agricultura, 20% para la industria y 15% doméstico. Aunque en los medios se discuten posibles soluciones económicamente factibles a la escasez de agua (desalación vs. trasvases), no son la mejor solución debido a su efecto medioambiental, consumo de energía y necesidad de infraestructuras.

En este sentido, es interesante desarrollar una tecnología novedosa para el tratamiento de contaminantes en agua y su desinfección basada en la utilización de la energía solar y un proceso medioambientalmente inocuo que utiliza sales de hierro y agua oxigenada. Este proceso aúna la catálisis y las energías renovables y por tanto también puede encuadrarse en lo que se denomina la "química verde".

Palabras clave

Descontaminación de aguas; desinfección de aguas, fotocatalisis, tratamientos avanzados de aguas residuales.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
-

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

En general, este tipo de aguas procedentes de EDAR conteniendo contaminantes tóxicos y no biodegradables se vierten en cauces públicos o en el mar. Esto medioambientalmente poco recomendable y además impide su correcta reutilización para riego y otros usos. Este tipo de tratamientos se pueden adaptar a caudales muy variados, permitiendo el tratamiento in-situ para su posterior reutilización.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |
-

Estos estudios no están protegidos mediante ninguna figura de las anteriores. Consiste en estudios que se realizan a partir de un conocimiento previo y de una utilización de protocolos generados por el propio grupo de investigación.

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

La colaboración consiste en que empresas interesadas utilicen este tipo de estudios para aplicarlos en efluentes de EDAR. Esto puede hacerse mediante acuerdo de colaboración, contrato de servicios, proyecto conjunto, etc.

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Empresas de gestión de EDAR, comunidades de regantes.

Información adicional

- *Degradation of fifteen emerging contaminants at $\mu\text{g L}^{-1}$ initial concentrations by mild solar photo-Fenton in MWTP effluents.* Wat Res. 44, 545-554, 2010.
 - *Application of photo-Fenton as a tertiary treatment of emerging contaminants in municipal wastewater.* Env. Sci. Technol., 44, 1792-1798, 2010.
 - *Modified photo-Fenton for degradation of emerging contaminants in municipal wastewater effluents.* Catalysis Today 161, 241-246, 2011.
-

Página web: www.psa.es/webeng/areas/quimica/index.php

Persona de contacto:	Sixto Malato Rodríguez
Organización:	CIESOL (Centon Mixto Universidad de Almería-CIEMAT)
Teléfono:	950 387 940
Fax:	950 365 015
E-mail:	Sixto.malato@psa.es

Metodología analítica para la determinación de contaminantes orgánicos emergentes y prioritarios y sus metabolitos/productos de degradación en efluentes de EDAR a niveles traza

Grupo:	TC-10
Investigador principal:	Amadeo Rodríguez Fernández-Alba
Organización:	Universidad de Almería
Departamento:	Hidrogeología y Química Analítica
Teléfono:	950 015 034
Fax:	950 015 483
E-mail:	amadeo@ual.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

La metodología analítica desarrollada permite disponer actualmente de una herramienta útil para el control del funcionamiento de las EDAR y de la eficiencia de los tratamientos terciarios aplicados a las aguas depuradas. Asimismo, permite caracterizar los efluentes y conocer los contaminantes mayoritarios y que pueden representar un mayor peligro potencial de contaminación.

Descripción y características fundamentales

Los análisis se basan en el empleo de técnicas avanzadas de espectrometría de masas, acopladas a cromatografía gaseosa (GC-MS) y a cromatografía líquida (LC-MS), que permiten cubrir el seguimiento de más de 100 contaminantes. Se emplean diversos tipos de analizadores de masas (cuadrupolo sencillo y sistemas híbridos cuadrupolo-trampa de iones; triple cuadrupolo, cuadrupolo-tiempo de vuelo), que garantizan la correcta identificación, confirmación y cuantificación de los contaminantes a niveles de concentración en el rango de los ng/L. Asimismo se cuenta con procesos automatizados de preparación de muestra que garantizan una elevada reproducibilidad de los resultados.

Aspectos innovadores

Como aspecto más novedoso de la metodología presentada está la posibilidad de realizar análisis multianálito para un gran número de contaminantes emergentes de forma simultánea, incluso de compuestos no seleccionados previamente, lo que permite una exhaustiva evaluación de las aguas residuales. Asimismo se cuenta con experiencia y herramientas para la identificación de productos de degradación desconocidos generados durante los tratamientos de las aguas residuales.

Palabras clave

Contaminantes emergentes; análisis traza; aguas residuales; espectrometría de masas,

Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
- Desarrollada, lista para demostración
- En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

Actualmente existen en España muy pocos laboratorios con la metodología y experiencia adquirida por nuestro grupo para la realización de los análisis descritos.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
 - Acuerdo de joint venture
 - Acuerdo de fabricación
 - Acuerdo comercial con asistencia técnica
 - Acuerdo de licencia
-

Realización de análisis de contaminantes emergentes y sus productos de degradación en diferentes tipos de aguas (residuales, naturales, industriales, etc).

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Confederaciones hidrográficas. Empresas de aguas (plantas depuradoras). Industrias con efluentes contaminantes.

Información adicional

Página web

Persona de contacto: Amadeo Rodríguez Fernández-Alba

Organización: Universidad de Almería

Teléfono: 950 015 034

Fax: 950 015 483

E-mail: amadeo@ual.es

ficha tecnológica

19



tragua


Dispositivo de medida basado en microchips de silicio para medir la concentración de microorganismos en agua o en superficies sumergidas

Grupo:	Microbiología Ambiental
Investigador principal:	Jordi Mas
Organización:	Universidad Autónoma de Barcelona
Departamento:	Departamento de Genética y Microbiología
Teléfono:	935 811 663
Fax:	935 812 387
E-mail:	jordi.mas@uab.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

En nuestro grupo hemos desarrollado dispositivos tecnológicos basados en microchips de silicio para la determinación impedimétrica de muy bajas concentraciones de microorganismos en medios acuáticos o en superficies sumergidas. Las medidas utilizan microelectrodos metálicos sumergibles. Para las medidas en suspensiones de microorganismos los electrodos se polarizan con el fin de fomentar la atracción electrostática de las bacterias en suspensión. A continuación se realizan medidas de impedancia para determinar los cambios en la capacidad de la doble capa que se producen como consecuencia de la adsorción microbiana. Cuando estos electrodos se integran en superficies sumergidas permiten monitorizar el crecimiento de capas microbianas (biofilms) durante las primeras etapas de su desarrollo.

Descripción y características fundamentales

Se ha desarrollado un elemento electrónico basado en un chip de silicio que comprende por lo menos dos electrodos integrados en un sustrato de material, para medir la concentración de biomasa de un medio mediante espectroscopia de impedancia electroquímica.

El dispositivo y el procedimiento asociados están basados en la medida de los cambios producidos en la interfase electrodo/solución, debido a la adhesión de biomasa.



oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolidar-tragua

Los experimentos efectuados han permitido observar que la biomasa adherida a la superficie del electrodo de trabajo, durante los primeros minutos de colonización, modifica las características electroquímicas de la doble capa eléctrica de la interfase del electrodo. El cambio detectado depende de la cantidad de biomasa adherida, la cual a su vez es proporcional a la concentración de dicha biomasa en el medio. Este hecho ha permitido el desarrollo de un dispositivo y procedimiento para cuantificar la concentración de biomasa, previa calibración del dispositivo en el medio, temperatura y biomasa de interés, que presenta la ventaja de que es rápido, directo y sencillo.

La doble capa eléctrica de la interfase electrodo/solución es considerada de forma común como similar a un condensador eléctrico, por lo que los cambios producidos en esta capa pueden ser fácilmente monitorizados por espectroscopia de impedancia electroquímica.

Los experimentos efectuados han permitido observar que la biomasa adherida a la superficie del electrodo de trabajo se comporta, a determinadas frecuencias de trabajo, como un material dieléctrico que modifica el valor de la capacitancia de la doble capa eléctrica (Cdl) de los electrodos del dispositivo. La variación de la capacitancia de la doble capa (Cdl) se ha visto dependiente de la concentración de biomasa del medio, por lo que la monitorización de los cambios de capacitancia de dicha capa se ha visto que permite la detección de la concentración de biomasa del medio, de un modo sencillo y muy fiable, mediante la correspondiente curva de calibración.

En el dispositivo reivindicado, la configuración de los electrodos (en particular, su área y distancia entre ellos) debe ser la adecuada para permitir la medida del cambio de capacitancia de la interfase electrodo/solución producido por la adhesión de biomasa. Es decir, debe de ser la adecuada para permitir limitar el campo eléctrico a la zona de la interfase que es la zona en la que se miden los cambios electroquímicos producidos por la presencia de la biomasa adherida al electrodo de trabajo.

Aspectos innovadores

Los dispositivos impedimétricos existentes que determinan la concentración de biomasa mediante espectroscopia de impedancia electroquímica presentan el inconveniente de que son lentos, puesto que requieren largos tiempos de medida, especialmente para concentraciones inferiores a 10^3 cfu.cm⁻³. Por otro lado, dichos dispositivos presentan también el inconveniente de que son poco fiables para medir bajas concentraciones de biomasa, puesto que la medida que realizan es muy sensible a cambios de temperatura y conductividad del medio donde se cultiva la biomasa. A bajas concentraciones la relación señal/ruido es muy pequeña, por lo que las medidas no pueden realizarse correctamente.

Palabras clave

Sensores microbianos, método rápido, microchip, biofilm, calidad de agua, alimentación, clínica.



Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado: 250.000 €
-

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

- Utilización de sensores de bajo coste susceptibles de fabricación en masa.
- Elevada sensibilidad y capacidad de respuesta a muy bajas concentraciones 10-100 células/mL
- Tiempo de respuesta rápido que permite la monitorización en continuo.
- Posibilidad de ser adaptado a ensayos rápidos de detección para uso en alimentación y en clínica.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Patente solicitada <input checked="" type="checkbox"/> Patente concedida <input type="checkbox"/> Software registrado | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
|--|---|
-

La tecnología se encuentra protegida mediante patente WO/2009/090280.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

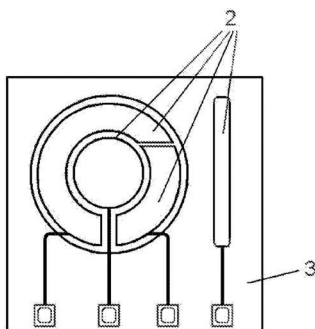
Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Agua, medio ambiente, alimentación, farmacia, clínica.

Información adicional



Página web

Persona de contacto:

Jordi Mas

Organización:

Departamento de Genética y Microbiología
Universidad Autónoma de Barcelona

Teléfono:

935 813 011
651 641 064

Fax:

935 812 387

E-mail:

jordi.mas@uab.es

ficha tecnológica

20



tragua


Identificación de microorganismos y caracterización de comunidades microbianas complejas mediante técnicas moleculares cultivo-independientes

Grupo:	Microbiología Ambiental
Investigador principal:	Jordi Mas
Organización:	Universidad Autónoma de Barcelona
Departamento:	Departamento de Genética y Microbiología
Teléfono:	935 811 663
Fax:	935 812 387
E-mail:	jordi.mas@uab.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Ofrecemos la posibilidad de identificar microorganismos o comunidades microbianas complejas responsables de la aparición de problemas en procesos tecnológicos de ámbitos diversos como el tratamiento de aguas, la industria química, alimentaria, farmacéutica o biomédica. La identificación se realiza directamente a partir de muestras del proceso, sin necesidad de realizar cultivos, permitiendo la detección y identificación de microorganismos no susceptibles de crecer en placa. La identificación de los microorganismos implicados en el problema permite comprender los mecanismos que lo originan y permite la aportación de soluciones que solucionen el problema o mejoren su gestión.

Descripción y características fundamentales

Tipificación molecular mediante DGGE:

La tipificación molecular que utilizaremos se basa en la existencia de secuencias de DNA de unos 1500 pares de bases de longitud que codifican el RNA ribosomal. Estas secuencias son únicas y características para cada microorganismo y pueden ser utilizadas para su identificación.

En la tipificación por DGGE se hace una extracción del DNA de la muestra, se somete a una amplificación mediante PCR utilizando cebadores universales para los genes 16S rRNA, y los productos de la amplificación se separan en un gel de electroforesis de gradiente desnaturalizante (DGGE). Los geles



oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

DGGE permiten separar moléculas amplificadas que difieran tan solo en un nucleótido. Al separar los productos de amplificación, el número de bandas que aparece nos indica el número de organismos distintos presentes en la muestra. La posición de las bandas en las diferentes muestras nos permite conocer si las diferentes muestras tienen idénticos microorganismos o si difieren entre ellas. Esta metodología no nos permite identificar a los microorganismos, pero permite comparar fácilmente gran número de muestras de procedencia diversa, obteniendo al mismo tiempo una estima de su diversidad.

Secuenciación de genotecas de RNA ribosomal 16S:

Aunque el análisis de patrones de bandas de DGGE permite comparar muestras entre si, no nos proporciona información sobre la identidad de los microorganismos a los que corresponde cada banda. Para poder realizar la identificación es necesario determinar la secuencia del gen 16S de cada microorganismo. Para conseguir la secuencia es necesario extraer el DNA de la muestra y someterlo posteriormente a una amplificación por PCR utilizando cebadores específicos para secuenciación. Los genes de RNA ribosomal 16 amplificados son posteriormente secuenciados. Las secuencias obtenidas son únicas y constituyen una huella única identificadora de cada tipo de microorganismo.

El procedimiento permite la identificación de un número elevado de componentes de la comunidad microbiana sin necesidad de cultivarlos previamente, y eliminando de esta forma las distorsiones habitualmente introducidas por el efecto selectivo de los medios de cultivo utilizados habitualmente.

Aspectos innovadores

Las metodologías de tipificación e identificación molecular no son realmente novedosas porque ya hace años que se aplican, pero debido a su relativa complejidad no suelen formar parte de los trabajos habituales de diagnóstico rutinario de problemas. Su incorporación permite la detección de microorganismos que no crecen en medios de cultivo convencionales, y permiten realizar fácilmente comparaciones de muestras para determinar el grado de similitud de sus comunidades microbianas y, en caso de que sea necesario, identificar a sus componentes.

Palabras clave

Identificación de microorganismos, diversidad microbiana, diagnóstico microbiológico, rRNA 16S, calidad de agua, alimentación, clínica.



Grado de desarrollo de la tecnología

- En fase de desarrollo:
 - Precisa desarrollo externo: SI NO
 - Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
 - Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
 - Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
 - Coste de desarrollo aproximado:
-

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

- Identificación de microorganismos sin necesidad de cultivarlos.
- Posibilidad de comparar la composición microbiológica de diferentes muestras y en caso necesario de identificar cada uno de sus componentes.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

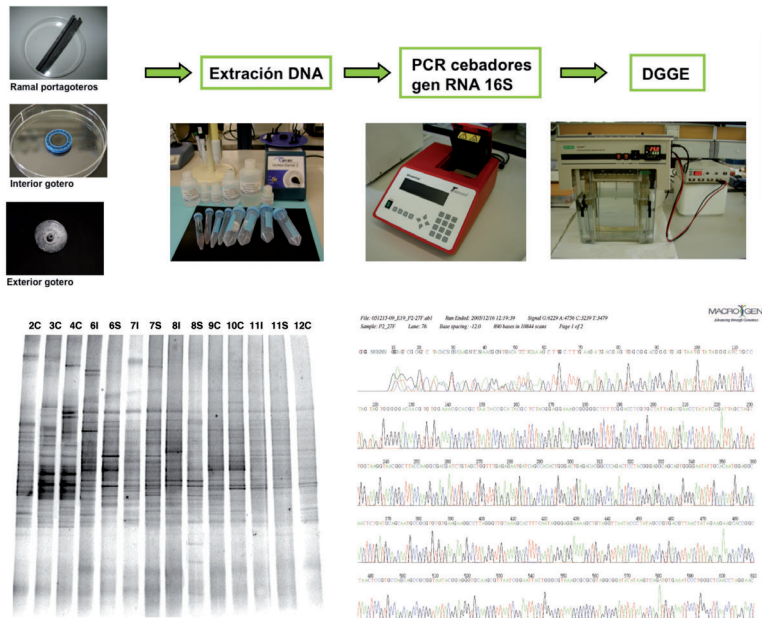
Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Agua, medio ambiente, alimentación, farmacia, clínica.

Información adicional



Página web

Persona de contacto: Jordi Mas
Organización: Departamento de Genética y Microbiología
Universidad Autónoma de Barcelona
Teléfono: 935 813 011
651 641 064
Fax: 935 812 387
E-mail: jordi.mas@uab.es

ficha tecnológica

21



tragua


Método de evaluación cuantitativa de la capacidad autodepuradora de aguas residuales y recicladas

Grupo:	C-3
Investigador principal:	José Martínez Peinado
Organización:	Universidad Complutense
Departamento:	Departamento de Microbiología III
Teléfono:	913 944 967
Fax:	913 944 964
E-mail:	peinado@bio.ucm.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

La autodepuración es un sistema de eliminación de patógenos en aguas, sencillo, económico y de escaso impacto ambiental. Presenta como inconvenientes su lentitud y limitada fiabilidad, que está ligada a la complejidad biológica del proceso y a su gran dependencia de numerosas variables ambientales. Por todo ello, era necesaria una metodología general de análisis que permitiera cuantificar el potencial autodepurador de cada tipo de agua. Ese dato facilita la integración de la autodepuración dentro de un tratamiento regenerador integral y la evaluación cuantitativa de riesgos en el uso final del agua. En nuestro laboratorio hemos elaborado un protocolo experimental para analizar cuantitativamente la capacidad de autodepuración de cualquier tipo de agua, basado en la inoculación de una cepa de *E. coli* y el seguimiento de su inactivación a lo largo del tiempo. Los datos se analizan con un modelo matemático predictivo, basado en la heterogeneidad de la población contaminante. En el proyecto Consolider hemos demostrado la utilidad de nuestra técnica aplicándola a muy diversos efluentes secundarios, terciarios y aguas potables, confirmando su versatilidad para describir las diferentes cinéticas encontradas en cada caso.

Descripción y características fundamentales

La capacidad de supervivencia de *E. coli* en diversos tipos de agua, que es inversamente proporcional a la capacidad de autodepuración que cada tipo de agua posee, se ha evaluado tradicionalmente inoculando cepas seleccionadas del microorganismo en el agua y midiendo su inactivación a lo largo del tiempo. Esa ha sido también la metodología seguida por nosotros en la primera parte de la técnica que proponemos, que corresponde a la obtención de datos. Nuestra aportación ha consistido en la estandarización del proceso, delimitando las condiciones ambientales en que hay que hacer la incubación y mejorando, con una herramienta estadística, la precisión del recuento de viables obtenido al utilizar el método Colilert, de extendida aplicación en los laboratorios de análisis de aguas. Este método se basa en la estimación del Número Más Probable (NMP), una técnica sencilla y rápida pero que presenta problemas para calcular la incertidumbre asociada. Con el asesoramiento técnico de esta empresa hemos desarrollado la aplicación de una metodología estadística general que permite, con el uso de Excel y su programa Solver, calcular la incertidumbre de los resultados para una combinación variable de diluciones, volúmenes y pocillos. De esta forma, hemos conseguido aumentar la precisión de los resultados, dato especialmente importante en las aguas que necesitan tener una contaminación muy baja.

La segunda parte de la metodología se basa en el análisis de los datos y en la obtención de parámetros que nos den una medida cuantitativa del desarrollo del proceso de autodepuración. La dificultad previa de la que partíamos era que las cinéticas de inactivación eran muy diferentes según el tipo de agua estudiada. Así por ejemplo, en efluentes secundarios y aguas contaminadas en general las cinéticas de inactivación son de primer orden, presentando curvas cóncavas, mientras que en efluentes terciarios y aguas limpias son curvas hiperboloides en las que sólo tras un largo periodo asintótico sin aparentes cambios, empieza a observarse la inactivación. Por lo tanto, para cada tipo de agua o efluente había que utilizar un modelo matemático diferente. Nosotros hemos desarrollado un modelo general, válido para todos los casos y que describe con precisión similar todos ellos. El modelo se basa en dos premisas: 1) La heterogeneidad de la supervivencia de cada una de las células en la población y 2) que esa heterogeneidad puede ser descrita por una distribución estadística de tipo Weibull. Esta herramienta matemática ha sido validada por su aplicación a numerosos efluentes secundarios terciarios y aguas superficiales de diverso origen a lo largo de los tres últimos años del proyecto, confirmando que puede ser empleado de manera fiable para describir la cinética de inactivación de las bacterias entéricas en aguas residuales, con la ventaja de que una sola ecuación permite describir las diferentes formas cinéticas observadas en los distintos tipos de aguas.

Esta tecnología analítica para el diseño de procesos integrados de depuración y para el análisis cuantitativo de riesgos asociados al uso del agua analizada, puede ser desarrollada completamente en nuestro laboratorio. Alternativamente, podemos aplicar nuestra herramienta matemática a datos proporcionados por la industria o enseñar el manejo de las herramientas matemáticas necesarias en cursillos específicos de corta duración. De hecho, el modelo matemático, que hemos publicado en inglés, nos ha sido solicitado por revistas y webs ambientales en español para su divulgación.

Aspectos innovadores

La innovación más significativa es la creación de herramientas matemáticas para el análisis de los datos. En primer lugar, el método para el cálculo de la incertidumbre de los resultados de la aplicación del método comercial de recuento de viables Colilert.

Esta empresa comercializa dos tipos de bandejas para ser empleadas con inóculos diferentes: menores de 2000 UFC/ml o menores de 200 UFC/ml. La empresa proporciona un enlace en su página web en el que, tras introducir los datos de pocillos positivos de la bandeja utilizada, aparece el NMP y los límites del 95% de esa bandeja. Como los datos de los recuentos no siguen una distribución normal, no es posible calcular la incertidumbre cuando se usan dos bandejas similares o una de 2000 y otra de 200 o cuando se usan varias diluciones para inocular bandejas del mismo tipo. Nuestro método general permite calcular esa incertidumbre en todos esos casos utilizando una aplicación sencilla (Solver, en Excel). La duplicación de varias bandejas y/o diluciones aumenta significativamente la precisión de los datos. También aumenta el coste del análisis, lógicamente, pero un dato preciso puede ser muy relevante según los usos finales del agua.

La segunda innovación es el modelo matemático que describe la cinética de inactivación de forma general y aplicable a cualquier tipo de agua o efluente. Este modelo permite cuantificar el proceso de inactivación a través de los dos parámetros que lo componen, lo que hace posible la comparación de la eficiencia del proceso en diferentes tipos de aguas. Permite describir cuantitativamente los procesos con una precisión adecuada y predecir su evolución en el tiempo. Y permite por último el análisis cuantitativo de riesgos en el uso final del agua al proporcionar datos de contaminación con su incertidumbre asociada.

Palabras clave

Análisis de E. coli en aguas, Colilert, Autodepuración, Modelo cinético de inactivación, Regeneración de agua.

Grado de desarrollo de la tecnología

En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
- Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
- Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
- Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
- Coste de desarrollo aproximado:

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

ASPECTOS COMERCIALES

Ventajas competitivas

La herramienta estadística para el cálculo de la incertidumbre en el recuento de E. coli en aguas, aplicada al método Colilert, permite diseñar la combinación adecuada de diluciones y tipo de bandejas para obtener una incertidumbre ajustada a las necesidades técnicas de cada caso (por ejemplo, en aguas que precisen para su uso recuentos muy bajos, será necesaria mayor precisión, que se puede conseguir aumentando el número de diluciones y/o tipo de bandejas).

El modelo matemático que se aporta es una herramienta que permite predecir el tiempo que tardará la población en alcanzar el nivel de depuración necesario para cada caso, junto con la incertidumbre asociada. Este dato permitirá limitar los análisis confirmatorios a los tiempos indicados por el modelo. Los datos de incertidumbre permiten también hacer un análisis cuantitativo del riesgo del uso final del agua autodepurada.

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- Patente solicitada
- Patente concedida
- Software registrado
- Derechos exclusivos
- Secreto industrial

Propiedad intelectual de los modelos y herramientas matemáticas publicados.

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Sectores empresariales de los potenciales clientes de la tecnología

Estaciones depuradoras y regeneradoras de agua. Industrias de tratamiento de efluentes. Control de la calidad y seguridad del agua en general.

Información adicional

Página web

Persona de contacto:	Dr. José Martínez Peinado
Organización:	Departamento de Microbiología Facultad de Biología Universidad Complutense de Madrid
Teléfono:	913 944 967
Fax:	913 944 964
E-mail:	peinado@bio.ucm.es

ficha tecnológica

22



tragua


Batería de ensayos subletales para valorar la toxicidad de efluentes de estaciones de depuración de aguas

Grupo:	C-4
Investigador principal:	Gregoria Carbonell Martín
Organización:	INIA
Departamento:	Medio Ambiente Laboratorio de Ecotoxicología
Teléfono:	913 476 866
Fax:	913 474 008
E-mail:	carbonel@inia.es

DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Resumen

Los niveles de contaminación que presentan los efluentes de EDARs son muy variados en cuanto a su composición cuantitativa y cualitativa, pero tienen en común que no presentan toxicidad aguda. Sin embargo, la exposición a la que se ven sometidos los organismos acuáticos es constante, creando la incertidumbre sobre la posibilidad de efectos subletales. Es por este motivo que presentamos una batería de ensayos que han sido desarrollados para valorar efectos sub-letales sobre organismos representativos del medio acuático:

1. Ensayo de ingesta en *Daphnia magna*.
2. Desarrollo de un modelo discriminante para explicar la inhibición del crecimiento de *Chlorella vulgaris* en muestras ricas en nutrientes.
3. Desarrollo de un ensayo sub-agudo utilizando líneas celulares de peces.
4. Desarrollo de ensayos de embriotoxicidad y de inmunotoxicidad en anfibios.

1. Ensayo de ingesta en *Daphnia magna*

El ensayo sobre la disminución en la capacidad de ingesta de *Daphnia magna* debido a la presencia de contaminantes, fue descrita por Allen et al. en 1995 (Environ. Toxicol Chem 14 (9): 1625-1630) y fue adaptado para la medida de la toxicidad en efluentes de depuradora por Barata et al en 2008 (Sci. Total Environ. 405: 78-86) durante el desarrollo del proyecto RTA2003-06917-C02-01, coordinado por nuestro grupo. Nosotros lo hemos utilizado en los efluentes de 4 depuradoras de los alrededores de Madrid, que hemos recogido mensualmente durante 1 año (Marzo 2010 - Abril 2011), detectando toxicidad sub-aguda en un 8.33 % de las muestras.

2. Desarrollo de un modelo discriminante para explicar la inhibición del crecimiento de *Chlorella vulgaris* en muestras ricas en nutrientes

Los métodos para la detección de la toxicidad en muestras complejas y de composición desconocida, como los efluentes de depuradoras, presentan una muy buena relación coste/beneficio. Sin embargo en los ensayos para determinar la toxicidad en algas, hay que tener en cuenta la interferencia debida al alto contenido de nutrientes presentes en este tipo de muestras que dificultan la interpretación de los resultados. Nuestro grupo de investigación ha desarrollado un procedimiento que, a partir de tres niveles de dilución medidos en un momento único punto y un modelo discriminante puede establecer si este tipo de muestras complejas, con una interpretación difícil de las curvas dilución-respuesta, deben ser considerados tóxicos para las algas. Este procedimiento es capaz de identificar en torno al 85% de las muestras consideradas tóxicas.

3. Desarrollo de un ensayo sub-agudo utilizando líneas celulares de peces

La toxicidad de las muestras sobre peces, analizados con la línea celular RTG-2 de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), han puesto de manifiesto que si bien no se observa citotoxicidad aguda (ensayos β -gal, rojo neutro y proteína), los resultados obtenidos de toxicidad sub-letal, midiendo el contenido celular de especies reactivas del oxígeno (ROS), fueron siempre positivos en todas las época del año. Durante el metabolismo aerobio se originan pequeñas cantidades de especies reactivas de oxígeno, indispensables en muchos procesos celulares, sin embargo cuando se rompe el equilibrio entre la producción y degradación de estas moléculas se origina un estrés oxidativo que rompe la homeostasis celular y da origen a alteraciones metabólicas. Es por lo tanto relevante el constatar que los efluentes analizados produjeron en todos los casos el aumento de los niveles de ROS. Los valores de EC_{50} el 23% de las muestras se obtuvieron con diluciones de muestra por debajo de un 10%, en el 49% de las muestras analizadas a diluciones entre el 10 y el 100% y en el resto de los casos (28%) los valores calculados de EC_{50} superan el 100% de muestra.

4. Desarrollo de ensayos de embriotoxicidad y de inmunotoxicidad en anfibios.

La valoración de efectos subletales de los efluentes de depuradoras de aguas residuales urbanas se ha realizado utilizando dos diferentes metodologías. Por un lado, se ha desarrollado un ensayo ecotoxicológico sobre embriones del anuro *Xenopus laevis*, que permita evaluar efectos tóxicos de muestras complejas mediante los cambios en la expresión de genes implicados en el desarrollo embrionario. Para ello se comparan los cambios en la expresión génica con anomalías morfológicas en el desarrollo ya valoradas mediante el ensayo estandarizado FETAX (ASTM, 1998). Este método haría posible evaluar la calidad de aguas residuales tratadas sobre organismos completos de una manera rápida, sencilla y sensible.

Por otro lado, se están explorando ensayos que permitan detectar efectos inmunotóxicos que la exposición a ciertos contaminantes orgánicos emergentes presentes en los efluentes de las depuradoras pueda ejercer sobre la respuesta inmune de los organismos expuestos.



Descripción y características fundamentales

Tanto el ensayo de ingesta con *Daphnia magna* como el modelo discriminante desarrollado para el crecimiento de *Chlorella vulgaris*, permiten la detección de efectos subletales en estos organismos, que pueden utilizarse para el cálculo de las correspondientes PNED (predicted no effect dilution) en las ERA de este tipo de muestras.

Los resultados obtenidos en el ensayo sub-agudo utilizando líneas celulares de peces ponen de manifiesto la importancia de analizar efectos tóxicos sub-agudos originados por los efluentes y la necesidad de hacer estudios de cronicidad de estas muestras, cuando se demuestra que los efectos de los efluentes son permanentes en el tiempo.

Mediante la técnica de transcripción reversa y reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) se han considerado 4 genes implicados en el desarrollo embrionario (ESR-1, Pax-6, myf-5 y bmp-4) así como el gen de la proteína de estrés térmico (HSP-70). Estos genes se eligieron debido a que su expresión se modifica tras la exposición a determinados xenobióticos en varias fases del desarrollo de *Xenopus laevis*. Las variaciones en la expresión de estos genes se han asociado en ocasiones con modificaciones en el desarrollo temprano de los individuos, sugiriendo que, tras estudios más exhaustivos, puedan proponerse como marcadores tempranos de toxicidad que podrían ser incorporados a las baterías de ensayos necesarias para la evaluación de toxicidad de contaminantes y muestras complejas imprescindibles para la reglamentación REACH.

Los efectos potenciales de inmunotoxicidad provocados por la exposición subletal de contaminantes emergentes presentes en los efluentes de depuradoras se están estudiando utilizando la expresión de biomarcadores potenciales como son la citoquina pro-inflamatoria interleuquina 1 β y de la proteína del golpe de calor HSP70 mediante técnicas de biología molecular.

Aspectos innovadores

La batería de ensayos propuesta (ingesta, modelo discriminante, sub-agudo en líneas celulares de peces y embriotoxicidad en anfibios) podrían proponerse como sustitutos de ensayos de toxicidad aguda en los primeros niveles de los protocolos de Evaluación del riesgo ambiental, mientras que los ensayos de inmunotoxicidad podrían utilizarse como pre-screening para valorar inicialmente la exposición a contaminantes emergentes y sus efectos potenciales sobre el sistema inmune.

Palabras clave

Efectos sub-agudos; Inmunotoxicidad; embriotoxicidad; toxicogenómica.

oferta tecnológica

desarrollada durante la ejecución del programa consolider-tragua

Grado de desarrollo de la tecnología

■ En fase de desarrollo:

- Precisa desarrollo externo: SI NO
- Precisa desarrollo interno con financiación externa: SI NO
- Tiempo requerido para su desarrollo:
 - < 6 meses
 - 6-12 meses
 - 12-24 meses
 - > 24 meses
- Etapa de desarrollo actual:
 - Ensayo en planta piloto
 - Prototipo
 - Laboratorio
 - Falta más desarrollo para su explotación
- Coste de desarrollo aproximado:

Desarrollada, lista para demostración

En el mercado

ASPECTOS COMERCIALES

Estado de la propiedad industrial e intelectual

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Patente solicitada | <input type="checkbox"/> Derechos exclusivos |
| <input type="checkbox"/> Patente concedida | <input type="checkbox"/> Secreto industrial |
| <input type="checkbox"/> Software registrado | |

Tipo de colaboración ofrecida

- Cooperación técnica
- Acuerdo de joint venture
- Acuerdo de fabricación
- Acuerdo comercial con asistencia técnica
- Acuerdo de licencia

Información adicional

Página web

entidades participantes



