

Silvia Román Suero  
Diego Carmona Fernández  
Diego Rodríguez Méndez  
(Coords.)

# Experiencias de investigación para un futuro sostenible





Experiencias de  
investigación para un  
futuro sostenible



Silvia Román Suero  
Diego Carmona Fernández  
Diego Rodríguez Méndez  
(Coords.)

Experiencias de  
investigación para un  
futuro sostenible

Octaedro 

Colección Universidad

Título: *Experiencias de investigación para un futuro sostenible*

Primera edición: julio de 2021

© Silvia Román Suero, Diego Carmona Fernández, Diego Rodríguez Méndez  
(coords.)

© De esta edición:  
Ediciones OCTAEDRO, S.L.  
C/ Bailén, 5 – 08010 Barcelona  
Tel.: 93 246 40 02  
octaedro@octaedro.com  
www.octaedro.com

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ISBN: 978-84-18819-17-9  
DOI: <https://doi.org/10.36006/16289>

Maquetación: Fotocomposición gama, sl  
Diseño y producción: Octaedro Editorial

# Sumario

1. Cinética de la adsorción de contaminantes en carbones activados . . . . .	9
CARMEN MARÍA GONZÁLEZ GARCÍA; BEATRIZ LEDESMA CANO; EDUARDO SABIO REY	
2. Influencia del estado funcional de los motores térmicos en la eficiencia energética del buque . . . . .	19
YOLANDA AMADO SÁNCHEZ; VANESA DURÁN GRADOS; JUAN MORENO GUTIÉRREZ; FÁTIMA CALDERAY CAYETANO	
3. Análisis de la actividad muscular en hipoterapia . . . . .	35
M.ª DOLORES APOLO ARENAS; NEREA CÁCERES PÍRIZ; ALEJANDRO CAÑA PINO; JOSÉ A. PARRACA	
4. Influencia del contenido de azufre en el combustible utilizado en el transporte marítimo sobre la calidad del aire . . . . .	45
FÁTIMA CALDERAY CAYETANO; JUAN MORENO GUTIÉRREZ; YOLANDA AMADO SÁNCHEZ; RUBÉN RODRÍGUEZ MORENO; ANTONIO RAMÍREZ SÁNCHEZ; EMILIO PÁJARO VELÁZQUEZ; VANESA DURÁN GRADOS	
5. Investigación en desarrollo del potencial de aislamiento térmico de una envolvente que integra materiales tradicionales y ecológicos acompañados de sistemas inteligentes básicos para edificaciones en la ciudad de Quito. . . . .	55
LUIS FREIRE AMORES	

6. Degradación medioambiental y crecimiento económico: la hipótesis EKC para España y Portugal . . .	71
ISMAEL PÉREZ FRANCO; AGUSTÍN GARCÍA GARCÍA	
7. Hidrocarbonización. De promesa a escala laboratorio a realidad industrial . . . . .	93
JUAN FÉLIX GONZÁLEZ GONZÁLEZ; BEATRIZ LEDESMA CANO; SILVIA ROMÁN SUERO	
8. Realidad virtual para formación, divulgación y gestión de instalaciones de depuración de aguas residuales. . .	107
MARCOS GARRIDO HERRERA; PEDRO TOMÁS MARTÍN DE LA VEGA MANZANO; MIGUEL ÁNGEL JARAMILLO MORÁN; FÁTIMA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ; DIEGO CARMONA FERNÁNDEZ; MARÍA ISABEL FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	
9. Contornos activos aplicados para la reconstrucción 3D de estructuras anatómicas . . . . .	119
VALENTÍN MASERO; JOSÉ MORENO	
10. Antioxidantes naturales como aditivos sostenibles para la mejora de la estabilidad a la oxidación de biodiésel . . . . .	133
SERGIO NOGALES DELGADO; JOSÉ MARÍA ENCINAR MARTÍN; JUAN FÉLIX GONZÁLEZ GONZÁLEZ; ANDRÉS ÁLVAREZ	
11. Taxonomía de amenazas, vulnerabilidades y buenas prácticas para el desarrollo seguro de software . . . . .	151
JOSÉ CARLOS SANCHO NÚÑEZ; ANDRÉS CARO LINDO; JOSÉ MÉNDEZ CHAVES; PABLO GARCÍA RODRÍGUEZ	
12. Caracterización de contaminantes emergentes y capacidad de remoción en aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones rurales con tecnología de humedales artificiales . . . . .	161
MARÍA ISABEL FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ; PEDRO TOMÁS MARTÍN DE LA VEGA MANZANO; MARÍA DEL ROSARIO PALOMO MARÍN; MIGUEL ÁNGEL JARAMILLO MORÁN; FÁTIMA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	
Sobre los coordinadores . . . . .	177

# Cinética de la adsorción de contaminantes en carbones activados

## *Kinetics of adsorption of activated carbons*

CARMEN MARÍA GONZÁLEZ GARCÍA

BEATRIZ LEDESMA CANO

EDUARDO SABIO REY

Escuela de Ingenierías Industriales,

Universidad de Extremadura

### Resumen

Los compuestos fenólicos son unos de los contaminantes más importantes presentes en las aguas, debido a la abundancia en que se encuentran en vertidos industriales y su difícil sustitución en los procesos que los generan. La técnica de adsorción en sólidos adsorbentes es ampliamente utilizada en la eliminación de los mismos y, por tanto, continúa siendo objeto de estudio de numerosas investigaciones. El objetivo principal de este trabajo ha sido la puesta a punto de una metodología experimental que permita sistematizar el estudio cinético de procesos de adsorción de contaminantes presentes en las aguas. En concreto, en este trabajo se ha estudiado la cinética de la adsorción en disolución de p-Nitrofenol, como compuesto fenólico modelo, en carbones activados comerciales con diferentes características texturales y geométricas. Los resultados obtenidos pueden ser una herramienta de gran utilidad en estudios de procesos de adsorción, tanto a escala de laboratorio como a escala industrial.

**Palabras clave:** adsorción, p-Nitrofenol, carbones activados.

### Abstract

Phenolic compounds are one of the most important pollutants present in water, due to the abundance in which they are found in industrial discharges and their difficult replacement in the processes that generate them. The adsorption technique on adsorbent solids is widely used in their removal and, therefore, continues to be the aim of study in numerous investigations. The main objec-

tive of this work has been the development of an experimental methodology that allows systematizing the kinetic study of adsorption processes of pollutants present in water. Specifically, this work has studied the kinetics of adsorption in solution of p-nitrophenol, as a model phenolic compound, in commercial activated carbons with different textural and geometric characteristics. The results obtained can be a very useful tool in studies of adsorption processes, both on a laboratory scale and on an industrial scale.

**Keywords:** adsorption, p-Nitrophenol, activated carbons.

## Introducción

En este trabajo se ha realizado la puesta a punto de la metodología experimental para llevar a cabo de forma sistemática el estudio cinético del proceso de adsorción de contaminantes, en concreto se han empleado como adsorbentes carbones activados comerciales, de características texturales y geométricas conocidas, y como contaminante, un compuesto fenólico modelo, p-Nitrofenol (PNF). Por tanto, este trabajo está comprometido con la sociedad y el medioambiente.

## Metodología

El p-Nitrofenol (PNF) ha sido utilizado como adsorbato en este trabajo. Se trata de un compuesto fenólico suministrado por Sigma-Aldrich S.A, con riqueza del 99%. El método de análisis fue el método espectrofotométrico, que consiste en la medida de la absorbancia de las disoluciones a la longitud de onda correspondiente al máximo de absorción. La absorbancia de las muestras se determinó mediante espectrofotometría UV-VIS a la longitud de onda,  $\lambda$  de 225 nm (espectrofotómetro Genesys 10S UV-VIS).

Para llevar a cabo el estudio cinético del proceso de adsorción se emplearon cinco carbones activados comerciales con diferentes características texturales y geométricas. Dos de ellos son de la casa Chemviron Carbon, Carbsorb 40 (CB) y Filtrasorb 400 (FI). Los carbones CB y FI son carbones granulares preparados a partir de hulla bituminosa. También se han utilizado otros dos tipos de carbones activos granulares con un tamaño de grano mayor

que los dos anteriores. Uno de ellos es el carbón activo granulado n.º 3 QP del grupo Panreac (PA), y el otro es el Darco de Acros Organics (DA). Finalmente, el quinto adsorbente utilizado ha sido el carbón activo CA0346 (PE), de la casa Scharlau; a diferencia de los otros carbones utilizados, los granos de este carbón presentan forma de pellets. Para la caracterización textural y geométrica de los carbones activados se emplearon las técnicas de adsorción física de N<sub>2</sub> a 77 K, porosimetría de mercurio y estereopícnometría de helio. Los datos experimentales de volumen de N<sub>2</sub> adsorbido fueron analizados empleando los métodos: a) modelo de Brunauer, Emmett y Teller (B.E.T.) para el cálculo de la superficie específica B.E.T. (SBET); b) método de Dubinin-Radushkevich (DR) para el volumen de microporos (V<sub>mi</sub>) y procedimiento de Gregg y Sing para la estimación del volumen de mesoporos (V<sub>me</sub>). Los datos de porosimetría de mercurio fueron empleados para obtener la densidad de partícula ( $\rho_p$ ) de los sólidos adsorbentes. La determinación de la densidad por desplazamiento de helio ( $\rho_v$ ) junto con los de  $\rho_p$  permitieron obtener la porosidad de las partículas ( $\epsilon$ ).

El método experimental seguido para estudiar la adsorción en condiciones de equilibrio ha sido el método de inmersión, que consiste en mantener en contacto, en régimen de agitación y temperatura constantes, una determinada cantidad de adsorbente con un volumen de disolución de adsorbato de concentración conocida, hasta que se alcance el equilibrio de adsorción-desorción. De este modo, si disoluciones de adsorbato de diferente concentración se ponen en contacto con una misma cantidad de adsorbente o viceversa, se puede definir la correspondiente isoterma de adsorción a partir de la representación de la cantidad adsorbida ( $q_e$ , mg · g<sup>-1</sup>), frente a la concentración de adsorbato en equilibrio ( $c_e$ , mg · L<sup>-1</sup>).

Para la puesta a punto de la metodología del estudio cinético de la adsorción se ha empleado una instalación experimental, donde se realizaba toma de muestras de las disoluciones de PNF en el espectrofotómetro con una cubeta de cuarzo de flujo continuo cada 2 min.

## Resultados

En la tabla 1.1 se muestran las características texturales y geométricas de los carbones. Desde el punto de vista de la caracterización textural de los carbones activados, se puede observar que las diferentes muestras presentan un distinto desarrollo de superficie específica variando desde valores de 1040 hasta 627  $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$  para la muestra FI y DA, respectivamente. Todos los carbones presentan un mayor volumen de microporos que de mesoporos, excepto el carbón DA que presenta valores similares. Por otro lado, cabe destacar el casi despreciable volumen de mesoporos de los carbones CB y PA.

**Tabla 1.1.** Características texturales y geométricas de los carbones

	CB	DA	FI	PA	PE
$S_{\text{BET}}$ ( $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$ )	930	627	1040	926	799
$V_{\text{mi}}$ ( $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ )	0.49	0.31	0.57	0.51	0.43
$V_{\text{me}}$ ( $\text{cm}^3.\text{g}^{-1}$ )	0.063	0.395	0.141	0.027	0.119
$\rho_p$ ( $\text{g}.\text{cm}^{-3}$ )	1.0241	0.6945	1.001	0.9475	0.8575
$q_v$ ( $\text{g}.\text{cm}^{-3}$ )	2.2208	2.0508	2.3614	2.1461	2.2418
$\epsilon$	0.539	0.661	0.577	0.559	0.617
$\emptyset_p$ (mm)	1.27	3.4	1.57	3.3	0.99*5.05**
$S_p$ ( $\text{mm}^2$ )	5.07	36.32	7.74	34.21	17.25
$V_p$ ( $\text{mm}^3$ )	1.07	20.58	2.03	18.82	3.89
$S_p/V_p$ ( $\text{mm}^{-1}$ )	4.72	1.76	3.82	1.82	4.44
$m_p$ (mg)	1.10	14.29	2.03	17.83	3.33

\*  $\emptyset_p$ ; \*\* h

En cuanto a la densidad de las partículas, la muestra DA presenta un valor menor de  $\rho_p$  que las otras, que tienen un valor similar en torno a la unidad. Por el contrario,  $q_t$  es muy similar para todas las muestras, por ello el carbón DA es el que presenta mayor desarrollo de porosidad,  $\epsilon$ .

Del mismo modo, los carbones activados presentan importantes diferencias en cuanto a sus características geométricas. Como puede observarse, el diámetro medio de partícula ( $\emptyset_p$ ), es muy similar para el caso de CB-FI y DA-PA. A partir de dicho valor y asumiendo una geometría esférica de las partículas para to-

dos los carbones (excepto la muestra PE considerada cilíndrica), los correspondientes valores de superficie de partícula ( $S_p$ ), volumen de partícula ( $V_p$ ), así como su correspondiente ratio ( $S_p/V_p$ ) fueron calculados.

Sabio *et al.* encontraron que dicho ratio ejercía un papel muy importante en la cinética del proceso de adsorción, mostrando que existía una correlación inversa entre ambos parámetros.

En trabajos previos se obtuvieron las isothermas de adsorción de equilibrio ( $q_e$  vs.  $c_e$ ) del PNF en los carbones. Las isothermas de adsorción fueron ajustadas al modelo de adsorción de Langmuir y Doble-Langmuir.

Para realizar la introducción de los datos y el ajuste de los modelos se ha desarrollado una hoja Excel (figura 1.1), mediante la cual se automatiza dicho análisis, lo que facilita el mismo y reduce los errores en la manipulación de los datos.

Los resultados obtenidos del ajuste se muestran en la tabla 1.2, donde como se puede observar a partir de los valores del coeficiente de regresión  $R^2$ , para todos los casos el ajuste a la ecuación de Doble-Langmuir es mejor que a la de Langmuir simple.

De los ajustes realizados cabe destacar que el carbón DA es el que presentaba la menor capacidad de adsorción (tanto de  $q_{\max 1}$  como de  $q_{\max 2}$ ).

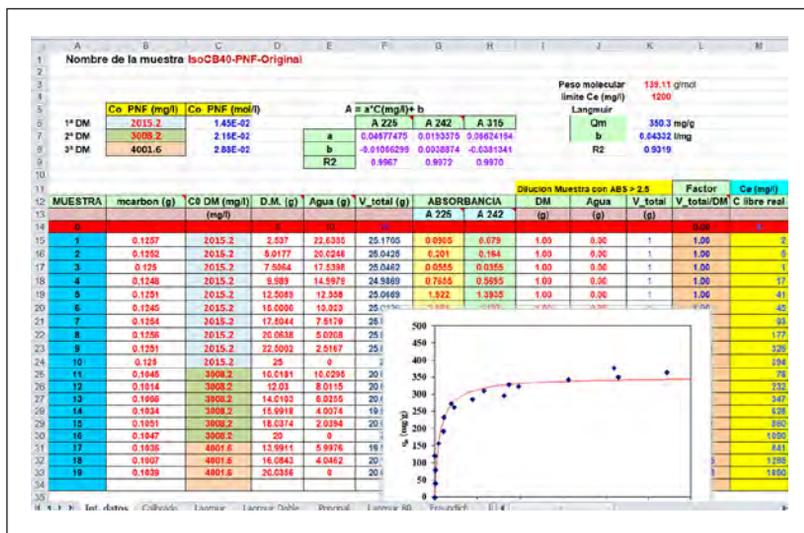
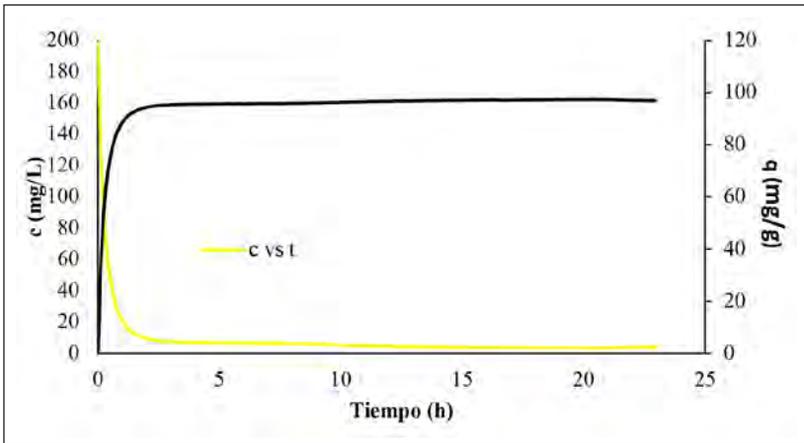


Figura 1. Hoja de cálculo Excel para el análisis de las isothermas de adsorción.

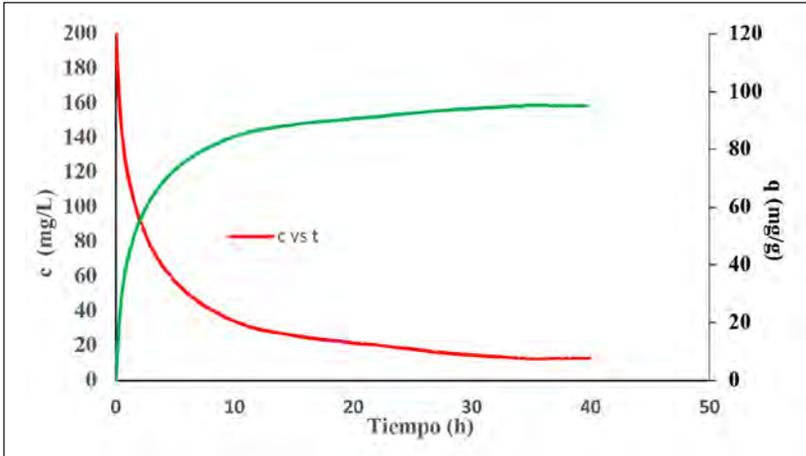
**Tabla 1.2.** Resultados obtenidos del ajuste de las isotermas de adsorción de PNF al modelo de Langmuir y Doble-Langmuir

Langmuir				Doble-Langmuir				
Carbón	$q_{max}$ ( $mg.g^{-1}$ )	$b_1$ ( $L.mg^{-1}$ )	$R^2$	$q_{max1}$ ( $mg.g^{-1}$ )	$b_{11}$ ( $L.mg^{-1}$ )	$q_{max2}$ ( $mg.g^{-1}$ )	$b_{21}$ ( $L.mg^{-1}$ )	$R^2$
CB	359.5	0.1704	0.9177	281.3	0.130	423.2	$5.9 \cdot 10^{-4}$	0.9213
DA	218.7	0.0962	0.9435	186.9	0.072	230.6	$5.18 \cdot 10^{-4}$	0.9515
FI	360.0	0.2369	0.9220	281.0	0.202	435.8	$4.11 \cdot 10^{-4}$	0.9501
PA	360.7	0.0253	0.9608	337.5	0.036	435.8	$2.10 \cdot 10^{-5}$	0.9713
PE	380.3	0.0805	0.9131	360.0	0.089	433.0	$1.24 \cdot 10^{-4}$	0.9147

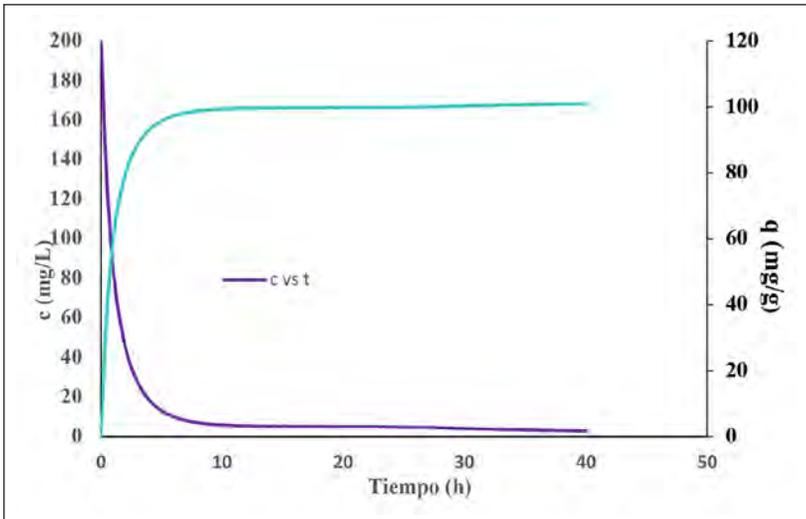
Las figuras 1.2 a 1.6 muestran las curvas cinéticas de evolución de la concentración de PNF en el seno del líquido ( $c$ ) y en el sólido ( $q$ ) con el tiempo para cada uno de los carbones. Como se puede observar, en todos los casos en los momentos iniciales se produce una disminución brusca de la concentración de soluto en la solución ( $c$ ), con el consecuente aumento de la adsorción en la partícula ( $q$ ).



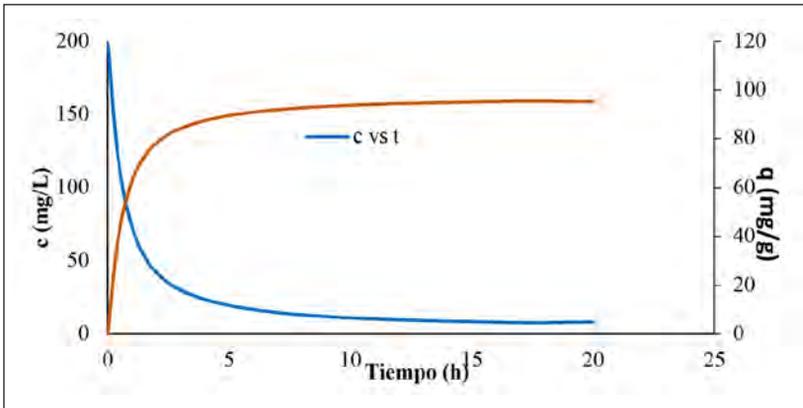
**Figura 1.2.** Valores experimentales de la cinética de adsorción de PNF en el seno de la dilución ( $c$ ) y en la partícula ( $q$ ). Carbón activado CB.



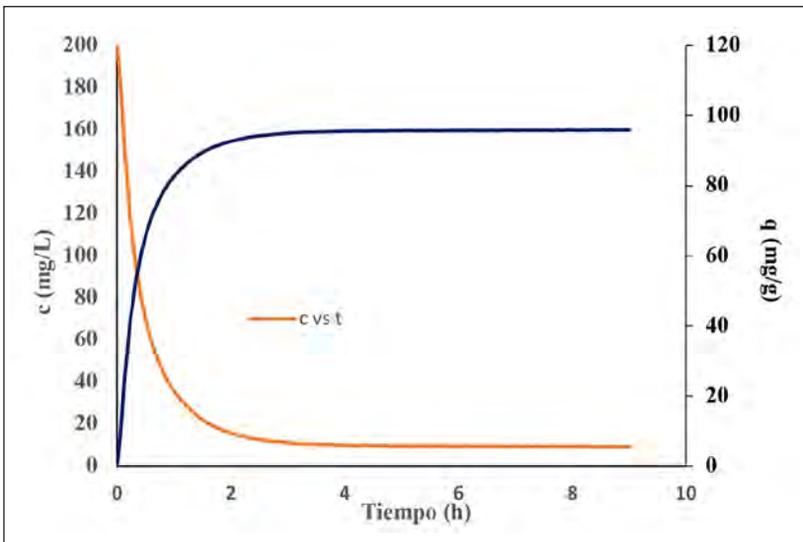
**Figura 1.3.** Valores experimentales de la cinética de adsorción de PNF en el seno de la dilución (c) y en la partícula (q). Carbón activado DA.



**Figura 1.4.** Valores experimentales de la cinética de adsorción de PNF en el seno de la dilución (c) y en la partícula (q). Carbón activado FI.



**Figura 1.5.** Valores experimentales de la cinética de adsorción de PNF en el seno de la dilución (c) y en la partícula (q). Carbón activado PA.



**Figura 1.6.** Valores experimentales de la cinética de adsorción de PNF en el seno de la dilución (c) y en la partícula (q). Carbón activado PE.

En la figura 1.7 se muestra la comparativa del comportamiento cinético en el seno de la disolución de las cinco muestras. Como se puede apreciar, en las muestras con mayor tamaño de partícula DA y PA (tabla 1.1), la cinética del proceso de adsorción es más lenta que en el caso de las otras muestras (PE y FI comportamiento muy similar y CB la más rápida). Probable-

mente, este hecho esté relacionado con que las muestras DA y PA son las que presentan un valor menor y similar relación superficie/volumen,  $S_p/V_p$  (tabla 1.1) y la CB, el mayor.

En las muestras CB, FI y PE, la transferencia de masa de PNF de la solución a la partícula disminuye drásticamente en torno a los primeros 30 min, y el equilibrio se alcanza entre los 120-160 min aproximadamente. Dicha transferencia es mucho más gradual, como ya se ha señalado, en el caso del carbón PA y sobre todo en el DA.

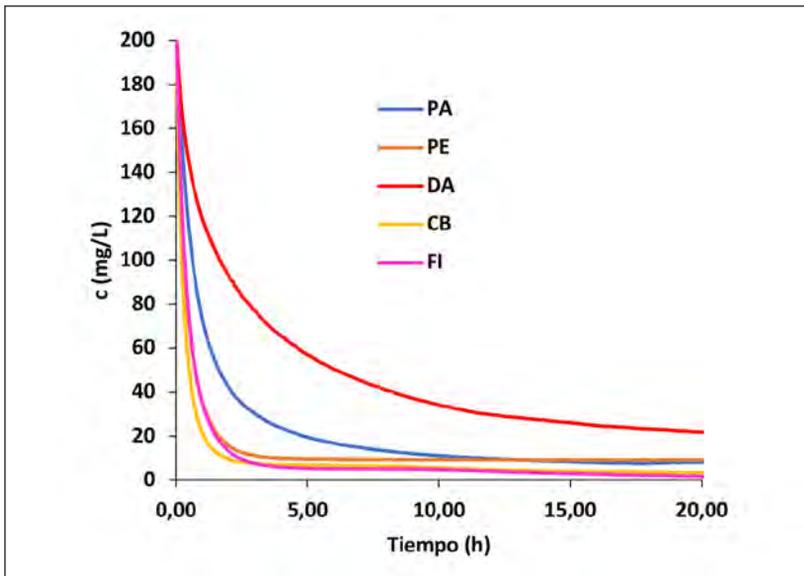


Figura 1.7. Comparativa de los valores experimentales de la cinética de adsorción de PNF en el seno de la dilución (c).

## Conclusiones

Se ha realizado la puesta a punto de la metodología experimental para llevar a cabo de forma sistemática el estudio cinético en flujo continuo del proceso de adsorción del PNF en carbones activados.

## Referencias

- Bhatti, Z. I. *et al.* (2002). P-Nitrophenol degradation by activated sludge attached on nonwovens. *Water Research*, 36, 1135-1142.
- Gregg, S. J. *et al.* (2016). *Adsorption, surface area and porosit.* Academic Press.
- Sabio, E. *et al.* (2016). *Nanoscale Res. Lett.*, 11 (1), 671.

# Sobre los coordinadores

## **Silvia Román Suero**

Es ingeniera química (Universidad de Extremadura) y diplomada en Química Aplicada (Universidad de Central Lancashire, Reino Unido). Obtuvo su doctorado en la Universidad de Extremadura en el año 2009, realizada sobre el aprovechamiento de varias biomásas para su uso en la producción de carbón activado apto para adsorción de radioisótopos en centrales nucleares. A lo largo de su desarrollo investigador, centrado en el aprovechamiento termoquímico de biomasa, ha realizado varias estancias en investigación en la Universidad de Évora, la Universidad de Buenos Aires o la Universidad de Nevada, y ha podido desarrollar una amplia actividad investigadora, con más de 70 artículos científicos indexados en JCR. Actualmente es profesora titular en la UEX; desarrolla su docencia en el Departamento de Física Aplicada, en asignaturas como *Termodinámica técnica*, *Ingeniería térmica* o *Aprovechamiento de biomasa*. También ha dirigido más de 70 trabajos de fin de grado y máster y tres tesis doctorales.

Finalmente, la candidata tiene un destacado compromiso con la difusión, y ha participado en diversas acciones en diferentes niveles educativos (Educación Primaria, Secundaria, eventos abiertos...) y con diferentes grados de divulgación, como «Pint of Science», el «Día de la mujer y la niña en la ciencia», «Mujeres en tecnología», ect.

## **Diego Carmona Fernández**

Es ingeniero industrial e ingeniero técnico industrial en Electricidad por la Universidad de Extremadura (UEX) desde 1999 y 1995, respectivamente, y doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Extremadura desde 2009. Actualmente es profesor titular de universidad en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática; además, es subdirector de Ordenación Académica e Innovación de la misma. Ha participado como investigador en más de 40 proyectos y contratos con empresas. Es autor o coautor de más de 80 artículos en revistas y más de una veintena de libros y capítulos de libros. Tiene más de 50 comunicaciones en congresos internacionales y más de 40 en congresos nacionales. Realizó estancias en diferentes instituciones dedicadas a la docencia e investigación, tales como las llevadas a cabo en el INTEC en Santo Domingo (República Dominicana), en la Universidad de Panamá y en la Tecnológica de Panamá (Panamá), en la Universidade Técnica de Lisboa (Lisboa, Portugal), en la Escola Superior de Tecnologia e Gestao (Portalegre, Portugal) y en el IIT de la Universidad ICAI de Comillas, entre otras. Ha organizado y dirigido más de 80 actividades formativas diferentes, desde cursos, másteres, seminarios, talleres informativos y jornadas científicas, como el Congreso de Innovación en Educación Técnica en septiembre de 2017, o el I Ágora Internacional sobre Educación, Investigación y Empleo de 2019. Es miembro del Comité de Imparcialidad de PMM Enterprise Certification, miembro del Comité RIME y de evaluadores expertos de proyectos de investigación de ACERTA. Es revisor habitual de congresos internacionales como LACCEI (International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology) o ICCIEM (International Congress of Energy and Environment Engineering and Management), entre otros.

Finalmente, en cuanto a cargos directivos, además del ocupado actualmente, ha sido miembro de diferentes comisiones académicas de la Escuela de Ingeniería Industrial de la UEX y es miembro electo de Junta de Centro de la misma. En 2020 obtuvo el Premio de la Excelencia Docente en la Universidad de Extremadura en el campo técnico.

## Diego Rodríguez Méndez

Es ingeniero eléctrico (rama industrial) y actualmente personal científico e investigador del Departamento de Física Aplicada en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura. Perteneciente al Grupo de Investigación GAIRBER de la Universidad de Extremadura. Cuenta con experiencia en el sector de las energías renovables, eficiencia energética y tecnología, además de experiencia como *webmaster* y en gestión de equipos y *mentoring/coaching*. Además, tiene experiencia en gestión documental y coordinación de personas, siendo actualmente el secretario de la Red Iberoamericana de Mentoría (RIME), la cual tiene presencia en 15 países y más de 65 instituciones distintas (fundaciones, universidades e institutos tecnológicos, politécnicos y superiores).

Actualmente, también desarrolla la figura de coordinador del primer proceso de certificación internacional de personas que coordinan programas de mentoría.



# Índice

1. Cinética de la adsorción de contaminantes en carbones activados . . . . .	9
Introducción . . . . .	10
Metodología . . . . .	10
Resultados . . . . .	12
Conclusiones . . . . .	17
Referencias . . . . .	18
2. Influencia del estado funcional de los motores térmicos en la eficiencia energética del buque . . . . .	19
Introducción . . . . .	20
Objetivos . . . . .	24
Metodología . . . . .	25
Resultados . . . . .	27
Conclusiones . . . . .	32
Referencias . . . . .	33
3. Análisis de la actividad muscular en hipoterapia . . . . .	35
Introducción . . . . .	37
Justificación y objetivo . . . . .	37
Metodología . . . . .	38
Resultados . . . . .	40
Análisis de las paradas y arranques . . . . .	40
Análisis de ejercicios con los brazos . . . . .	41

Análisis de la activación en la respiración y el ejercicio de levantarse desde tumbado de la grupa . . . . .	41
Conclusiones . . . . .	42
Referencias . . . . .	43
4. Influencia del contenido de azufre en el combustible utilizado en el transporte marítimo sobre la calidad del aire . . . . .	45
Introducción. . . . .	46
Metodología. . . . .	49
Resultados . . . . .	52
Conclusiones . . . . .	52
Agradecimientos. . . . .	53
Referencias . . . . .	54
5. Investigación en desarrollo del potencial de aislamiento térmico de una envolvente que integra materiales tradicionales y ecológicos acompañados de sistemas inteligentes básicos para edificaciones en la ciudad de Quito. . . . .	55
Introducción. . . . .	57
Justificación . . . . .	59
Metodología. . . . .	64
Viabilidad de la investigación . . . . .	66
Resultados . . . . .	66
Conclusiones . . . . .	67
Referencias . . . . .	68
6. Degradación medioambiental y crecimiento económico: la hipótesis EKC para España y Portugal . . . . .	71
Introducción. . . . .	72
Crecimiento y medioambiente. . . . .	74
Crecimiento y energía en España y Portugal . . . . .	77
Estimación de la EKC. . . . .	82
Conclusiones . . . . .	88
Bibliografía. . . . .	89
7. Hidrocarbonización. De promesa a escala laboratorio a realidad industrial . . . . .	93
El momento actual de transición energética . . . . .	94

La tecnología. La hidrocarbonización . . . . .	96
Apuestas a escala industrial de la hidrocarbonización . . . . .	99
Conclusiones . . . . .	104
Referencias . . . . .	105
8. Realidad virtual para formación, divulgación y gestión de instalaciones de depuración de aguas residuales . . . . .	107
Introducción . . . . .	107
Materiales y métodos . . . . .	112
Discusión . . . . .	112
Conclusiones . . . . .	115
Bibliografía . . . . .	116
9. Contornos activos aplicados para la reconstrucción 3D de estructuras anatómicas . . . . .	119
Introducción . . . . .	120
Imágenes tridimensionales en el campo de la Sanidad . . . . .	121
Contornos activos para la segmentación y visualización de imágenes médicas . . . . .	122
Segmentación . . . . .	122
Segmentación de imágenes médicas basada en contornos activos . . . . .	124
Gráficos por ordenador para la reconstrucción y visualización tridimensional . . . . .	126
Visualización . . . . .	126
Perspectivas futuras . . . . .	127
Conclusiones . . . . .	128
Reconocimientos . . . . .	128
Bibliografía . . . . .	128
10. Antioxidantes naturales como aditivos sostenibles para la mejora de la estabilidad a la oxidación de biodiésel . . . . .	133
Introducción . . . . .	134
Materiales y métodos . . . . .	137
Resultados y discusión . . . . .	139
Conclusiones . . . . .	145
Agradecimientos . . . . .	147
Referencias . . . . .	147

11. Taxonomía de amenazas, vulnerabilidades y buenas prácticas para el desarrollo seguro de software . . . . .	151
Introducción. . . . .	152
Justificación . . . . .	154
Metodología. . . . .	155
Resultados . . . . .	156
Conclusiones . . . . .	158
Agradecimientos. . . . .	159
Referencias . . . . .	159
12. Caracterización de contaminantes emergentes y capacidad de remoción en aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones rurales con tecnología de humedales artificiales . . . . .	161
Introducción. . . . .	162
Normativa . . . . .	163
Origen, destino y efectos sobre el medioambiente de los contaminantes emergentes. . . . .	165
Tratamientos de eliminación de contaminantes emergentes. Humedales artificiales . . . . .	166
Mapa depurativo en Extremadura. Un caso de estudio: planta de tratamiento instalada en la Fundación CCMIJU . . . . .	169
Descripción de las instalaciones. . . . .	170
Toma de muestras y cálculos de rendimientos de eliminación de contaminantes. . . . .	171
Resultados . . . . .	172
Conclusiones . . . . .	173
Bibliografía. . . . .	174
Sobre los coordinadores . . . . .	177



## Experiencias de investigación para un futuro sostenible

En este momento asistimos a un cambio obligado en el paradigma energético y de gestión de recursos en el planeta para poder acometer los cambios en los modelos productivos y de consumo que nos permitan garantizar el desarrollo sostenible. Son grandes retos: lucha contra el cambio climático; disminución de la contaminación en agua, aire y suelo; erradicación de la pobreza; protección de la biodiversidad; conseguir una energía limpia y asequible, ciudades y comunidades sostenibles... Retos que, además, están interconectados y han de ser abordados desde una visión amplia e inclusiva.

El esfuerzo realizado a través de la innovación en I+D es esencial para mejorar la eficiencia de procesos y hacer un uso más optimizado de los recursos, así como para profundizar en el conocimiento que permita un mejor control de los procesos. En ese marco surge la motivación de un grupo de investigadores de diversas procedencias por participar en esta obra. *Experiencias de investigación para un futuro sostenible* aborda aspectos como la eficiencia energética en la construcción o el transporte, la biorrefinería y extracción sostenible de recursos, el empleo de redes multidisciplinares de trabajo para el control y mitigación de emisiones, los procesos de descontaminación de aguas, las aplicaciones de las TIC y la inteligencia artificial para la mejor gestión de los procesos. Y se abordan también mejores prácticas en el sector de la salud.

Conscientes de que los grandes cambios tienen su origen en las pequeñas acciones y en la necesaria cohesión de los diferentes campos de conocimiento para viajar lejos, mejor que rápido, mostramos aquí la semilla de lo que serán avances hacia ese modelo integrador y respetuoso.

**Silvia Román Suero.** Doctora e ingeniera química (Universidad de Extremadura) y diplomada en Química Aplicada (Universidad de Central Lancashire, Reino Unido). Su desarrollo investigador se ha centrado en el aprovechamiento termoquímico de biomasa. Actualmente es profesora titular en la UEX, Departamento de Física Aplicada.

**Diego Carmona Fernández.** Ingeniero industrial y técnico-industrial en Electricidad por la Universidad de Extremadura (UEX), doctor en Ingeniería Eléctrica por la Universidad de Extremadura en 2009. Actualmente es profesor titular en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática, y subdirector de Ordenación Académica e Innovación de la misma.

**Diego Rodríguez Méndez.** Ingeniero eléctrico (rama industrial) y actualmente científico e investigador del Departamento de Física Aplicada en la Escuela de Ingenierías Industriales de la Universidad de Extremadura. Perteneciente al grupo de investigación GAIRBER de la Universidad de Extremadura. Coordina el primer proceso de certificación internacional de personas que participan en programas de mentoría.

