

**Resumen**

Facsa y la Universidad de Zaragoza han realizado un estudio en planta piloto sobre las técnicas de oxidación por cloración y ozonización, en combinación con adsorción en carbón activo granular (GAC) de origen mineral, para el control de plaguicidas tipo triazinas en aguas de abastecimiento. Aunque la cloración u ozonización consiguen degradar en parte los plaguicidas objeto de estudio (atrazina, simazina, terbutilazina y bromacilo), su paso a través de una columna de adsorción con GAC mineral permite su eliminación total cuando se parte de concentraciones iniciales próximas a los 500 ng/l de cada uno de ellos, alcanzadas mediante fortificación externa de la muestra estudiada.

**Palabras clave:**

Agua potable, atrazinas, cloración, ozonización, carbón activo.

**Abstract**

*Use of chlorination, ozonation and GAC adsorption to eliminate triazine pesticides in water supplies*

This study is focused on the research made between Facsa and Universidad de Zaragoza (Spain) related to the oxidation techniques application by chlorination and ozonation, and their combination with granular activated carbon (GAC) adsorption of mineral origin, in order to control triazine pesticides in water supplies. Experiments are carried out in a pilot plant. Although the chlorination or ozonation can partially degrade pesticides under study (atrazine, simazine, terbutylazine and bromacil), their passing through an adsorption column with GAC mineral, achieves their total removal when their initial concentrations are about 500 ng/l. These concentrations are obtained by fortification of studied sample.

**Keywords:**

Drinking water, atrazines, chlorination, ozonation, activated carbon.

# Eliminación de plaguicidas en aguas de abastecimiento mediante cloración, ozonización y adsorción con GAC

Por: **María P. Ormad Melero**, profesora titular del Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente e investigadora permanente del Instituto Universitario en Ciencias Ambientales de Aragón<sup>1</sup>; **F. Javier García Castillo**, jefe del Departamento de Tratamiento de Aguas<sup>2</sup>; **Beatriz Munarriz Cid**, Departamento de Estudios y Proyectos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> **Universidad de Zaragoza**

C/ Pedro Cerbuna, 12 - 50009 Zaragoza

Tel.: 976 761 877 - Fax: 976 761 879

E-mail: mpormad@unizar.es - www.unizar.es

<sup>2</sup> **Facsa**

C/ Mayor, 82-84 - 12001 Castellón

Tel.: 964 221 008 - Fax: 964 727 150

E-mail: jgarcia@facsa.com - www.facsa.com

**1. Introducción**

En general, la composición natural que poseen las aguas naturales, tanto superficiales como subterráneas, se ve alterada de manera antropogénica por aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales y aguas de escorrentía de zonas agrícolas y vertidos incontrolados. Las alteraciones provocadas por la presencia de contaminantes en las aguas pueden ser de carácter físico, químico y/o biológico. Los contaminantes orgánicos pueden provocar disfunciones en el sistema nervioso (plaguicidas, PCB) y reproductivo (dioxinas), problemas de hígado, riñón y bazo (plaguicidas, organoclorados), siendo la mayoría de ellos potencialmente cancerígenos, teratogénicos, mutagénicos y algunos disruptores endocrinos. Los contaminantes inorgánicos, la mayoría metales tóxicos, provocan, daños en la piel (arsénico y cromo),

problemas circulatorios (bario, antimonio y plomo) e incluso provocar retraso en el crecimiento en niños (plomo). Los contaminantes biológicos provocan enfermedades asociadas a los microorganismos patógenos como diarrea o gastroenteritis (*Salmonella typhi* o *enteritidis*), cólera (*Vibrio cholerae*), o legionelosis (*Legionella pneumophila*) [EPA, 2003].

El tratamiento de potabilización tiene como objetivo reducir en un agua natural los parámetros anteriores para que pueda ser consumida sin tener efectos nocivos sobre la salud humana. Tiene un doble objetivo: la eliminación de microorganismos patógenos (desinfección) y la eliminación de contaminantes nocivos. Por lo tanto, las acciones para la producción de agua potable han de empezar por el control de calidad de las aguas naturales, aspecto en el que juega un papel importante la legislación vigente.

En Europa, los plaguicidas son considerados contaminantes peligrosos según la legislación vigente en materia de aguas 2006/11/CE. La Directiva 2008/105/CE establece normas de calidad ambiental (NCA) en aguas superficiales para las sustancias prioritarias, entre las que se encuentra la atrazina con una NCA media anual de 0,6 µg/l y la simazina con 1 µg/l. Por otro lado, la Directiva 2006/118/CE establece las NCA en aguas subterráneas para las “sustancias activas de los plaguicidas, incluidos los metabolitos y los productos de degradación y reacción que sean pertinentes” siendo de 0,5 µg/l como suma total de plaguicidas y 0,1 µg/l como plaguicida individual la concentración que no debe superarse en aras de la protección de la salud humana y del medio ambiente.

En España, tal y como establece el artículo 5 del Real Decreto 140/2003, “un agua de consumo humano será salubre y limpia cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I del RD 140/2003”. Este incluye una concentración máxima permitida de 0,5 µg/l como suma total de plaguicidas y 0,1 µg/l como plaguicida individual.

Aunque, en general, la concentración de estas sustancias detectadas en las aguas naturales es muy pequeña, en algunas ocasiones puntuales (tras aplicación agrícola y fuertes lluvias) o lugares concretos (por ejemplo acuíferos contaminados) pueden llegar a detectarse concentraciones superiores a las permitidas en aguas potables. Debido a su uso masivo como herbicida en aplicaciones agrícolas, la atrazina y sus derivados son detectados habitualmente en aguas naturales superficiales y subterráneas en España (Mosteo *et al.*, 2003; Claver *et al.*, 2006). En consecuencia, el tratamiento de potabilización debe ga-

rantizar la calidad del agua de abastecimiento humano, minimizando el riesgo sanitario y eliminando la presencia de contaminantes tóxicos y persistentes en las aguas de distribución pública.

Como consecuencia de la investigación previamente realizada en esta línea a escala de laboratorio (Ormad *et al.*, 2007 y 2008; Miguel *et al.*, 2008), en este trabajo se presentan los resultados obtenidos de eliminación de atrazinas en una planta piloto que incluye un sistema de cloración con hipoclorito sódico, ozonización y una columna de carbón activo granular.

## 2. Metodología

### 2.1. Muestras

La muestra objeto de estudio es de origen subterráneo y presenta un buen estado químico según establece la Directiva 2006/118. Algunos resultados de su caracterización fisicoquímica se muestran en la **Tabla 1**.

Dicha muestra ha sido fortificada con cantidades conocidas de los plaguicidas atrazina, simazina, terbutilazina y bromazilo con el fin de conseguir concentraciones iniciales próximas a los 300 y 500 ng/l. Las concentraciones ensayadas se han seleccionado en función de las NCA existentes en aguas subterráneas establecidas en la Directiva 2000/118/CE, así como según los valores máximos permitidos en aguas de abastecimiento humano, establecidos mediante RD 140/2003.

### 2.2. Metodología analítica

Todos los métodos analíticos utilizados en el desarrollo de este trabajo se basan en los normalizados incluidos en el *Standard Methods* (Clesceri *et al.*, 2005).

En concreto se analiza el pH, conductividad, demanda de cloro (CD), cloro residual, ozono residual, concentración de atrazina, simazina, terbutilazina y bromacilo y otros 57 compuestos orgánicos con carácter peligroso, en concreto: diclorometano; 1,1-dicloroetano; sulfuro de carbono; cis 1,2-dicloroetano; trans 1,2-dicloroetano; metil terc-butiléter; 1,1-dicloroetano; 2,2-dicloropropano; bromoclorometano; cloroformo; 1,1,1-tricloroetano; 1,2-dicloroetano; benceno; tetracloruro de carbono; 1,1-dicloropropileno; ciclohexano; tricloroetileno; 1,2-dicloropropano; dibromometano; bromodiclorometano; cis 1,3-dicloro-1-propeno; trans 1,3-dicloro-1-propeno; tolueno; 1,1,2-tricloroetano; dibromoclorometano; tetracloroetileno; 1,3-dicloropropano; 1,2-dibromoetano; clorobenceno; 1,1,1,2-tetracloroetano; etilbenceno; m,p-xileno; estireno; bromoformo; o-xileno; 1,1,2,2-tetracloroetano; 1,2,3-tricloropropano; bromobenceno; 2-clortolueno; n-propilbenceno; 4-clortolueno; 1,3,5-trimetilbenceno; pentacloroetano; tert-butil benceno; 1,2,4-trimetilbenceno; 1,3-diclorobenceno; sec-butil benceno; 1,2-diclorobenceno; p-isopropil tolueno; 1,4-diclorobenceno; n-butilbenceno; 1,2-dibromo-3cloropropano; 1,3,5-triclorobence-

pH	7,4
Conductividad (CE)	1.142 µS/cm
Carbono Orgánico Total (COT)	2 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	< 5 mg/l
Demanda de cloro (CD)	0,3 mg Cl <sub>2</sub> /l
Bicarbonatos	253 mg HCO <sub>3</sub> /l
Calcio	159 mg Ca/l
Magnesio	44 mg Mg/l

**Tabla 1.** Caracterización del agua bruta objeto de estudio.

no; 1,2,4-triclorobenceno; naftaleno; hexaclorobutadieno; y 1,2,3-triclorobenceno.

### 2.3. Descripción de la planta piloto

La planta piloto diseñada y construida por Facsa y utilizada para el desarrollo de este trabajo consta de un depósito de 25.000 l, un sistema dosificador de hipoclorito sódico, un equipo de ozonización (marca Sitra) que produce 2 g/h y un filtro de carbón activo de 240 l de capacidad, con una relación altura:diámetro de 4,5:1 y relleno con 125 l de carbón activo granular de origen mineral (Gala-Quim GMI 1240/2 S con un tamaño de partícula de 0,6-0,7 mm, una superficie específica BET de 1.050 m<sup>2</sup>/g y una densidad de 470 g/l).

En la **Figura 1** se muestran dos imágenes de la planta empleada, mientras que en la **Figura 2** se presenta un esquema de la misma.

## 3. Condiciones de operación y resultados obtenidos

### 3.1. Ensayos de cloración

#### 3.1.1. Condiciones de operación

Las condiciones de operación utilizadas son las siguientes:

- Concentración teórica inicial de cada uno de los plaguicidas (ng/l): 300 y 500.
- Punto de aplicación de hipoclorito sódico: depósito (DEP).
- Caudal de agua (m<sup>3</sup>/h): 0,3.
- Dosis de hipoclorito sódico: adición de hipoclorito hasta conseguir un cloro residual de 0,5 mg/l en TM4, es decir adición de la correspondiente demanda de cloro + 0,5 mg/l (CD +0,5 mg/l).
- Puntos de muestreo: salida depósito (TM2).
- Procedimiento de muestreo: el muestreo se realiza a intervalos regulares de tiempo hasta un máximo de 4 horas tras la adición del hipoclorito sódico.
- pH y conductividad (CE).



Figura 1. Planta piloto utilizada.

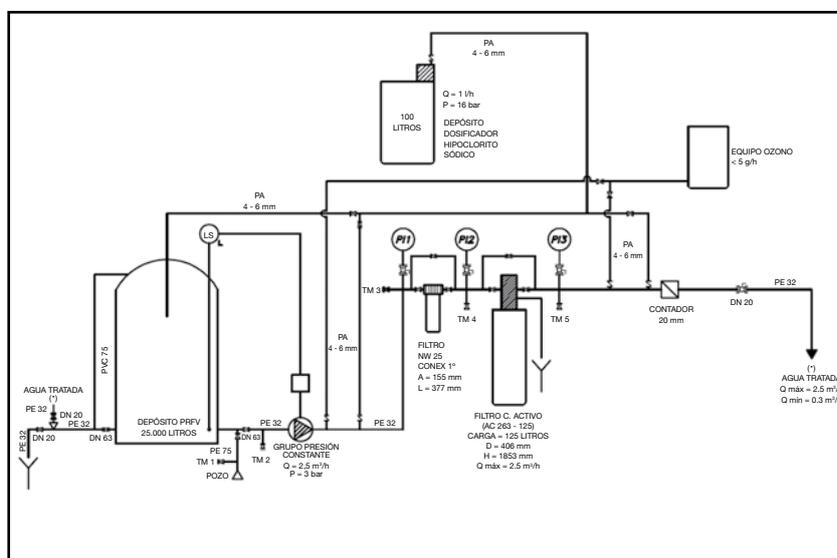


Figura 2. Esquema de la planta piloto utilizada.

*La planta piloto incluye un sistema de cloración con hipoclorito sódico, ozonización y una columna de carbón activo granular*

#### 3.1.2. Resultados e interpretación

Los resultados obtenidos se muestran en la **Figura 3**.

Tras el análisis de los resultados obtenidos, se observa que:

- La demanda de cloro de la muestra es muy baja, alrededor de los 0,3 mg/l. Este valor tiene relación con la concentración de materia orgánica de origen natural presente en la muestra, hecho que se corresponde con los bajos valores que presentan su DQO y COT tras su caracterización.
- Mediante la cloración de las aguas objeto de estudio y bajo las condiciones de operación utilizadas, se consigue la eliminación de aproximadamente un 10% de la concentración de atrazina, simazina, terbutilazina y un 100% de bromacilo.
- En todos los casos la degradación se consigue durante los primeros cinco minutos de tratamiento con hipoclorito. Posteriormente la va-

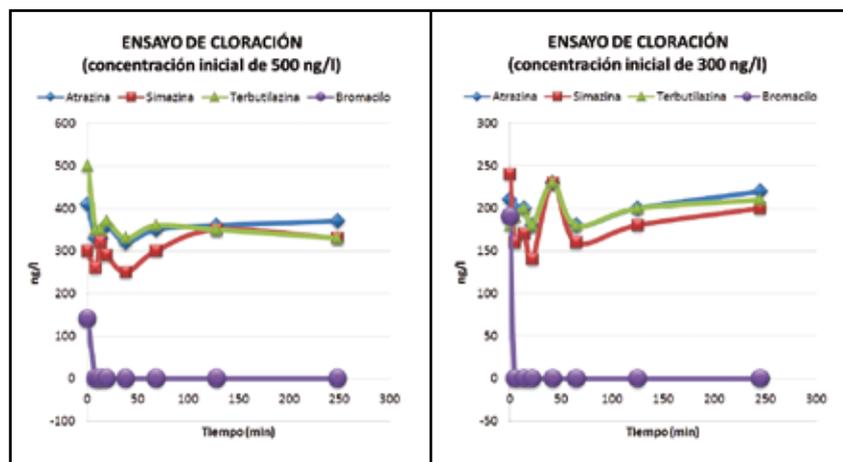


Figura 3. Eliminación de plaguicidas mediante cloración.

riación en la concentración de todos ellos es despreciable.

- El pH y la conductividad permanecen constantes a lo largo del tratamiento.
- El % de degradación obtenido tras la cloración no depende de la concentración inicial de plaguicida utilizado. Los resultados son coincidentes para las dos concentraciones ensayadas.
- La dispersión de los datos obtenidos puede deberse a errores experimentales.

### 3.2. Ensayos de ozonización

#### 3.2.1. Condiciones de operación

Las condiciones de operación utilizadas son las siguientes:

- Concentración teórica inicial de cada uno de los plaguicidas (ng/l): 300 y 500.
- Punto de aplicación de ozono: salida de depósito antes del filtro (PA1).
- Caudal de agua (m<sup>3</sup>/h): 0,3; 1,0; y 2,5.
- Dosis de ozono: 2 g/h. Dicha dosis supone una concentración de ozono de 7 mg/l, 2 y 1 mg/l para los caudales de agua de 0,3; 1,0; 2,5 m<sup>3</sup>/h, respectivamente. Dicha concentración entra en rango de las habitualmente utilizadas en ETAP que utilizan ozono como preoxidante en la línea de tratamiento.

- Puntos de muestreo: TM2, TM3, TM4, TM5 y salida de planta (SP).

#### 3.2.2. Resultados e interpretación

La Figura 4 muestra gráficamente los resultados obtenidos tras los ensayos de ozonización.

- Tras el análisis de los resultados obtenidos se observa que, bajo las condiciones de operación utilizadas:
  - La ozonización con 1 mg O<sub>3</sub>/l no consigue degradar la atrazina, simazina y terbutilazina; sin embargo, esta concentración de ozono es suficiente para eliminar el 100% del bromacilo presente.
  - Independientemente de la concentración de ozono utilizada en el tratamiento y siempre que esta sea igual o superior a 2 mg O<sub>3</sub>/l se

consigue la degradación de aproximadamente un 30% de la atrazina, un 50% de simazina y terbutilazina y el 100% del bromacilo presente.

- El tratamiento con ozono resulta ligeramente más eficaz que la cloración con hipoclorito sódico, para la eliminación de los plaguicidas objeto de estudio.
- Tras el tratamiento, el pH y la conductividad del agua permanecen constantes.

### 3.3. Ensayos de preoxidación con hipoclorito sódico o con ozono y adsorción con GAC

#### 3.3.1 Condiciones de operación

Las condiciones de operación utilizadas son las siguientes:

- Concentración inicial teórica de cada uno de los plaguicidas (ng/l): 300 y 500.
- Caudal de agua (m<sup>3</sup>/h): 0,3; 1,0; y 2,5.
- Punto de aplicación de hipoclorito sódico: salida de depósito antes del filtro (PA1).
- Dosis de hipoclorito sódico: adición de hipoclorito hasta conseguir un cloro residual de 0,5 mg/l en TM2, es decir, adición de la correspondiente demanda de cloro +0,5 mg/l (CD +0,5 mg/l).

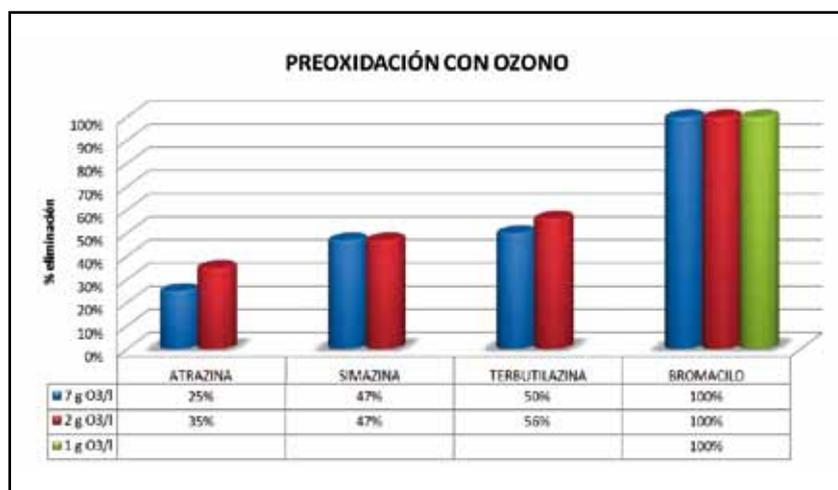


Figura 4. Eliminación de plaguicidas mediante ozonización.

- Punto de aplicación de ozono: salida de depósito antes del filtro (PA1).
- Dosis de ozono: 2 g/h. Dicha dosis supone una concentración de ozono de 7 mg/l, 2 y 1 mg/l para los caudales de agua de 0,3; 1,0; y 2,5 m<sup>3</sup>/h, respectivamente.
- Puntos de muestreo: TM2, TM3 y salida de planta (SP).
- Tiempo de contacto carbón: plaguicidas (min): 24, 7 y 3. Dicho tiempo se calcula considerando un volumen efectivo del filtro de carbón activo de 120 l, para los tres caudales considerados.

### 3.3.2. Resultados e interpretación

La **Tabla 2** muestra los resultados obtenidos tras los ensayos.

Tras el análisis de los resultados obtenidos se observa que bajo las condiciones de operación utilizadas:

- La adsorción con carbón activo granular de origen mineral, consigue la eliminación total de los plaguicidas objeto de estudio (atrazina, simazina, terbutilazina y bromacilo), incluso cuando se parte de concentraciones iniciales próximas a los 500 ng/l de cada uno de ellos, alcanzadas mediante fortificación externa de la muestra objeto de estudio.
- Analizando diferentes tiempos de residencia del agua dentro de la columna de carbón activo granular se observa que 3 minutos de contacto es suficiente para conseguir la eliminación total de los plaguicidas. La baja concentración exis-

tente de materia orgánica natural en el agua bruta (reflejado por un bajo valor de DQO, TOC y demanda de cloro), puede estar relacionada con este bajo tiempo mínimo necesario de contacto, dado que ésta ejerce un efecto competitivo de adsorción con los plaguicidas que se pretenden eliminar, tiempo bastante inferior a otros determinados en bibliografía.

- Tras el tratamiento, el pH y la conductividad del agua permanecen constantes.
- El tratamiento mediante precloración y posterior adsorción con GAC consigue el mismo efecto que la preoxidación con ozono y posterior GAC, en relación a la eliminación de los plaguicidas estudiados.

### 3.4. Ensayos de preoxidación con hipoclorito sódico, adsorción con GAC y postcloración

#### 3.4.1 Condiciones de operación

Las condiciones de operación utilizadas son las siguientes:

- Concentración teórica inicial de cada uno de los plaguicidas (ng/l): 300.
- Caudal de agua a través de la planta (m<sup>3</sup>/h): 2,5; tiempo de contacto agua-carbón de 3 minutos; carga hidráulica o velocidad de filtración a través de la columna de carbón activo de 19,2 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>.

- Puntos de inyección de hipoclorito sódico: precloración en salida de depósito antes del filtro (PI1) y postcloración en salida de columna de carbón activo (PI3).
- Dosis de hipoclorito sódico:
  - PI1: 0,8 mg/l, correspondiente a la demanda de cloro +0,5 mg/l.
  - PI3: 0,5 mg/l.
- Puntos de muestreo: TM2 (agua bruta antes de precloración) y salida de planta (SP), tras precloración, paso a través de columna de GAC y postcloración.
- Tiempo de contacto carbón: plaguicidas (min): 3.

### 3.5. Resultados e interpretación

El tratamiento de las aguas objeto de estudio mediante precloración con hipoclorito sódico, adsorción mediante GAC y postcloración en las condiciones de operación utilizadas, consigue la eliminación total de los plaguicidas presentes adicionados al agua natural, en concreto de atrazina, simazina, terbutilazina y bromacilo.

El tratamiento de las aguas objeto de estudio mediante precloración de las aguas objeto de estudio con hipoclorito sódico, adsorción mediante GAC y postcloración no genera ningún tipo de subproducto orgánico volátil; en concreto tras el tratamiento no se detectan ninguno de los 57 compuestos analizados entre los que se incluyen los trihalometanos y otros compuestos clorados considerados Sustancias Peli-

**Tabla 2**

Tratamiento	Tiempo contacto GAC (min)	% eliminación atrazina	% eliminación simazina	% eliminación terbutilazina	% eliminación bromacilo
PreCl+GAC	3	100	100	100	100
PreCl+GAC	7	100	100	100	100
PreCl+GAC	21	100	100	100	100
PreO <sub>3</sub> +GAC	3	100	100	100	100
PreO <sub>3</sub> +GAC	7	100	100	100	100
PreO <sub>3</sub> +GAC	21	100	100	100	100

**Tabla 2.** Eliminación de atrazinas mediante precloración (PreCl) o preozonización (PreO<sub>3</sub>) y posterior adsorción con GAC. Concentración inicial de plaguicidas: 300 y 500 ng/l.

grosas según establece la legislación vigente en materia de aguas. En consecuencia, en este caso concreto y debido fundamentalmente a la buena calidad presente de las aguas brutas objeto de estudio, la aplicación de ozono como tratamiento sustitutivo a la precloración no estaría justificado por el elevado coste que este supone en relación al hipoclorito.

#### 4. Conclusiones

Según la experimentación realizada en este proyecto fruto de la colaboración entre la empresa Facsa y la Universidad de Zaragoza, se concluye que:

- En el caso de identificarse la presencia de plaguicidas tipo triazinas en un agua que va a ser utilizada para abastecimiento público, el agua se podrá someter a tratamiento consistente en la combinación de una precloración, paso a través de columna de carbón activo granular (GAC) y cloración final.
- La precloración se podrá realizar mediante adición de hipoclorito sódico. Dicha precloración puede realizarse en el depósito de agua bruta o en línea, previamente a su paso a través del carbón activo. Se deberá utilizar una dosis superior a la correspondiente a la demanda de cloro de la muestra con el fin de que quede en el agua aproximadamente 0,5 mg/l de cloro residual previamente a su paso a través del lecho de carbón. La adición de cloro como etapa previa a la adsorción tiene como objeto evitar la acumulación de microorganismos dentro del lecho de carbón activado.
- Se podrá utilizar carbón activo granular de origen mineral, ya que ha quedado plenamente demostrada su capacidad de adsorción de los plaguicidas objeto de estudio. El carbón utilizado en la experimentación, (de la casa comercial Galaquim, con un tamaño de partícula de 0,6-0,7 mm, una superficie específica BET de 1.050 m<sup>2</sup>/g y una densidad de 470 g/l) consi-

gue eliminar atrazina, simazina, terbutilazina y bromacilo, incluso cuando se parte de concentraciones iniciales próximas a los 500 ng/l de cada uno de ellos, alcanzadas mediante fortificación externa de las muestras objeto de estudio.

- La cloración final o postcloración se realizará mediante adición de hipoclorito sódico, posteriormente a su paso a través de la columna de carbón. Se adicionará hipoclorito hasta conseguir una concentración de cloro residual en el agua tratada de 0,3-0,5 mg/l, concentración que asegura su calidad microbiológica, previamente a su distribución.
- En el cálculo de la vida media del carbón activo para su reposición se deberán realizar ensayos adicionales en columna, utilizando el agua bruta que se va a tratar en cada caso, puesto que la presencia de materia orgánica (tanto de origen natural como antropomórfica), cloruros, cloro, sulfuros, metales pesados, sólidos en suspensión, etc., pueden reducir la vida media del carbón activado utilizado.

#### 5. Agradecimientos

Facsa quiere expresar su agradecimiento al Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (Impiva) por la concesión de ayudas a la investigación a través del programa de 'Investigación y Desarrollo Tecnológico'. Así mismo, la Universidad de Zaragoza quiere agradecer a la Secretaría de Estado de Universidad e Investigación del Ministerio de Ciencia e Innovación, a la Diputación General de Aragón y a la Fundación Caixa Catalunya la concesión del proyecto CTM2008-01876/TECNO.

#### 6. Bibliografía

- [1] Claver, A.; Ormad, P.; Rodríguez, L.; Ovelleiro, J.L. (2006). 'Study of the presence of pesticides in surface waters in the Ebro river basin (Spain)'. *Chemosphere*, 64, 1437-1443.

- [2] Cleresci, L.S.; Greenberg, A.E.; Trussell, R.R. (2005). 'Standard Methods for the Examination of waste water'. American Public Health Association, Maryland, USA, 21th edition.
- [3] Directiva 2006/11/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de febrero de 2006 relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad.
- [4] Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2006 relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.
- [5] Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE.
- [6] Miguel N.; Ormad, M.P.; Lanao, M.; Mosteo, R.; Ovelleiro J.L. (2008). 'Influencia de la naturaleza del carbón activo y la matriz acuosa en la adsorción de plaguicidas'. *Tecnología del Agua*, 303, 42-47.
- [7] Mosteo, R.; Gracia, M.M.; Ormad, P.; Rodríguez, L.; Ovelleiro, J.L. (2003). 'Control de plaguicidas en la cuenca del Ebro'. *Tecnología del Agua*, 233, 74-80
- [8] Ormad, M.P.; Claver, A.; Miguel, N.; Ovelleiro, J.L. (2007). 'Eliminación de plaguicidas mediante procesos utilizados en España para la producción de agua potable'. *Tecnología del Agua*, 26-40.
- [9] Ormad, M.P.; Miguel, N.; Claver, A.; Matesanz, J.M.; Ovelleiro, J.L. (2008). 'Pesticides removal in the process of drinking water production'. *Chemosphere*, 71, 97-106.