

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA CORCHERA POR PROCESOS COMBINADOS DE COAGULACION Y ADSORCION

Jesús Beltrán de Heredia Alonso, Teresa González Montero y Aurora López Palacios
Dpto. Ingeniería Química y Energética. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura.

Summary. Cork industry wastewaters treatment by combined processes of coagulation/flocculation followed by adsorption on activated carbon has been studied. Adsorption equilibrium has been determined at different temperature and pH conditions. Results show that activated carbon retains aromaticity preferably and in lower grade chemical oxygen demand. Adsorption isotherms have been interpreted applying the Freundlich model.

Introducción. En la industria corchera, el corcho natural se somete a una etapa de “cocido” con agua hirviendo durante un cierto tiempo con objeto de desinfectarlo y mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente la elasticidad. Con el fin de reducir el volumen generado de agua residual, las industrias corcheras reutilizan el agua de cocido de 20 a 35 veces. Este modo de operar lleva consigo a una inferior calidad del corcho producido. Las aguas residuales son depositadas en balsas de evaporación con el consiguiente problema medioambiental de malos olores, irrigación a través del suelo a capas freáticas de agua, etc. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos al llevar a cabo un tratamiento combinado de una etapa de coagulación/floculación, empleando tricloruro de hierro como coagulante y un polielectrolito aniónico como floculante, y una de adsorción sobre carbón activo. En este último proceso se ha estudiado el equilibrio de adsorción en diferentes condiciones experimentales (masa de carbón, temperatura, pH).

Material y métodos. Las aguas residuales se tomaron de la empresa Corchos de Mérida, S.A. situada en San Vicente de Alcántara (Badajoz, Spain) y tenían las siguientes características contaminantes: pH = 4.8 – 5.0; DQO = 3050 - 3290 mg/L; DBO₅ = 1115 - 1300 mg/L; sólidos totales = 1390 – 1700 mg/L; polifenoles totales = 420 – 580 mg/L; aromaticidad = 1505 – 1790 mg/L. Este agua residual fue sometida en primer lugar a un tratamiento de coagulación/floculación empleando 1000 ppm de tricloruro de hierro a un pH de 8. Las condiciones de la etapa de coagulación fueron las siguientes: velocidad de agitación 200 rpm

y tiempo de agitación 5 minutos. A continuación se añadió 10 ppm de un floculante Floccudex AS/23 y manteniendo de nuevo en agitación la mezcla durante un tiempo de 15 minutos y a una velocidad de agitación de 60 rpm. Este tratamiento de coagulación/floculación se realizó en un floculador Velp Scientifica modelo JLT 4. Después de una etapa de sedimentación en una probeta durante 1 hora se filtró el agua obtenida, que tenía las siguientes características: DQO = 1212 mg/L; DBO₅ = 492 mg /L; polifenoles totales = 68 mg/L; aromaticidad = 1288 mg/L. Este agua fue sometida en un segundo tratamiento de adsorción sobre carbón activo (Panreac, granulada). Se han realizado ensayos de adsorción en frascos de vidrio con tapón roscado, termostatizados a la temperatura del experimento, modificando la cantidad de carbón en cada uno de ellos (entre 0,1 y 1,5 g), la temperatura (entre 20 y 60 °C), y el pH (entre 5 y 8). Los frascos que contenían 100 mL del agua pretratada y la cantidad deseada de carbón se colocaban en un baño termostático con agitación durante 12 días. Al cabo de este tiempo se tomaban muestras de cada uno de ellos y se determinaba la demanda química de oxígeno (oxidación con dicromato en medio sulfúrico concentrado, los resultados se expresan como mg de oxígeno por litro), los polifenoles totales (formación de un complejo con los ácido fosfowolfrámico y fosfomolibdico, los resultados se expresan como mg de ácido cafeico por litro) y la aromaticidad (medida directa a 254 nm, los resultados se expresan como mg de fenol por litro).

Resultados y discusión

Coagulación/floculación. El proceso de coagulación condujo a una reducción importante de la carga orgánica del agua residual (medida como demanda química de oxígeno (DQO), polifenoles totales (PT) o aromaticidad (A)).

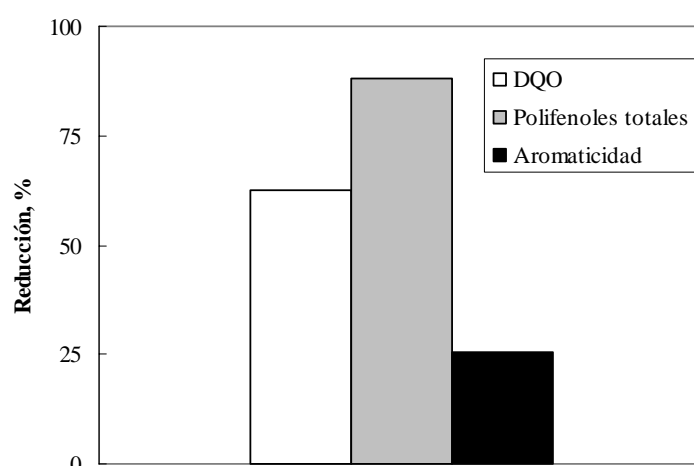


Figura 1. Reducción de la carga contaminante mediante coagulación.

En la Figura 1 se muestra la reducción alcanzada en cada uno de estos parámetros. Puede observarse que la DQO se reduce en más del 60 %, los polifenoles totales en un 90 % y la aromaticidad en solamente un 25 %. La reducción tan significativa obtenida con los polifenoles puede deberse a que estos compuestos suelen formar complejos de coordinación con las sales de hierro a través de los grupos hidroxilo o carboxilo que contienen. Conviene señalar que este grupo de compuestos son los responsables de las características tóxicas para la fauna y flora, e inhibidoras para los microorganismos del medio acuático.

Adsorción sobre carbón activo. Se han realizado numerosos ensayos de adsorción sobre carbón activo con el fin de determinar las condiciones de equilibrio. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en la serie llevada a cabo a 20 °C. Puede observarse, como era de esperar, que a medida que se aumenta la cantidad adicionada de carbón mayor es la reducción de DQO, Aromaticidad y Polifenoles totales. El orden de eliminación sigue la secuencia: Aromaticidad > Polifenoles totales > DQO.

Tabla 1. Resultados de equilibrio de adsorción sobre carbón activo a 20 °C.

W	DQO	X_{DQO}	Aromaticidad	X_{Arom.}	Polifenoles	X_{Polifen.}
0,0759	1108	8,58	1086	15,7	57,5	15,0
0,1500	1047	13,6	1008	21,7	49,3	27,1
0,3110	938	22,6	826	35,8	41,6	38,5
0,6226	756	37,6	494	61,6	25,3	62,6
0,9180	698	42,4	392	69,5	22,7	66,4
1,2529	658	45,7	320	75,1	20,4	69,8
1,5296	600	50,5	270	79,0	20,2	70,2
g	mg/L	%	mg/L	%	mg/L	%

Así mismo, se han realizado experimentos modificando la temperatura y el pH del medio. Los resultados indican que el pH no tiene prácticamente ningún efecto sobre la adsorción y la temperatura tiene un efecto positivo sobre los tres parámetros estudiados. En las Figuras 2 y 3 se muestran los resultados obtenidos para DQO y Aromaticidad.

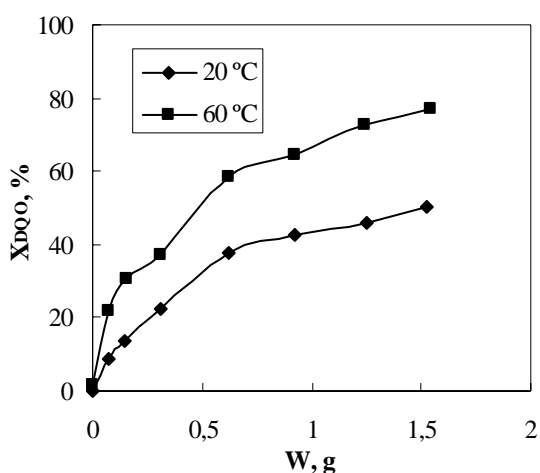


Figura 2. Reducción de DQO

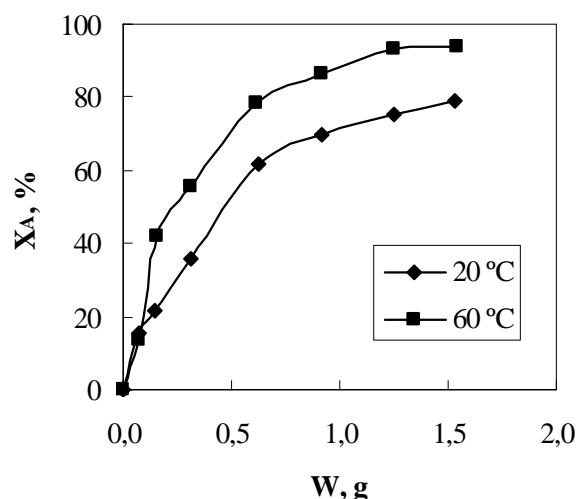


Figura 3. Reducción de Aromaticidad

A partir de los datos de equilibrio se ha determinado la capacidad del carbón activo para eliminar la materia orgánica. Este parámetro se define como la cantidad de materia orgánica retenida por gramo de carbón. Matemáticamente se calcula mediante la siguiente ecuación : $q = (C_0 - C^*) V / W$, donde q es la capacidad (mg/g); C_0 es la concentración inicial de materia orgánica (mg/L); C^* es la concentración de materia orgánica en el equilibrio (mg/L), V el volumen de agua empleada (L) y W la masa de carbón (g). En la Tabla 2 se muestran los valores de la capacidad de carbón para los experimentos realizados a 20 °C y para cada uno de los parámetros empleados para medir la carga orgánica.

Tabla 2. Capacidad del carbón para reducir DQO, Aromaticidad y Polifenoles totales.

W	q DQO	q Arom	q Polifen.
0,0759	137	265	13,3
0,1500	110	186	12,2
0,3110	88,1	148	8,4
0,6226	73,2	127	6,8
0,9180	56,0	97,5	4,9
1,2529	44,2	77,2	3,8
1,5296	40,0	66,5	3,1
g	mg/g	mg/g	mg/g

A continuación, se ha representado la capacidad del carbón frente a la concentración de equilibrio (isoterma de adsorción). En la Figura 4 se muestra esta representación para la DQO y Aromaticidad. Puede observarse que la tendencia es casi lineal, si bien se aprecia, como era de esperar, que a concentraciones elevadas de materia orgánica la capacidad alcance un valor máximo (asíntota respecto del eje de abscisas). Con el fin de interpretar los resultados de adsorción, se ha empleado el modelo de Freundlich. Según el mismo, la capacidad de adsorción es una función potencial de la concentración: $q = k C^{*n}$. Por tanto una representación de $\ln(q)$ frente a $\ln(C^*)$ debería dar una línea recta de pendiente n y ordenada en el origen $\ln(k)$. En la Figura 5 se muestra esta representación gráfica para la DQO, Aromaticidad y Polifenoles totales. Puede observarse que los puntos se sitúan aceptablemente sobre una línea recta. El ajuste por regresión de mínimos cuadrados condujo a los valores de k y n que se muestran en la Tabla 3.

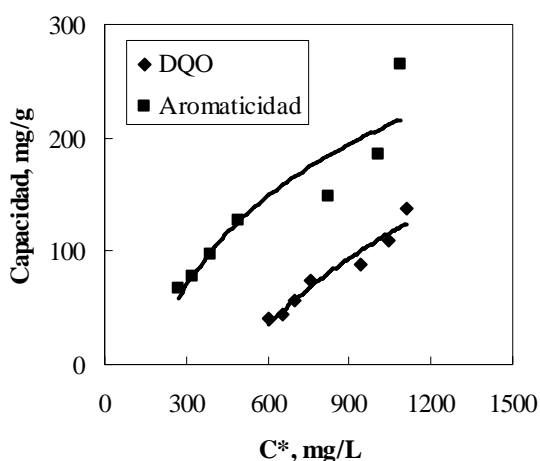


Figura 4. Isotermas de adsorción

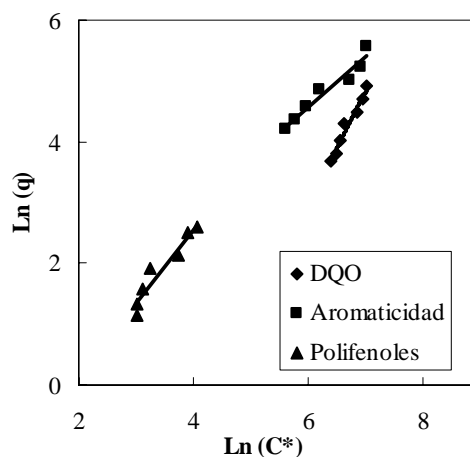


Figura 5. Representación de Freundlich

Tabla 3. Valores de k y n para DQO, Aromaticidad y Polifenoles totales a 20 °C.

	DQO	Aromaticidad	Polifenoles totales
k	$2,27 \cdot 10^{-4}$	$6,16 \cdot 10^{-1}$	0,10
n	1,89	0,84	1,22

Agradecimientos. Este trabajo forma parte del Proyecto CTQ2004 - 00961/PPQ financiado por la CICYT.