

Biodegradación de ácido salicílico por consorcios microalgas-bacterias

M. García¹, I. Fernández², S. Collado¹, P. Oulego¹ y M. Díaz¹

¹Dpto. Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de Oviedo. Calle Julián Clavería, s/n. 33006 – Oviedo. Asturias.

²FCC-Aqualia

mariodiaz@uniovi.es

Resumen

Los tratamientos biológicos son los métodos más ampliamente utilizados para la depuración de aguas residuales urbanas, debido a su versatilidad y bajo coste. Sin embargo, una de las principales limitaciones de estos métodos es el elevado consumo energético asociado a las etapas de aireación. A este respecto, el empleo de consorcios microbianos con algas podría permitir que éstas últimas produzcan parte del oxígeno necesario para que las bacterias puedan completar el proceso biodegradativo, pudiendo resultar un coste mucho menor que si todo el oxígeno fuese proporcionado de manera mecánica.

El objeto último, la degradación de los compuestos orgánicos, depende de la naturaleza de los compuestos presentes en el agua residual, pudiendo ser muy diferente según esta naturaleza y concentraciones. Es frecuente la aparición de distintos compuestos fenólicos que, además, pueden ser no biodegradables e interferir en el proceso biológico.

El objetivo del presente trabajo es estudiar cómo se biodegradan e interfieren estos compuestos fenólicos en un sistema a escala piloto de depuración basado en microalgas y con presencia de bacterias, empleando ácido salicílico como modelo de contaminante fenólico.

Los resultados han mostrado que, incluso en bajas concentraciones (200 ppm), el ácido salicílico reduce un 50% la producción de oxígeno. En concentraciones más altas, de 500 ppm, el efecto tóxico es más notable, llegando a incidir negativamente en el crecimiento de la biomasa. A concentraciones por encima de 1000 ppm resulta muy tóxico para las algas, ya que destruye por completo la actividad fotosintética. A pesar de su efecto tóxico, se ha podido obtener una biodegradación aceptable de ácido salicílico, siendo eliminado en pocas horas, según las condiciones.

Palabras Clave: ácido salicílico, biodegradación, microalgas, producción de oxígeno, efecto del pH

Introducción

Los sistemas de depuración de aguas residuales se basan actualmente en procesos biodegradativos. Estos procesos son llevados a cabo por comunidades bacterianas, que se alimentan de los residuos para crecer, utilizando oxígeno para llevar a cabo el proceso. El oxígeno se suele introducir mediante aireación artificial, lo que supone un gran coste para la planta. Sin embargo, existen varios organismos que producen este gas de manera natural; un ejemplo son las algas. Debido a ello, el uso de consorcios entre algas y bacterias podría suponer una gran reducción en el coste asociado a la aireación.

La depuración del agua residual depende de la naturaleza de los compuestos presentes en la misma. Entre éstos, es frecuente la presencia de compuestos fenólicos, que a menudo son contaminantes y, por tanto, capaces de interferir en el proceso depurativo. Ejemplos de dichos contaminantes son cafeína, ibuprofeno, carbamazepina y diversos medicamentos y pesticidas, la mayoría de ellos con grupos fenólicos en su estructura química (Matamoros *et al.*, 2015). Estudios

en diversas plantas piloto basadas en microalgas han demostrado que, en general, estos compuestos son susceptibles de ser biodegradados (Abargues *et al.*, 2013; Matamoros *et al.*, 2015, 2016). Se ha observado que, aunque las algas son capaces de crecer en presencia de contaminantes y eliminarlos, el tiempo requerido para dicha eliminación es mucho menor si se cuenta con un sistema en el que convivan poblaciones de algas y bacterias (Kumari *et al.*, 2016).

Con el fin de estudiar cómo interfieren estos compuestos fenólicos en un sistema de depuración concreto, se realizaron diferentes pruebas en un sistema piloto basado en microalgas. El contaminante fenólico elegido como modelo fue el ácido salicílico.

Materiales Y Métodos

Los ensayos para analizar el impacto del ácido salicílico se realizaron en un reactor de vidrio de 250 mL. El medio biológico utilizado estaba compuesto por agua con algas en suspensión. Los principales géneros de microalgas identificados fueron: *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Stigeoclonium*. En cuanto a las algas macroscópicas, se identificó el género *Cladophora*.

El desarrollo de estas pruebas consistió en la medida de la producción de oxígeno por las algas, tras la adición de sulfito sódico. Posteriormente, se añadieron diferentes concentraciones de ácido salicílico en forma de disolución con el pH ajustado a 8, evitando así que el pH sea causa de interferencias. Tras añadir el ácido salicílico, se añadió sulfito sódico de nuevo y se observó el incremento en el oxígeno disuelto.

Las medidas de sólidos suspendidos (SS) y clorofila se realizaron siguiendo los métodos estándar (APHA, 1998). La determinación de ácido salicílico se llevó a cabo mediante el método Trinder (Trinder, 1954). La medida de la concentración de oxígeno disuelto se monitorizó con una sonda ProODO YSI.

Resultados y Discusión

Para poder determinar el impacto del ácido salicílico en el cultivo, es necesario conocer, en primer lugar, las características de dicho cultivo en estado estacionario. Se determinaron los sólidos suspendidos: 0,858 g SST/l, 0,588 g SSV/l. La concentración de clorofila en presencia de feofitina a fue de 0,912 mg clorofila a/g SSV y 0,888 g feofitina a/g SSV. La relación entre clorofila a y feofitina a indica el estado de la clorofila. En este caso, la relación obtenida fue de 1,35; por lo que la clorofila no se encontraba en estado óptimo, probablemente debido a la incidencia de luz en el transporte de la muestra o en la realización de la medida.

La producción específica de oxígeno en estado estacionario se realizó en cultivos diferentes, ya que cada uno correspondió a las diferentes pruebas con distintas concentraciones de ácido salicílico. Para las algas en suspensión alcanzó valores de 8,544 mg O₂/h · g SSV) y 7,98 (mg O₂/h · g SSV); mientras que para *Cladophora*, el valor alcanzado fue de 15,078 (mg O₂/h · g SSV). Esta mayor producción específica de oxígeno se debe a que el alga fue lavada antes de introducirla en el vaso, por lo que la población bacteriana será significativamente menor, lo que implica un menor consumo del oxígeno producido por el alga.

La adición de ácido salicílico a los cultivos de algas en suspensión reduce notablemente la producción específica de oxígeno. En el caso de la prueba con 200 ppm, la producción es cercana a la mitad de la obtenida en estado estacionario (5,244 mg O₂/h · g SSV frente a 8,544 mg O₂/h · g SSV). Para 500 ppm de ácido salicílico, el efecto tóxico es más acusado reduciendo a menos de la mitad la tasa de producción de oxígeno. También se puede observar el efecto tóxico en el menor crecimiento de la biomasa, ya que en el caso de la prueba con 200 ppm el incremento fue de un 11%, mientras que en el ensayo con 500 ppm dicho incremento fue inferior al 1%.

En cuanto a los ensayos con el alga macroscópica, *Cladophora* en presencia de 200 ppm de ácido salicílico sin ajuste de pH, se observó una producción de oxígeno de 0,071 mg O₂/min·g SSV. Al igual que en la prueba con las microalgas y 200 ppm de ácido salicílico, se hace patente la disminución de la producción de oxígeno, pero en este caso a menos de un tercio de la obtenida en estado estacionario (4,230 mg O₂/h · g SSV frente a 15,078 mg O₂/h · g SSV). Esta mayor disminución se debe al efecto del pH, pues provoca la pérdida del átomo de magnesio de la clorofila, lo que inhibe la fotosíntesis y, por tanto, la obtención de carbono del CO₂ del aire. Como cabría esperar, el incremento en la concentración de ácido salicílico es proporcional al efecto tóxico que produce. Esto se confirma en la prueba con 1000 ppm de ácido salicílico. En este caso, como se puede observar en la figura 1, la adición de ácido salicílico inhibe por completo la producción de oxígeno.

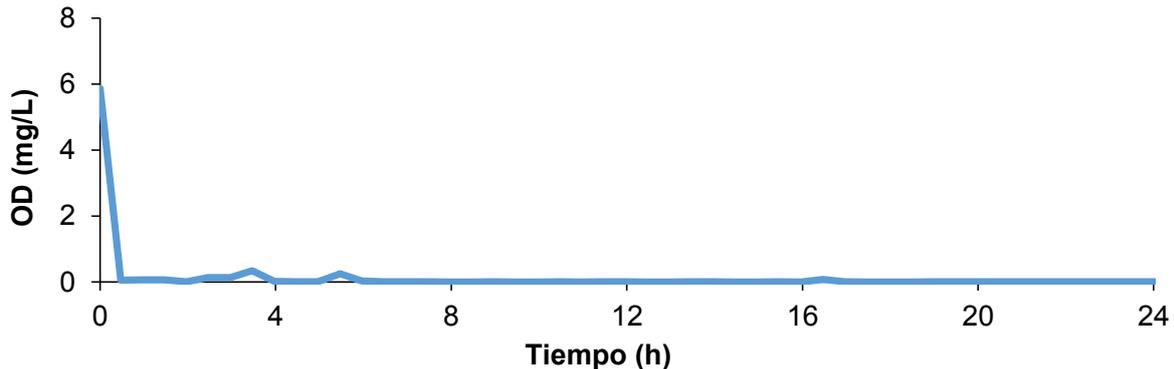


Figura 1. Evolución del oxígeno disuelto en los ensayos con *Cladophora* en presencia de 1000 ppm de ácido salicílico.

Estos resultados concuerdan con lo encontrado en la bibliografía, pues se ha visto que la presencia de fenol disminuye la eficiencia fotosintética (Nazos *et al.*, 2016). Dicha disminución es más acusada a mayor concentración de fenol (la mayor concentración utilizada en la bibliografía fue cercana a las 400 ppm). A una concentración de 200 ppm, observaron que la eficiencia fotosintética sufría una menor disminución, lo que concuerda con los resultados obtenidos para las pruebas realizadas en nuestro caso con 200 ppm y 500 ppm de ácido salicílico.

En todos los casos de 200 ppm de ácido salicílico tanto con el pH ajustado como sin ajustar, y 500 ppm; se observaron disminuciones en la concentración tras finalizar el experimento. Dichos resultados se muestran en la figura 2.

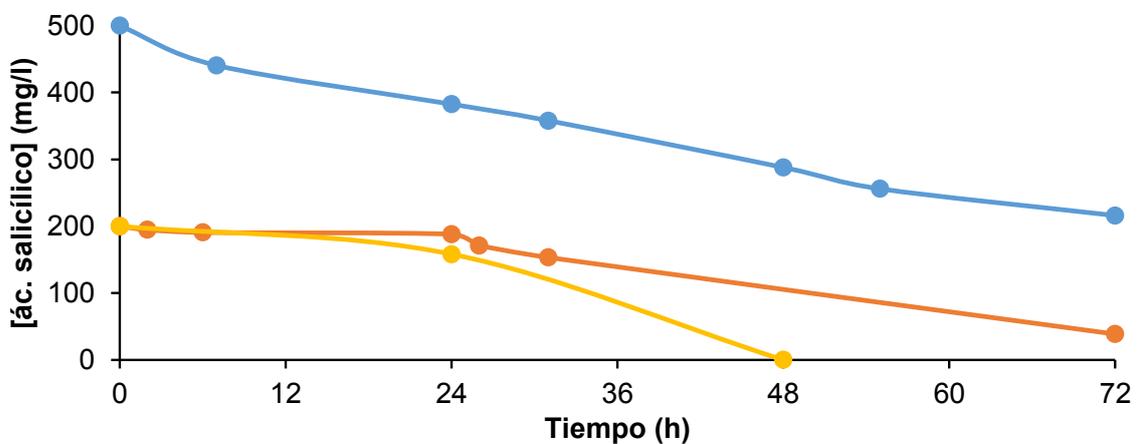


Figura 2. Evolución de la concentración de ácido salicílico en los diferentes ensayos: 200 ppm (●), 200 ppm sin ajuste de pH (●) y 500 ppm (●).

De nuevo, los resultados obtenidos concuerdan con los datos de la bibliografía (Nazos *et al.*, 2016). En el caso de la prueba con 200 ppm y sin ajuste de pH, se ve una degradación de ácido salicílico similar a la de 200 ppm con pH ajustado en el primer día. Sin embargo, al cabo de 48 horas se ha consumido todo el ácido salicílico. Aunque en la bibliografía se reportó que la biodegradación de compuestos fenólicos requería de fotosíntesis (Nazos *et al.*, 2016), en dicho estudio utilizaron un cultivo de microalgas puro, mientras que en el presente estudio se cuenta con bacterias en el sistema, que pueden influir en gran medida en la degradación del ácido salicílico, aunque se requeriría una mejor caracterización del proceso.

Conclusiones

El ácido salicílico tiene un gran impacto como contaminante fenólico en un sistema de depuración basado en microalgas. Como se ha comprobado, es capaz, incluso en bajas concentraciones (200 ppm), de reducir a la mitad la producción de oxígeno. En concentraciones más altas, de 500 ppm, el efecto tóxico es más notable, llegando a incidir negativamente en el crecimiento de la biomasa. A mayores concentraciones (1000 ppm) resulta muy tóxico para las algas, ya que destruye por completo la actividad fotosintética.

El pH también se mostró como un factor determinante, pues es capaz de inhibir en gran medida la fotosíntesis, efecto no observado en las pruebas en las que se ajustó el pH al valor inicial con el que contaba el cultivo.

Cabe destacar que, a pesar de su efecto tóxico, el ácido salicílico es susceptible de sufrir biodegradación, siendo eliminado en pocas horas.

Referencias

1. Abargues, M. R., Ferrer, J., Bouzas, A., y Seco, A. (2013). Removal and fate of endocrine disruptors chemicals under lab-scale posttreatment stage. Removal assessment using light, oxygen and microalgae. *Bioresource technology*, 149, 142-148.
2. APHA, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, DC twentieth ed. American Public Health Association, Washington.
3. Kumari, M., Ghosh, P., y Thakur, I. S. (2016). Landfill leachate treatment using bacto-algal co-culture: An integrated approach using chemical analyses and toxicological assessment. *Ecotoxicology and environmental safety*, 128, 44-51.
4. Matamoros, V., Gutiérrez, R., Ferrer, I., García, J., y Bayona, J. M. (2015). Capability of microalgae-based wastewater treatment systems to remove emerging organic contaminants: a pilot-scale study. *Journal of hazardous materials*, 288, 34-42.
5. Matamoros, V., Uggetti, E., García, J., y Bayona, J. M. (2016). Assessment of the mechanisms involved in the removal of emerging contaminants by microalgae from wastewater: a laboratory scale study. *Journal of hazardous materials*, 301, 197-205.
6. Nazos, T. T., Kokarakis, E. J., y Ghanotakis, D. F. (2017). Metabolism of xenobiotics by *Chlamydomonas reinhardtii*: Phenol degradation under conditions affecting photosynthesis. *Photosynthesis Research*, 131(1), 31-40.
7. Trinder, P. (1954). Rapid determination of salicylate in biological fluids. *Biochemical Journal*, 57(2), 301.