

# Eliminación de Ni (II) presente en medios acuosos mediante biosorción con cáscara de piña en columna de lecho fijo. Efecto de la altura de relleno

Autores: Calero, M.<sup>1(\*)</sup>, Blázquez, G.<sup>1</sup>, Martín-Lara, M.A.<sup>1</sup>, Pérez, A.<sup>1</sup>, Almendros, A.I.<sup>1</sup> y Ronda A.<sup>1</sup>

Grupo red META: (Universidad de Granada-RNM 152)

1- Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071, Granada, España.

(\*)- mcaleroh@ugr.es

## Resumen

La contaminación de origen industrial es la que produce mayor impacto sobre el medioambiente, debido a la gran variedad de desechos y materiales que pueden incorporar al agua, como es el caso de los metales pesados. Algunas de las tecnologías utilizadas para la eliminación de los metales pesados de los efluentes industriales, son inadecuadas al no lograr reducir la concentración de los mismos por debajo de los límites de vertido. La biosorción ha destacado en los últimos años por su potencial para este tipo de aplicaciones.

En este trabajo se estudia la eliminación de níquel de medios acuosos mediante biosorción en columna de lecho fijo, utilizando cáscara de piña como sólido biosorbente. En concreto, se ha analizado el efecto de la altura de relleno, utilizando tres masas de biosorbente, 5, 10 y 15 g (equivalentes a tres alturas de relleno, 7,5, 15 y 22,5 cm). Los resultados han mostrado que al aumentar la altura de relleno se incrementa la cantidad de níquel retirado, al mismo tiempo que se eleva también el tiempo de ruptura y el tiempo de saturación de la columna. Los resultados han sido ajustados al modelo Bed Depth Service Time (BDST), a partir del cual se puede predecir el comportamiento de la columna en otras condiciones de operación.

## Abstract

The industrial pollution is that with the main impact on the environment, due to the wide variety of wastes and materials which are incorporate into the water, such as the heavy metals. Some of the technologies used to remove heavy metals are not so adequate because they not reduce the concentration below the discharge limits. The biosorption is a potential alternative to these kinds of applications.

This work study the remove of Ni(II) from aqueous solutions by biosorption in packed bed column, using pine cone shell as biosorbent. The effect of the bed height, using diferents amounts of biosorbent (5, 10 and 15), equivalent to three heights (7.5, 15 and 22.5 cm). Results have shown when the bed height increases, the amount of Ni(II) removal, the breakthrough time and the exhausted time also increase. Results have been ajusted by Bed Depth Service Time model (BDST), to predice the behaviour in other operational conditions.

## Introducción

El agua es la base de la vida en nuestro planeta. Una buena calidad del agua sustenta la buena salud de los ecosistemas mejorando el bienestar de los seres vivos. Sin embargo, los recursos hídricos se ven cada vez más amenazados por la contaminación producida por la actividad humana. La contaminación de origen industrial es la que produce mayor impacto sobre el medioambiente, debido a la gran variedad de desechos y materiales que pueden incorporar al agua, como es el caso de los metales pesados (Cr, Pb, Ni, Cu, etc.). Algunas de las tecnologías utilizadas para la eliminación de los metales pesados de los efluentes industriales, son inadecuadas al no lograr reducir la concentración de los

mismos por debajo de los límites de vertido. La biosorción ha destacado en los últimos años por su potencial para la eliminación de metales pesados presentes en efluentes industriales.

En este trabajo se ha analizado la eliminación de níquel de medios acuosos mediante biosorción en columna de lecho fijo, utilizando cáscara de piña como sólido biosorbente. La retención de metales en una columna de lecho fijo depende, entre otros factores, de la cantidad de sólido sorbente utilizada, o lo que es lo mismo, de la altura de relleno con la que trabaja la columna. Por ello, se ha estudiado el efecto de la altura de relleno utilizada en el proceso de retención y se ha utilizado el modelo Bed Depth Service Time (BDST), para el ajuste de los datos experimentales. Este modelo es comúnmente utilizado para el estudio del escalado del proceso de biosorción, ya que puede predecir el comportamiento de la columna cuando se modifican las condiciones de operación.

## **Materiales y métodos**

La cáscara de piña ha sido suministrada por la empresa Carsan Biocombustibles, S.L. situada en Padul, Granada. El sólido original posee un tamaño de partícula inferior a 10 mm y un contenido en humedad inferior al 10 %. En este trabajo, el sólido se muele en un molino de cuchillas y se tamiza seleccionando un tamaño de partícula <1,00 mm.

La instalación utilizada está formada por un tanque de 10 l de capacidad, una bomba peristáltica, una columna de relleno encamisada de 23 cm de altura y 1,5 cm de diámetro interno, un baño termostatzado y un pH-metro. Los experimentos se han realizado introduciendo en el tanque el volumen necesario de disolución de Ni<sup>2+</sup> previamente preparada y a la que se le ha ajustado el pH al valor deseado. Posteriormente, la columna se rellena con una cantidad de biosorbente y se pone en marcha el baño termostatzado. Una vez fijado el caudal de alimentación, se introduce la disolución en la columna en sentido ascendente. Las muestras se recogen por la parte superior de la columna, se centrifugan y se filtran para eliminar el sólido que pudieran haber arrastrado.

La determinación del contenido en níquel se ha realizado mediante espectrofotometría de absorción atómica, usando un espectrofotómetro modelo AAnalyst 200 de Perkin-Elmer. Todas las mediciones se han hecho por triplicado obteniéndose un valor medio.

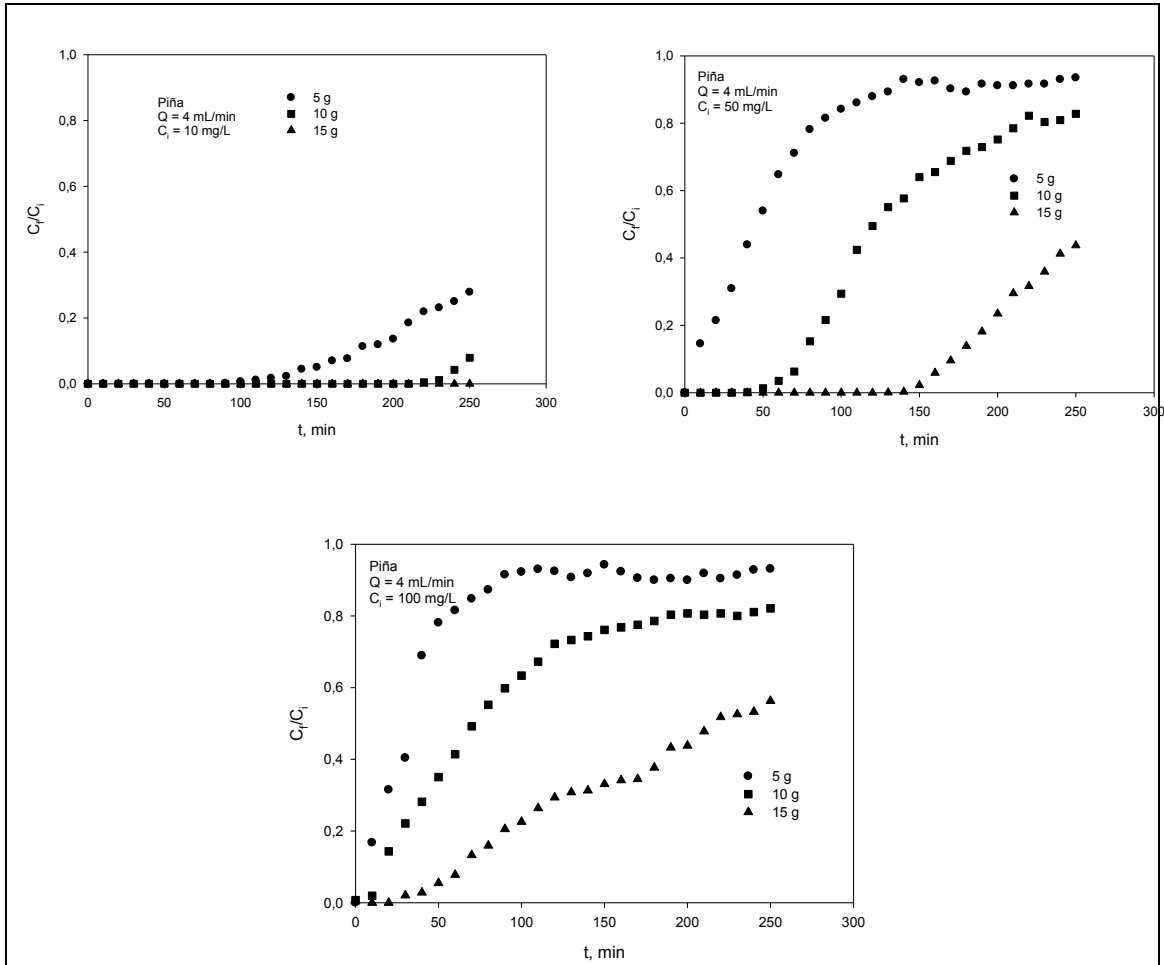
## **Resultados y discusión**

Par analizar el efecto que la cantidad de biosorbente (altura de relleno) tiene en el proceso de biosorción de Ni (II) con cáscara de piña, se han realizado experimentos con tres cantidades de sólido, equivalentes a tres alturas de relleno, 5 g (7,5 cm), 10 g (15 cm) y 15 g (22,5 cm). En este trabajo, se ha seleccionado un caudal de 4 mL/min y tres concentraciones iniciales de Ni (II), 10 mg/L, 50 mg/L y 100 mg/L. Los resultados se muestran en la Figura 1.

Para las tres concentraciones utilizadas, a medida que aumenta la altura de lecho se incrementa la cantidad de níquel retirada, lo que también se pone de manifiesto si se observa la variación en el tiempo de ruptura (tiempo necesario para que se alcance una determinada concentración de metal en el efluente, C, generalmente relacionada con el límite de vertido permitido), ya que, para una concentración inicial de 50 mg/L y una concentración del efluente de 1,5 mg/L, el tiempo varía aproximadamente de 5 min a 155 min cuando la altura de relleno aumenta de 7,5 cm (5 g) a 22,5 cm (15 g). De forma

similar, también se observa que el tiempo necesario para alcanzar la saturación de la columna es mayor a medida que aumenta la altura de relleno, necesiándose en muchos casos un tiempo superior a los 250 minutos empleados.

Estos resultados son similares a los encontrados por otros investigadores, estudiando el proceso de biosorción de Ni con diferentes sólidos sorbentes (Vijayaraghavan et al. 2004; Futalan et al. 2011).



**Figura 1:** Efecto de la altura de relleno en la biosorción de Ni (II) con cáscara de piña para tres concentraciones iniciales de metal

El modelo BDST predice la relación entre la altura de relleno,  $Z$ , y el tiempo de servicio ó ruptura,  $t_r$ , para una columna de lecho fijo. El desarrollo original de este modelo fue llevado a cabo por Bohart & Adams en 1920, para la adsorción de clorina en carbón activo, y por Thomas en 1944, estudiando la adsorción de iones mediante zeolitas. Este modelo se basa en admitir que la difusión intraparticulada y la transferencia de materia externa son despreciables, y que la cinética del proceso está controlada por la reacción química superficial entre el soluto y el adsorbente. A partir del estudio realizado por estos investigadores, Hutchins (1973) propone la siguiente relación lineal (conocida como Bed Depth Service Time) entre la altura de relleno y el tiempo de ruptura,

$$t_r = \frac{N_0}{C_i v} Z - \frac{1}{K_a C_i} \ln\left(\frac{C_i}{C} - 1\right)$$

Donde  $N_0$  es la capacidad de sorción máxima del lecho, mg/L;  $v$  es la velocidad lineal, cm/min,  $K_a$  es la constante de velocidad, L/mg·min,  $C_i$  es la concentración inicial de metal, mg/L,  $C$  es la concentración de metal en el punto de ruptura, mg/L y  $Z$  la altura de relleno, cm. Por tanto, de acuerdo con la ecuación, si se representa el tiempo frente a la altura de relleno, de la pendiente y la ordenada en el origen se pueden obtener los valores de  $N_0$  y  $K_a$ .

A partir de los resultados obtenidos para una concentración inicial de níquel de 50 mg/L, se ha relacionado el tiempo de servicio o ruptura con la altura de relleno mediante el modelo BDST y se han obtenido los parámetros del modelo. Los resultados obtenidos indican que el modelo BDST reproduce de forma aceptable los datos experimentales ( $r^2 = 0,977$ ), obteniéndose un valor de la capacidad de sorción del lecho,  $N_0=1130$  mg/L, y de la constante de velocidad,  $K_a=9,068 \cdot 10^{-4}$  L/mg·min.

Sustituyendo los valores de estos parámetros en la ecuación del modelo, se obtiene la siguiente expresión,

$$t_r = \frac{1130Z}{C_i v} - \frac{1}{9,068 \cdot 10^{-4} C_i} \ln\left(\frac{C_i}{C} - 1\right)$$

Esta ecuación, se puede utilizar para predecir el comportamiento del sistema con otros caudales y otras concentraciones iniciales de metal, sin necesidad de realizar experimentación adicional.

## Conclusiones

La altura de relleno utilizada en una columna de lecho fijo para la biosorción de níquel con cáscara de piña, influye de forma importante en el comportamiento dinámico del proceso. Así, a medida que aumenta la masa de biosorbente (o altura de relleno equivalente), se incrementa la cantidad de níquel retirada, lo que también se pone de manifiesto si se observa la variación en el tiempo de ruptura, ya que, para una concentración inicial de 50 mg/L, el tiempo varía aproximadamente de 5 min a 155 min cuando la altura de relleno aumenta de 7,5 cm (5 g) a 22,5 cm (15 g). Igualmente, el tiempo necesario para alcanzar la saturación de la columna es mayor a medida que aumenta la altura de relleno. El modelo BDST reproduce de forma aceptable los datos experimentales, obteniéndose un valor de la capacidad de sorción del lecho,  $N_0=1130$  mg/L, y de la constante de velocidad,  $K_a=9,068 \cdot 10^{-4}$  L/mg·min.

## Referencias

- Bohart, G. S. & Adams, E. Q. (1920). Some aspects of the behaviour of the charcoal with respect chlorine. *J. Am. Chem. Soc.* 42, 523.
- Futalan, C.M., Kan, C., Dalida, M.L.P., Pascua, C., Hsien, K-J. & Wan, M-W. (2011). Nickel removal from aqueous solution in fixed bed using chitosan-coated bentonite. *Sustain. Environ. Res.* 21(6), 361-367.
- Hutchins, R.A. (1973). New method simplifies design of activated-carbon systems, *Chem. Eng.* 80 (19), 133-138.
- Thomas, H. C. (1944). Heterogeneous ion exchange in a flowing system. *J. Am. Chem. Soc.* 66, 1664.
- Vijayaraghavan, K., Jegan, J., Palanivelu, K. & Velan, M. (2004). Removal of nickel(II) ions from aqueous solution using crab shell particles in a packed bed up-flow column. *J. Hazard. Mater.* 113(1-3), 223-230.