

## REMOCIÓN DE COBRE MEDIANTE HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL HORIZONTAL

Hidalgo, Natalia<sup>a</sup>; Cañari, Luis<sup>a</sup>; Rosa, Melisa<sup>b</sup>; Cano, Ester<sup>a</sup>

a. Instituto de Investigaciones Mineras, FI, UNSJ, Av. Libertador Oeste 1109, J5400ARL San Juan, Argentina

b. Instituto de Ciencias Básicas, FI, UNSJ, Av. Libertador Oeste 1109, J5400ARL San Juan, Argentina

c.



### RESUMEN

Un humedal es una zona inundada por agua superficial o subterránea, con una frecuencia, duración y profundidad capaz de mantener la vegetación adaptada a sustratos saturados y condiciones de estrés. En este sentido, los humedales artificiales son específicamente diseñados para tratar las aguas residuales y/o remoción de metales pesados. Esta técnica como parte de la biorremediación, ofrece beneficios ambientales como mejoramiento de la calidad ambiental, paisaje, creación de nichos ecológicos y zonas de amortiguamiento climáticas. Además, resultan económicamente más ventajosos que los sistemas de tratamiento de aguas residuales convencionales. Para el diseño del humedal se tuvieron en cuenta, el lecho poroso con diferentes granulometrías a las cuales previamente se les midió la porosidad. Luego se realizó una selección y periodo de adaptación de la especie vegetal seleccionada. Se procedió al cálculo del tiempo de retención hidráulica (TRH) y área superficial (A) como parte necesaria del dimensionamiento. Por último, se procedió a realizar una cinética y posterior cálculo de la eficiencia de remoción de cobre en porcentaje (%). El resultado promedio obtenido fue de un 80 % de remoción del metal alcanzado antes de las 48 horas en función de las dimensiones del humedal.

### OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo fue diseñar un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal para remoción de soluciones sintéticas de cobre. Para el armado del humedal se utilizó grava gruesa y fina y la especie vegetal seleccionada fue del género *Zephyranthes* de la familia *maryllidaceae*.

### METODOLOGÍA

El humedal consta de un recipiente de vidrio rectangular completamente sellado de 17 cm de largo y 31 cm de ancho, con un volumen de 9,8 litros aproximadamente. Se colocaron en ambos extremos del humedal llaves de paso para permitir la entrada y salida de solución de cobre (ver Figura 1).

El diseño y construcción del humedal consta de varias etapas como se puede ver a continuación:

#### A- Determinación del lecho del humedal y medición de la porosidad de la grava gruesa y fina

La grava fina utilizada fue de un tamaño entre 3-35 mm, mientras la grava gruesa fue de 33-128 mm. Para la medición de porosidad de las gravas: el método utilizado según la norma NLT-153/63- Método para la determinación del peso específico y la absorción de los áridos grueso.

#### B- Selección y periodo de adaptación de la especie vegetal

Se realizó por su fácil crecimiento en suelos con abundante agua o en maceta con drenaje reducido. Se propaga por bulbos, propicio en procesos de fitorremediación. El período de adaptación se realizó alimentando con agua potable durante un mes y se hizo circular la solución de cobre varias veces para evitar la mínima dilución del metal. Para ello, se comprobó tomando muestras del humedal y enviando al Laboratorio Químico del IIM (Instituto de Investigaciones Mineras) para verificar la concentración inicial de 200 ppm (Ver Figura 1).

#### C- Cálculo del tiempo de retención hidráulica (TRH) y el área superficial (As)

$$THR = n \cdot L \cdot W \cdot d / Q \quad As = L \cdot W$$

Dónde:

TRH = tiempo de retención hidráulica (d)  
n = porosidad efectiva (%)  
L = longitud (m)  
W = ancho (m)  
d = promedio de profundidad del agua (m)  
Q = caudal promedio (m<sup>3</sup>/d)

#### D- Cinética de remoción de cobre

Se utilizó sulfato de cobre pentahidratado como solución sintética, preparada a una concentración de 200 ppm. Al finalizar la fase de adaptación se descargó por completo la solución metálica al humedal. Se tomaron muestras a los tiempos (ver Figura 3): 8 (THR) horas al tiempo de retención calculado, 24, 48, 72 y 144 horas. Las muestras se filtraron y se enviaron a analizar por espectroscopia de absorción atómica (Equipo: PerkinElmer PinAAcle 900 T) en el Laboratorio Químico del IIM-FI-UNSJ.

Caudal estático: 0.875 l/h. y VL : 6.5 litros del total.

#### E- Cálculo de porcentaje de remoción de cobre (%):

$$E = (C_i - C_f / C_i) \times 100$$

Donde:

E= eficiencia de remoción de cobre (%)  
C<sub>i</sub>= concentración inicial de solución de cobre a la entrada del  
C<sub>f</sub>= concentración final de solución de cobre a la salida del humedal

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A- Porosidad de las grava :

Grava gruesa: 1.42 %

Grava fina: 2.87 %

B- Género de la especie : *Iris pseudacorus* (Ver Figura 2).



Figura 1. Imágenes del humedal construido.

### REFERENCIAS

-W. A. Llagas Chafloque, E. G. Gómez. A design of an artificial marsh for treating waste water in the UNMSM. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 15, N° 17, 85-96. UNMS MISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico), 2006.

-J. C. Bedoya Pérez., A. N. Ardila Arias y J. Reyes Calle. Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial en el tratamiento de las aguas residuales generadas en la institución universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Colombia. Rev. Int. Contam. Ambi: 30 (3) 275-283, 2014.



Figura 2. Especie vegetal seleccionada *Iris pseudacorus*.



C- Valores obtenidos del tiempo de retención hidráulica (TRH) y el área superficial (As):

-TRH= 8 horas

- As= 527 cm<sup>2</sup>



Figura 3. Toma de muestra.

D- Resultados de remoción de la solución de cobre:

Tabla 1- Porcentaje de remoción de cobre a diferentes tiempos

Tiempo en Horas (hr)	C <sub>f</sub> (ppm)	Remoción de Cu en (%)
8	67,68	60,16
24	45	78
48	30,17	84,91
72	29,45	85,27
144	27	86

La especie seleccionada *Iris pseudacorus* demostró tener una buena adaptación al lecho formado solo por grava (ausencia de tierra) y también a las condiciones ambientales externas (humedad aproximada del 37% y temperaturas invernales de entre 10 a 19°C). El lecho solo formado por grava gruesa y fina demostró en este trabajo ser eficaz en cuanto al crecimiento y sostén de la planta. Los medios filtrantes deben ser inertes y poseer condiciones que no aporten nutrientes, color o cambios en los parámetros fisicoquímicos de las aguas tratadas.

Como resultado de la cinética de remoción de cobre, se obtuvo en el humedal a las 8 horas de contacto (tiempo de retención calculado) un valor del 60 %, incrementándose este valor a las 24 y a las 48 horas y estabilizándose ese valor en los siguientes tiempos. En este caso, se obtuvo valores de remoción promedio del 80%. Las causas pueden ser diversas, entre ellas es que los humedales funcionan interactuando en forma conjunta en la captación del metal, tanto la planta, la grava, los microorganismos y no menor las condiciones ambientales que favorecen la degradación del metal. Esta remoción en la bibliografía se traduce como remoción tanto física, química y biológica. Los valores obtenidos son comparables a los consultados en bibliografía donde obtuvieron un tiempo de retención de 13 horas para un área de humedal de 0.651 m<sup>2</sup>.

### CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que es posible implementar la tecnología de humedales artificiales subsuperficiales horizontales para el tratamiento de aguas contaminadas con cobre, de forma económica y ambientalmente responsable. Este estudio proporciona datos valiosos sobre el diseño preliminar de un humedal artificial y el género de plantas ideales que se pueden considerar para remediar aguas contaminadas.

Los objetivos de futuros trabajos es el diseño de otro tipo de humedal, con el uso de otras especies de plantas.