

TECNOLOGÍAS DE HUMEDALES CONSTRUIDOS PARA TRATAMIENTO DE EFLUENTE LÍQUIDO RESIDUAL EN LA INDUSTRIA GRÁFICA

Molina Gómez, Mariana ⁽¹⁾ - Agüero, Claudio ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Grupo de Actividades Interdisciplinarias Ambientales (GAIA), UTN – FRLR)

e-mail: molinagomezmariana@gmail.com

Resumen: El agua es un recurso hídrico necesario para el desarrollo económico de una comunidad y para las actividades diarias de los seres humanos, pero más allá de ser un derecho, es una responsabilidad con valor económico, social y ambiental. Tanto las empresas como los habitantes de cada ciudad deben tomar conciencia que el agua de calidad, es un recurso natural cada vez más escaso tanto superficial como subterráneo (Madrimasd, 2006).

El agua globalmente es un recurso escaso, pero en la provincia de La Rioja y especialmente en la Ciudad de La Rioja, es un recurso crítico.

El reciclaje y el reúso del agua en la industria representan una oportunidad de conservar el recurso hídrico y proteger el ambiente.

Un tratamiento eficaz de las aguas residuales industriales puede ser una vía para su potencial reúso, principalmente para la Rioja y su problema de escasez.

La organización en estudio, cuenta con un sistema de tratamiento primario físico de sedimentación y homogeneización del efluente en tanques de compensación. Posteriormente, se trasvasa el líquido a un tanque reactor donde se lleva a cabo el tratamiento químico del efluente, con el cual se observa aumento de la conductividad eléctrica y sodio debido al uso de sales de aluminio. Este último proceso es discontinuo (se realiza en forma de Bach cada 5300 litros acumulados). Finalmente, se genera un proceso de adsorción en carbón activado granular (nuevamente de modo Bach). Como última etapa del proceso, se realiza la descarga, por aspersión, en terreno absorbente del efluente tratado, advirtiendo disminución de la cobertura vegetal.

Se propone una mejora en el sistema de tratamiento actual de la empresa, a partir del reemplazo de la etapa de filtración con carbón activado, por una etapa de tratamiento en un humedal construido para la disminución de la conductividad eléctrica y el sodio.

Se espera que, con un efectivo tratamiento, el reciclaje y el reúso del agua en la industria, represente una oportunidad de minimizar el consumo del recurso hídrico y proteger el ambiente, previniendo la contaminación de acuíferos y la degradación del suelo cuando la descarga se hace sobre terreno absorbente.

Palabras Claves: Efluente líquido industrial, Reúso, Humedales Construidos

Introducción

En la ciudad de La Rioja, el agua es un recurso natural escaso y dentro del ciclo de vida de los productos fabricados en el parque industrial de esta ciudad, uno de los desechos generados en los procesos productivos es el efluente líquido.

Un tratamiento eficaz de las aguas residuales industriales puede ser una vía para su potencial reúso, transformándose en una alternativa para mitigar la escasez de agua en la ciudad de La Rioja.

De aquí surge la importancia de realizar un tratamiento a los efluentes líquidos industriales aplicando diversos métodos con la finalidad de devolver al medio el agua utilizada en los procesos industriales y que las mismas estén en condiciones óptimas a la hora de su descarga (Zaldumbide y Barrera, 2009).

La tinta que utiliza la empresa en estudio es una mezcla homogénea de materia colorante, resinas y aditivos y tiene como objetivo reproducir una imagen (márgenes, rayas y cuadros) sobre un soporte (papel) mediante un proceso de impresión. El efluente se origina a partir de las operaciones de lavado de los rodillos y las cubas de la maquinaria.

Los humedales de tratamiento, son sistemas diseñados y construidos por el hombre para eliminar contaminantes del agua, utilizando los procesos físicos, químicos y biológicos, que ocurren en los humedales naturales, constituyendo una opción natural e innovadora que subsana las limitaciones tecnológicas actuales y se enmarcan en una tendencia a centrarse en los procesos naturales (Stefanakis, 2019, Wu et al., 2018). Como material y método filtrante en el humedal, se coloca un sustrato que se ubica en el lecho de éste, el cual sirve para el desarrollo del ecosistema y como soporte de las plantas que se usarán en el proceso. Respecto a la vegetación que se emplea, ésta contribuye a la oxigenación del sustrato y a la eliminación de nutrientes.

El objetivo de este trabajo es elaborar una propuesta alternativa de tratamiento del efluente industrial actual, mejorando la calidad del mismo para su reutilización.

Materiales y métodos

No se han encontrado antecedentes de la reutilización para riego de los efluentes líquidos industriales en la provincia de la Rioja, como así tampoco la aplicación de humedales construidos. No obstante, para su estudio, se hace necesario conocer la calidad del efluente que se ha tratado y el cual se reusará. Para ello se analizaron las características del efluente que ingresa a la planta de tratamiento, teniendo en cuenta los límites para vuelco en terreno absorbente, en los parámetros Conductividad y Relación de Adsorción de Sodio (RAS). Dado que, dentro de los parámetros para vuelco exigidos por el Decreto 733/93 de la provincia de La Rioja no se contemplan los valores límites para el RAS y la Conductividad Eléctrica, se complementa con lo determinado en el Decreto 847/16 de la provincia de Córdoba, donde se establece un valor menor o igual a 3 para RAS y menor o igual a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la Conductividad.

De una muestra tomada in situ, se procedió a medir la conductividad eléctrica y a calcular el RAS, determinando las concentraciones de calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), Bicarbonatos (HCO_3^-) y sodio (Na^+).

A su vez, se determinó el tipo de humedal a construir, concluyendo que la mejor opción, es la utilización de un humedal de flujo subsuperficial horizontal (HFSSH), debido a que éste, otorga un mejor contacto entre el agua residual y el sustrato y con ello una mayor velocidad de depuración y menores tiempos de retención, además presenta una mayor sencillez operativa y menores costos vinculados (Wu et al., 2018), ya que la empresa posee cañerías subterráneas para el vuelco del efluente tratado.

Resultados y discusión

Se midió conductividad eléctrica a la salida del filtrado con carbón activado, la cual arrojó un resultado de 3025 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Para el cálculo del RAS, se aplicó la fórmula del Laboratorio de salinidad de RIVERSIDE (1996) de Estados Unidos:

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}}{\sqrt{\frac{(\text{Ca} + \text{Mg})}{2}}}$$

Donde:

RAS= Relación de adsorción de sodio (adimensional)

Na= Concentración de sodio en agua (meq/l)

Ca= Concentración de calcio en agua (meq/l)

Mg= Concentración de magnesio en agua (meq/l)

Los resultados de los análisis efectuados arrojaron los siguientes datos:

Na= 19,19 meq/l

Ca= 33,08 meq/l

Mg= 6,27 meq/l

Sustituyendo en la fórmula, los valores conseguidos, la RAS fue el siguiente:

$$\text{RAS} = 4,32$$

En virtud de este valor de RAS hallado y de acuerdo con la clasificación del Laboratorio de salinidad de RIVERSIDE de Estados Unidos (1996), el agua tratada presenta una la peligrosidad sódica baja (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación de la peligrosidad de sodificación del suelo por agua de riego. Adaptado de Riverside, EEUU

CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD DE SODIFICACION DEL SUELO POR EL AGUA DE RIEGO (RIVERSIDE)			
CLASES	PELIGRO DE SODIFICACION	RAS	RESTRICCIONES DE USO
S1	Baja peligrosidad sódica	0 a 10	Apta
S2	Mediana peligrosidad sódica	10 a 18	Apta con precauciones
S3	Alta peligrosidad sódica	18 a 26	Apta con precauciones
S4	Muy Alta peligrosidad sódica	> 26	No Apta

En 1987, la FAO demostró que el índice RAS se encontraba sobrestimado por lo que propuso calcular la Relación de adsorción de sodio corregido (RAS^0), haciendo una corrección al valor del calcio (Ca^0) introducido en la fórmula.

Para el cálculo del RAS ajustado, se determinaron los valores de la concentración de bicarbonatos presentes en el agua tratada: 11,14 meq/l usando la fórmula: HCO_3/Ca , con un resultado de 5,20 meq/l.

Se reemplazaron los valores en la fórmula inicial y el resultado obtenido para el RAS corregido fue el siguiente: 8,03, mediana peligrosidad sódica (Tabla 2).

Tabla 2: Clasificación de la peligrosidad de sodificación del suelo por agua de riego. Adaptado de la FAO, revisión 1987

CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD DE SODIFICACION DEL SUELO POR EL AGUA DE RIEGO (FAO)			
CLASES	PELIGRO DE SODIFICACION	RAS	RESTRICCIONES DE USO
S1	Baja peligrosidad sódica	< 3	Apta
S2	Mediana peligrosidad sódica	3 a 9	Apta con precauciones
S3	Alta peligrosidad sódica	> 9	No Apta

En referencia a la construcción del humedal, se propone ejecutar la instalación en el área actualmente utilizada como terreno absorbente (500 m² aproximadamente), debido a que su estado ha sido modificado producto de la alta salinidad del efluente, con lo cual se brindaría un nuevo uso (Imagen 1).



Imagen 1: Ubicación geográfica del proyecto de Humedal Construido

Con el objeto de evitar la contaminación de las napas freáticas y las fugas que puedan perjudicar al diseño y operación del mismo, se procederá a impermeabilizar el fondo y los taludes de éste.

García y Corzo (2008), citan que, en el caso de impermeabilización con arcilla, las capas de este material se deben disponer hasta alcanzar un espesor normalmente de 3 cm, instalando primeramente una capa de cal (entre 2 y 4 cm) para separar el terreno natural de la capa de arcilla. Posterior a ello, se colocan las capas de arcilla de 5 a 6 cm de espesor, las cuales deben mantenerse húmedas todo el tiempo, e ir compactando a medida que se van colocando.



Figura 2: Diagrama Humedal de Flujo Subsuperficial. Fuente

El sustrato a emplearse será grava local, con diámetro entre 10 y 15 mm

En cuanto a la vegetación, se propone el uso de *Vetiveria zizanioides*, conocida como resistente ante condiciones de salinidad eminentes (Lianga et al., 2016). Se planea que la profundidad de las unidades sea entre 0,4 y

0,7 m, considerando el tamaño de la estructura radicular de la macrófita seleccionada (Figura 2).

Se considera conveniente realizar un análisis de desempeño del *Vetiveria* mediante la construcción de un humedal piloto, donde se evaluará su resistencia a las condiciones climáticas y a la elevada conductividad, como así también su capacidad de remoción de la materia orgánica y metales que pudiese haber en el efluente.

Siguiendo las recomendaciones del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (CNA, 2007), se realizará la siembra con una distancia de separación de un metro.

Para el cálculo de la superficie necesaria, se utilizará la temperatura mínima media de la región: 13°C, según datos del Servicio Meteorológico Nacional, de esta manera, se dimensionará el sistema para funcionar bajo condiciones menos favorables.

Conclusiones

El reciclaje y tratamiento apropiado de las aguas residuales industriales juega un papel importante en la provincia de la Rioja, previniendo la contaminación de acuíferos cuando la descarga se hace sobre terreno absorbente y proporcionando un uso y manejo sustentable del recurso hídrico.

Altos niveles de RAS podrían resultar en un daño de la estructura del suelo y en problemas de infiltración de agua. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire (Sela, s.f.).

Por otra parte, Ayers y Westcot (1985) establecieron en la guía de interpretación de calidad de agua de riego de la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), que el riego con agua de conductividad mayor a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ posee un grado severo de restricción de uso, por lo cual se hace necesaria la adopción de medidas correctivas.

Así mismo, una de las ventajas del cambio propuesto en el actual sistema de tratamiento, está basado en la eliminación de la necesidad de recambio del filtro de carbón activado, una vez agotada su vida útil, lo que implica una reducción de costos operativos a largo plazo. Por otra parte, las cañerías de conducción utilizadas para llevar el efluente a los aspersores, serían aprovechadas, en esta propuesta, para realizar la alimentación de los humedales.

Cabe mencionar que, el humedal construido, una vez que se encuentre en normal funcionamiento, aportaría un valor paisajístico que hoy no posee la actual etapa final de descarga en terreno absorbente.

Bibliografía

- Ayers, R. y Westcot, D., (1985). Water quality for agriculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <https://www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm>
- Comisión Nacional del Agua, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (CNA): Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Humedales Artificiales. Vol. 30.
- Decreto N° 773/93. Marco Regulatorio de las descargas de efluentes líquidos industriales. Reglamentario de la Ley Provincial N° 4741 Preservación del Medio Ambiente, La Rioja, Argentina, 23 de abril de 1993.
- Decreto N° 847/16. Reglamentación de estándares y normas sobre vertidos para la preservación del recurso hídrico provincial. Córdoba, Argentina, 13 de julio de 2016. Recuperado de <http://boletinoficial.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2016/07/847-dec.pdf>
- García Serrano J. y Corzo Hernández A. (2008). Depuración con Humedales Construidos. Guía Práctica de Diseño, Construcción y Explotación de Sistemas de Humedales de Flujo Subsuperficial.
- Liang, X., Zhua, H., Banuelos, G., Yana, B., Zhoua, Q., Yua, X., Cheng, X. (2016). Constructed wetlands for saline wastewater treatment. *Ecological Engineering*.
- Madrimasd. (2006). tratamientos avanzados de aguas residuales industriales (p. 7, 15, 20-28). Madrid. Recuperado de: https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf
- Salinity and Agriculture. USSL-USDA. 1996. -Normas de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/156/5/03%20REC%2068%20Anexo%206%20Normas%20Riverside.pdf>
- Sela, G., (Sin fecha). La calidad del agua de riego. Recuperado de <http://www.smart-fertilizer.com/es/articles/irrigation-water-quality>
- Stefanakis, A.I., Bardiau, M., Trajano, D., Couceiro, F., Williams, J.B., y Taylor, H. (2019). Presence of bacteria and bacteriophages in full-scale trickling filters and an aerated constructed wetland. *Science of the Total Environment*, 659, 1135-1145.
- Wu, S., Lyu, T., Zhao, Y., Vymazal, J., Arias, C., Brix, H., (2018). Rethinking intensification of constructed wetlands as a green eco-technology for wastewater treatment. *Environ.Sci. Technol.* 52(4), 1693–1694.
- Zaldumbide Ortiz, F. y Barrera Díaz, C. (2009). Remoción de Color en Aguas Contaminadas con tintas, pretratado electroquímicamente mediante Ozono en medio alcalino. Quivera. *Revista de Estudios Territoriales*, 11 (1), pág. 3. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40113194005>. ISSN 1405-8626.