

## **PROPUESTA DE NUEVA TECNOLOGÍA PARA LA REMOCIÓN RESIDUAL EN EL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

*David Valdés\* y Alexander Vivar*

*Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3 ½, C.P. 19 200, La Habana, Cuba.*

*E-mail: david@iiaa.edu.cu*

*Recibido: 16-07-2020 / Revisado: 24-07-2020 / Aceptado: 30-07-2020 / Publicado: 31-07-2020*

### **RESUMEN**

El agua apta para el consumo humano es una fuente agotable debido a su incorrecto aprovechamiento, al constante crecimiento demográfico y la contaminación de las fuentes de abasto, entre otros factores. La industria procesadora de alimentos es una de las más contaminantes de las fuentes receptoras donde se depositan los residuales líquidos. Los procesos cárnicos son uno de los más influyentes en el deterioro medioambiental por la agresividad de sus residuales. Por este motivo este estudio propone un cambio tecnológico que mejore la calidad del efluente generado en la remoción residual, sustituyendo la Planta de Tratamiento Residual Convencional (PTRc) por un biorreactor de membrana (BRM), en el Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.

**Palabras clave:** residuales, efluente, biorreactor de membrana.

### **ABSTRACT**

#### **Proposal for a new technology for residual removal for the Food Industry Research Institute**

Water fit for human consumption is an exhaustible source due to its incorrect use, constant population growth and contamination of supply sources, among other factors. The food processing industry is one of the most polluting of the receiving sources where liquid residues are deposited. Meat processes are one of the most influential in environmental deterioration due to the aggressiveness of its residuals. For this reason, this study proposes a technological change that improves the quality of the effluent generated in the residual removal, replacing the Conventional Residual Treatment Plant (PTRc) with a membrane bioreactor (BRM), at the Research Institute for the Food Industry.

**Keywords:** residuals, effluent, membrane bioreactor.

### **INTRODUCCIÓN**

La contaminación del agua superficial y subterránea está alcanzando una disminución considerable en su disponibilidad, de manera segura, para el consumo y desarrollo de las actividades del ser humano. Los temas medioambientales son un aspecto cada vez más importante en las decisiones empresariales, a medida que se incrementa la preocupación general por la degradación del medio natural. Se considera que la empresa, como parte importante y vital de la actividad humana, puede desempeñar un papel fundamental para intentar reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente.

---

*\*David Valdés-Reus: Licenciado en Ciencias Alimentarias (IFAL, UH, 2012). Diplomados en Gestión Ambiental Empresarial e Higiene de los Alimentos. Principales líneas de investigación: aguas industriales y medio ambiente.*

Se necesita de un sistema de tratamiento de residuales que permita disminuir la carga orgánica y darle un uso futuro al efluente obtenido. Teniendo en cuenta la baja disponibilidad, calidad y elevados volúmenes de agua que se requieren para el procesamiento de alimentos en la industria. Prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el vertimiento inadecuado de residuales líquidos, es una tarea de prioridad. Con énfasis en las prácticas de Producción más Limpia y el uso eficiente de recursos. Dando prioridad e incrementando el reúso y tratamiento de efluentes. Esto constituye un objetivo específico en la lucha contra la contaminación que responde a la política económica y social del país (1).

Existen normas que regulan la disposición con la que se debe tratar el agua potable y los residuales para su vertimiento y otros aspectos de interés medioambientales (2-4).

La planta de tratamiento residual convencional (PTRc), perteneciente al Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia (IIIA) fue construida en la década de los 70. Por su tiempo de explotación y la sobredimensión con que cuenta dicha planta en la actualidad, contribuye a un ineficiente tratamiento de los residuales generados en la industria. Esto genera efluentes con valores que no están en correspondencia con lo estipulado en las normas, lo que contribuye al deterioro medioambiental del cuerpo receptor en el que se depone el efluente «tratado» por la PTRc. Para mitigar este impacto medioambiental se propone como objetivo de este trabajo la sustitución tecnológica de la

PTRc por un biorreactor de membranas BRM. Este sistema ofrece una remoción residual más eficiente con posibilidades de reúso del efluente y lodo obtenidos, en labores agrícolas e industriales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para alcanzar el objetivo del estudio se realizó una caracterización del residual a tratar, teniendo en consideración todos los parámetros que se realizan para este trabajo (5). La Tabla 1 muestra los diferentes parámetros y métodos que se evaluaron del afluente.

La PTRc presenta una línea de tratamiento que comprende un sistema de lodos activados convencional. Cuenta con un reactor de 125 m<sup>3</sup> de capacidad efectiva, equipado con un aireador de alta velocidad de 15 kW de potencia, capaz de suministrar 2,2 kg de O<sub>2</sub>/kW-h, garantizando la oxidación del proceso. Un sedimentador secundario rectangular de 12,5 m de largo; 2,6 m de ancho y 3 m de profundidad promedio, esto ofrece un área superficial de 37 m<sup>2</sup> y un volumen efectivo de 110, 6 m<sup>3</sup>. Raspadores de fondo de 0,5 m/min y una potencia de 0,25 kW. Por último, presenta una bomba sumergible de 57 m<sup>3</sup>/h de capacidad máxima, con la doble función de recircular los lodos biológicos al reactor y extraer los excesos de lodo del sistema.

Se realizó un análisis de las ventajas que ofrece la tecnología de BRM frente a otros tratamientos convencionales.

**Tabla 1. Parámetros, métodos y equipos utilizados para la caracterización del afluente**

Parámetro	Método	Equipo
pH	4500-H+B. Método electrométrico	Medidor de pH
Temperatura (°C)		Termómetro
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Método de los 5 d a 20 °C	Incubadora Oxitop Box
DQO (mg/L)	Método del reflujó cerrado colorimétrico.	Digestor CR 3200 y Espectrofotómetro UV Génesis 10
SST (mg/L)	Método gravimétrico de 103 a 105 °C	Estufa Heraeus
SSF (mg/L)	Método gravimétrico a 550 °C	Mufla Thermo Scientific
SSV (mg/L)	Método gravimétrico de 103 a 105 °C	Cálculo
NTK (mg/L)	Método macro- Kjeldhal.	“
N <sub>org</sub> (mg/L)	Método macro- Kjeldhal.	“
PT (mg/L)	Método de cloruro estannoso.	“

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El BRM es un sistema de tratamiento muy compacto por su eficiencia de hasta 95 % y por la poca área que ocupa (12 m de largo x 3 de ancho), es ideal para sectores donde el terreno tiene un precio considerable o donde una planta de tratamiento de mayores dimensiones puede desvalorizar la propiedad. Este tratamiento combina un proceso de depuración biológica con una filtración por membrana, con tamaño de poro (0,04  $\mu\text{m}$ ). Retiene prácticamente la totalidad de los sólidos en suspensión y la biomasa, logrando de esta manera un efluente de gran calidad. Una de las ventajas que proporciona esta tecnología está la de contener dentro del sistema la totalidad de la biomasa. También cuenta con un eficiente control de la edad del lodo y realiza la desinfección del efluente sin necesidad de requerir de un tipo de tratamiento terciario. Presenta tasas volumétricas de carga que permiten cortos periodos de tiempo de retención hidráulica (TRH) en el reactor y más tiempo de retención de sólidos (TRS). Esta condición genera mayor producción de lodos. A bajo TRS permite concentraciones donde se logra la nitrificación y en caso contrario, se obtiene la denitrificación. Ambos procesos son fundamentales en la remoción de carga orgánica en el afluente, proveniente del proceso industrial. Se logran efluentes de alta calidad en términos de baja turbidez, bacterias, sólidos suspendidos totales (SST) y demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Se logra un mejor aprovechamiento del espacio necesario para el tratamiento de aguas residuales. En este estudio se analizaron diferentes reusos del efluente obtenido a partir de la remoción con el BRM.

Luego de analizar las características de ambas tecnologías se concluyó que la mayor ventaja potencial del BRM está en el campo de la reutilización. Esto se debe, sin duda, a la filtración por membrana, en la medida de poro de la membrana de ultrafiltración (0,04  $\mu\text{m}$ ), capaz de retener las bacterias, algunos virus y componentes orgánicos e inorgánicos que frecuentemente son encontrados en los efluentes de los tratamientos biológicos convencionales. Por tanto, dependiendo de su uso, el efluente de BRM puede ser adecuado para la reutilización directa o como agua de suministro para un proceso de ósmosis inversa (6). De forma genérica, los BRM pueden ser definidos como sistemas en los que se integra la degradación biológica de los efluentes, con la filtración de membranas (7). La Tabla 2 permite valorar la calidad de depuración que brinda el BRM en comparación con otros sistemas de remoción residual convencionales. El reactor biológico de membrana ofrece un rendimiento muy superior al resto de los sistemas en cuanto a la depuración y desinfección de un afluente. Esto lo convierte en una opción tentativa a considerar para el aprovechamiento del agua depurada en otras actividades que lo permitan. Es importante controlar la calidad del agua de alimentación a los sistemas de remoción, con el objetivo de detectar la posible presencia de sustancias tóxicas que pudiesen afectar negativamente a la población microbiana que se encuentra en el licor mezclado.

La Tabla 3 expone la caracterización del afluente que se muestreó para realizar este estudio. Se consideró lo estipulado en la norma cubana (2), que expone como valores permisibles para el vertimiento en aguas terrestres en acuíferos clase B: una Demanda Biológica

**Tabla 2. Comparación del BRM con otros sistemas de tratamiento convencionales**

Tratamiento	Agua tratada				Agua depurada			
	SST (kg/m <sup>3</sup> )	DQO (kg/m <sup>3</sup> )	Turbidez (UNT)	Gérmenes (/100 mL)	SST (kg/m <sup>3</sup> )	DQO (kg/m <sup>3</sup> )	Turbidez (UNT)	Gérmenes (/100 mL)
Filtro Percolador	0,2	0,7	120	108	0,035	0,125	10	106
Lodo Activado	0,2	0,7	120	108	0,30	0,08	5	106
Procesos								
F-Q	0,2	0,7	120	108	0,60	0,130	20	107
BRM	0,2	0,7	120	108	0	0,020	< 2	< 102

de Oxígeno ( $DBO_5$ ) < 60 y Demanda Química de Oxígeno (DQO) < 160. Los valores presentados por el afluente en estudio fueron muy superiores, por lo que es necesario un sistema de tratamiento eficiente que permita disminuir esos valores.

La Tabla 4 muestra los valores alcanzados por cada sistema de tratamiento y su calidad de remoción residual. Los datos porcentuales muestran la gran diferencia que existe entre la calidad de los efluentes obtenidos por ambas tecnologías; a partir de remoción de carga orgánica de un mismo afluente. Los resultados que presenta la tecnología de BRM superan en calidad a los logrados por la remoción de la PTRc. Vale destacar la diferencia presentada por los valores de eficiencia alcanzados por ambas tecnologías. Además de los valores alcanzados en cuanto a coliformes totales presentes en los efluentes luego del proceso de remoción orgánica. Todos los aspectos analizados anteriormente

en el estudio muestran la capacidad de aprovechamiento que tiene el efluente obtenido por un BRM. Esto presentó gran relevancia, si se tiene en consideración el gasto en que se incurre en las labores de limpieza en la industria utilizando agua potable. El riego de las áreas verdes y casas de cultivo existentes en la institución, puede ser realizado con este efluente. Se tuvo presente los bajos valores de coliformes totales debido a la capacidad de filtración de la membrana de ultrafiltración. La tecnología de bioreactor de membranas por sus características de diseño (12 mde largo x 3 de ancho), es una posibilidad inmejorable en el ahorro de áridos y acero por concepto de construcción civil. Las plantas de tratamiento convencionales se caracterizan por la extensa área que ocupan en su diseño y la cantidad de recursos constructivos para su cimentación. El biorreactor de membranas por su capacidad de mitigar la carga orgánica procedente de los residuales industriales, es un referente ineludible para la política

**Tabla 3. Valores del afluente industrial a procesar por el BRM y la PTRc**

Parámetro	Valor
pH	6,88
Temperatura (°C)	25,03
$DBO_5$ (mg/L)	220
DQO (mg/L)	520
SST (mg/L)	110
SSF (mg/L)	56
SSV (mg/L)	324
NTK (mg/L)	48,3
$N_{org}$ (mg/L)	19,8
PT (mg/L)	1,74
Conductividad ( $\mu$ S/cm)	2.44
Grasas y aceites (mg/L)	16

**Tabla 4. Comparación de calidad de los efluentes de la PTRc y el BRM**

Parámetro	Afluente	Sistema convencional		BRM	
		Efluente	Eficiencia (%)	Efluente	Eficiencia (%)
DQO (mg/L)	520	75	85,6	10	98
SST (mg/L)	110	40	63,6	0	100
Turbidez (NTU)	38	15	60,5	0	100
NTK (mg/L)	48,3	30,2	37,5	3,4	93
Coliformes totales (UFC/100 mL)		$10^4$		$10^3$ a $10^2$	

medioambiental del estado. Además, desde el punto de vista social permite disminuir la carga orgánica de los cuerpos receptores a los que va destinado el efluente obtenido de la remoción. Esto tributa en la posibilidad de aprovechamiento de estos recursos hídricos por la población colindante y la mejora de los ecosistemas, beneficiados por los efluentes procedentes de esta tecnología. Las membranas son el eslabón fundamental en el momento de proponer la adquisición de los BRM. Países como China y Croacia, van a la vanguardia en el desarrollo de membranas poliméricas, que a la postre disminuyen los precios de costo de inversión de estas tecnologías. Brindando la posibilidad de adquisición de estos medios de remoción a países en vías de desarrollo.

#### REFERENCIAS

1. GOO No. 37, CITMA. Reglamento del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. La Habana; 2011.
2. NC 27. Vertimiento de las aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado. Especificaciones. La Habana; 1999.
3. NC 827. Agua Potable- Requisitos Sanitarios. La Habana; 2012.
4. NC ISO 14001. Sistema de Gestión Ambiental -Requisitos con orientación para su uso. La Habana; 1996.
5. APHA, AWWA and WPCF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 th ed. Washington DC: APHA; 2005.
6. Visvanathan C, Ben Aim R., Parameshwaran K. Membrane separation bioreactors for wastewater treatment. Crit Rev Environm Sci Technol 2000; 30(1):1-48.
7. Cicek N, Winnen H, Suidan MT, Wrenn BE, Urbain V, Manem J. Effectiveness of the membrane bioreactor in the biodegradation of high molecular weight compounds. Water Res 1998; 32(5):1553- 63.

#### CONCLUSIONES

Se demostró que el BRM es una tecnología de remoción de residuales efectiva y novedosa. La calidad en el proceso permite la obtención de un efluente cuyas características admiten su reúso en otras actividades inherentes a la industria. La no presencia de coliformes fecales en el efluente, debido al proceso de ultrafiltración, garantiza la inocuidad de los productos agrícolas que son irrigados con esta agua. No se incorporan sustancias nocivas a la salud humana. El tamaño del BRM en comparación con una PTR convencional permite el aprovechamiento del terreno para otras actividades.