

Criterios de diseño y escalado de biodiscos para el tratamiento de aguas residuales

Carlos Menéndez Gutiérrez e-mail: carlosm@tesla.cujae.edu.cu
Centro de Estudios de Ingeniería de Procesos (CIPRO), Fac. de Ing. Química, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae). Marianao. La Habana. Cuba.

Jaime Dueñas Moreno e-mail: jaimedm89@gmail.com
Lab. Ing. Química Ambiental, SEPI-ESIQIE del Instituto Politécnico Nacional, Zacatenco, Ciudad de México, México.

RESUMEN

En el trabajo se ofrece una visión general de las características de los biodiscos para el tratamiento de aguas residuales, así como algunas de sus principales ventajas y desventajas. De igual manera, sin proponer una metodología para su diseño, se brindan elementos para el mismo, y criterios de las variables de operación.

Palabras clave: aguas residuales, biodiscos, escalado, diseño.

Design and scaleup criteria of biodiscs for wastewater treatment

ABSTRACT

The paper offers an overview of the characteristics of biodiscs for wastewater treatment, as well as some of its main advantages and disadvantages. In the same way, without providing a methodology for its design, elements for it and criteria of the operation variables are provided.

Keywords: wastewater, biodiscs, scaling, design

INTRODUCCIÓN

El reactor biológico de discos rotatorios o biodiscos forma parte de los llamados procesos de biopelícula, constituyendo una variante de depuración de aguas residuales que puede brindar resultados comparables con cualquier otro tipo de sistema de depuración convencional. Las reducciones del contenido de materia orgánica (expresada como Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) o Demanda Química de Oxígeno (DQO)) obtenidas por este sistema de tratamiento, pueden variar entre 80 y 95 % para aguas residuales municipales, pudiéndose obtener además altos niveles de nitrificación (Eckenfelder 1989).

Los biodiscos son básicamente instalaciones de discos con superficie cubierta de biomasa en condiciones aerobias que, en régimen continuo, consumen materia orgánica presente en el agua residual afluyente. Es además considerada parte de las tecnologías de tratamiento biológico secundario del tipo de crecimiento de biomasa adherida a un soporte, o reactor de película fija. Desde el punto de vista estructural consisten en placas sintéticas que rotan montadas sobre un eje horizontal a velocidad variable, sumergidas parcialmente en un tanque donde está contenida el agua residual, figura 1.

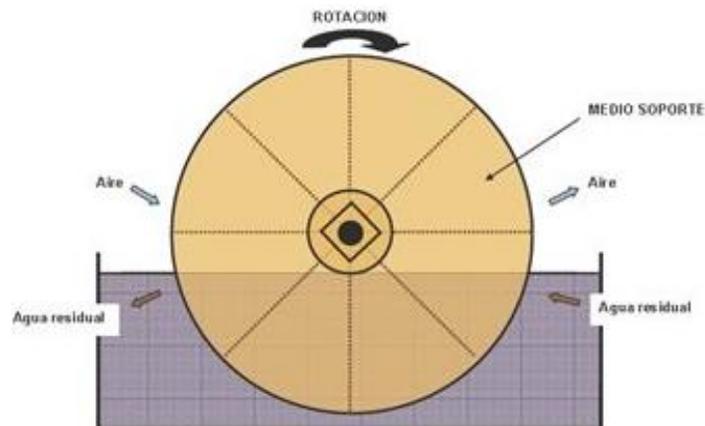


Figura 1. Esquema de biodisco

El primer biodisco para el tratamiento de aguas residuales de origen industrial que registra la literatura fue instalado en los años 60 del siglo pasado en Alemania. A partir de ese momento, debido a su sencillez, simplicidad y economía en su funcionamiento, fue introducido en Inglaterra y Estados Unidos, países donde su aplicación se extendió a partir del desarrollo de nuevos materiales para la construcción de los discos, y el bajo requerimiento de energía en comparación con otras tecnologías de tratamiento. De esta manera su aplicación fue ascendiendo en todo el mundo. Para el año 1978 ya se había reportado 59 plantas de biodiscos en Estados Unidos, 308 en 1980 y más de 600 en 1988. En Japón, en 1985 sobrepasaban las 1 300 plantas (Castillo et al. 2007). En esa época ya había más de 3 000 plantas de biodiscos en todo el mundo (Romero Rojas 2008).

Posteriormente su empleo se vio limitado como consecuencia de problemas de operación observados en algunas plantas que utilizaban esta tecnología, como los ocasionados por la poca resistencia mecánica de los ejes de soporte empleados hasta ese momento y variaciones no deseadas en la velocidad de rotación de los discos. Recientes investigaciones asociadas con los

biodiscos, y su introducción en plantas de tratamiento combinados con reactores anaerobios de flujo ascendente, han reconsiderado los biodiscos como una opción tecnológica para el tratamiento de aguas residuales municipales, fundamentalmente para pequeñas y medianas áreas urbanas (Patwardhan 2003), (Panchana y Kristtel 2017).

Los biodiscos emplean el mismo principio de los filtros percoladores, pero en lugar de estar constituidos por un medio estático (empaquete), el medio soporte rota. Los discos giran alrededor de un eje central a una velocidad comprendida entre 1 y 5 rpm, con una parte de su área sumergida y otra expuesta al aire, alternándose ambas. La rotación del disco induce la transferencia de oxígeno y mantiene la biomasa en condiciones aerobias. El área sumergida comprende entre el 35 y 40% de la superficie total de los discos (Von Sperling 2007). Cuando la sección del disco está sumergida, la biomasa adherida a ella consume materia orgánica presente en el agua residual, mientras que, durante su exposición al aire, la biopelícula arrastra una capa de agua que escurre sobre la superficie del disco y absorbe oxígeno. De esta manera, la biopelícula consume materia orgánica y oxígeno para su desarrollo, propiciando la disminución de la demanda de oxígeno del agua residual.

DESARROLLO

Configuración de los sistemas de biodiscos

Los sistemas de biodiscos pueden ser instalados según diferentes arreglos, ya sea en serie, en paralelo, o con una configuración mixta, figura 2.

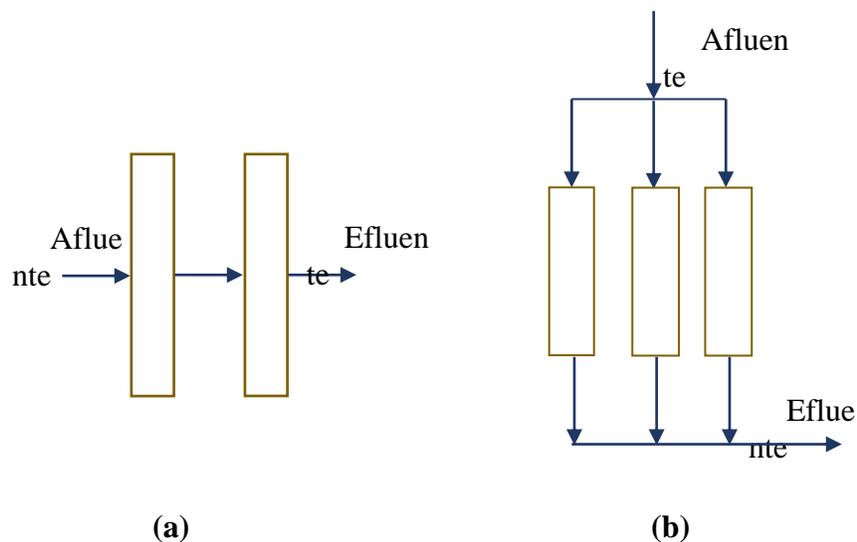


Figura 2. Posibilidad de arreglos de biodiscos: en serie (a) y en paralelo (b)

Los biodiscos pueden diseñarse de uno o varios módulos y a su vez cada módulo se dispone en etapas o secciones, generalmente no menos de tres como se muestra en la figura 3. El agua entra en la primera etapa y avanza hacia las siguientes, cada una con un mezclado completo en la cual tiene lugar la degradación de la DBO, al mismo tiempo que los microorganismos consumen oxígeno, se produce el crecimiento de la biopelícula y ocurre el desprendimiento de biomasa, todo ello en equilibrio dinámico.

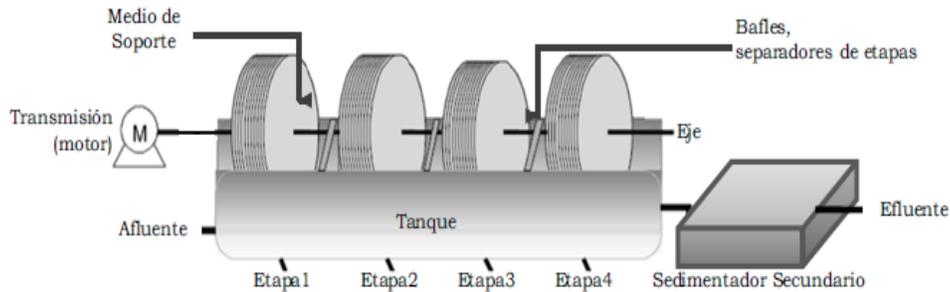


Figura 3. Esquema de biodiscos de 4 secciones con sedimentador secundario
[Castillo et al. (2007)]

Las etapas se comunican entre sí, permitiendo el paso del flujo de agua, usualmente en paralelo al eje que sustenta los discos, pero también puede fluir en sentido perpendicular. Además, se debe acoplar un sedimentador primario y otro secundario. Cuando se trata de pequeños caudales pueden emplearse sistemas de biodiscos compactos que ya poseen incorporado el sedimentador secundario.

Características de la biopelícula

La composición microbiológica de la biopelícula varía en la misma dirección y sentido en que se mueve el flujo del agua residual a través de las sucesivas etapas del reactor. La diversidad de microorganismos que se desarrollan da origen a un cultivo mixto. La variedad y proporción de estos depende de parámetros tanto operacionales como ambientales. Los factores que determinan las características de la biopelícula son: carga hidráulica y orgánica a las que opera el biodisco, velocidad de rotación de los discos, composición del agua residual, pH, temperatura y disponibilidad de oxígeno, Cortez et al. (2008).

El aumento en la velocidad de rotación de los discos incrementa la concentración de oxígeno disuelto disponible para los microorganismos y como resultado, se encontrarán en mejores condiciones para degradar en medio aerobio el sustrato (DBO-DQO). Sin embargo, por otra parte, el incremento de la velocidad de rotación exige mayor consumo de potencia, gravitando negativamente sobre la economía del proceso. Adicionalmente, el aumento de la velocidad a la que se mueven los discos con relación al agua residual puede favorecer el desprendimiento excesivo de la biomasa de los discos.

Al inicio y en las primeras etapas del proceso, la biopelícula, de aspecto gelatinoso, generalmente presenta coloración gris con zonas blancas, como consecuencia de la presencia de bacterias filamentosas. A medida que el proceso transcurre a lo largo de las etapas, el color se vuelve carmelita o rojizo marrón, de carácter menos filamentoso y puede denotarse no solamente la presencia de ciliados, sino también de flagelados, amebas y metazoos. La biopelícula gris es indicativa de degradación de materia orgánica por los organismos heterótrofos. En cambio, cuando se torna amarillada rojiza es un indicador de que predominan microorganismos nitrificantes. La nitrificación es un proceso que se da muy bien en las últimas etapas de los biodiscos, Salvador et al. (2004).

El crecimiento de la biopelícula continúa hasta que las capas profundas cercanas a la superficie del disco reciben menos oxígeno o no lo reciben en absoluto. En régimen estacionario una fracción de la biomasa adherida se desprende debido al esfuerzo cortante disco-agua que se origina durante el movimiento rotatorio de los discos y a la generación de gases en la capa más interna de la biomasa, manteniéndose con un espesor prácticamente constante.

La biomasa desprendida se mantiene en suspensión por la agitación promovida por la rotación de los discos hasta que el flujo de agua la extrae del sistema pasándola a través de un sedimentador secundario. En este fenómeno influye la velocidad de rotación de los discos y su diámetro.

Estudios que relacionan el espesor de la biopelícula con la eficiencia de remoción o de reducción estiman que el espesor activo de la biopelícula está comprendido entre 20 y 600 μm , aunque la capa de biomasa desarrollada puede ser de 1 a 4 mm de espesor (aproximadamente equivalente en un sistema de biomasa en suspensión a 2 500 – 10 000 mg/L). Para espesores mayores al del espesor activo, las limitaciones de oxígeno y de sustrato determinan la ineficiencia en la remoción (Basnilla 1993). En el espesor de la biopelícula también influye la velocidad de flujo de agua, disminuyendo considerablemente con los aumentos de la velocidad de rotación de los discos.

Producción de lodo

La producción y características de la biomasa que se genera en los biodiscos son básicamente las mismas que se presentan en los filtros percoladores, alrededor de 0,75 a 1,0 kg SST (kg DBO removido)⁻¹ (ecuación (1), con una relación SSV/SST entre 0,75 y 0,85.

$$\Delta P = Y\Delta DBO \quad (1)$$

donde:

ΔP : biomasa producida (base seca) kg SST.d⁻¹

Y : rendimiento kg SST (kg DBOremovido)⁻¹

ΔDBO : flujo másico de DBO removido kg.d⁻¹

Características de los discos

Actualmente se comercializan discos de diferentes materiales. Inicialmente fueron construidos de madera, posteriormente de material plástico y hoy se fabrican mayoritariamente de espuma de poliestireno, cloruro de polivinilo y polietileno. Los de polietileno de alta densidad pueden poseer un área específica con valores de hasta 120 m²m⁻³, diámetro de 3,5 m y estar configurados en unidades de 8 m de longitud. Tales unidades llegan a poseer una superficie total de 9 200 m².

Como en todo proceso de biopelícula, el diseño debe prever la tupición o atascamiento del medio soporte. En ese sentido, cuando se dispone de varias etapas, la separación de los discos puede ser variable de etapa a etapa.

En las primeras, los discos se colocan más separados, mientras que en las etapas intermedias y finales se instalan más próximos teniendo en cuenta que la biopelícula alcanzará menor espesor, como se muestra en la figura 4. A los efectos del dimensionamiento, debe considerarse que la

producción específica de lodos no será inferior a 0,75 kg de sólidos suspendidos /kg DBO₅ removido.



Figura 4. Sistema de biodiscos para pruebas a escala de laboratorio
[Ordóñez y Betancourt (2003)]

Principales ventajas y desventajas de la tecnología

Ventajas

- Admiten grandes fluctuaciones en la carga hidráulica y orgánica.
- El requerimiento de área de tratamiento es menor que el de otras tecnologías de tratamiento biológico de aguas residuales.
- Es de estructura modular, lo que permite flexibilidad en el diseño.
- El consumo energético es relativamente bajo, por tratarse de materiales de poco peso y su reducida velocidad de giro.
- El sistema, bien operado, casi no genera ruidos y no produce malos olores.
- Puede ser eficaz como complemento a otros sistemas de tratamiento.
- Alta eficiencia de remoción de carbono y nitrógeno.
- Tiempos de retención cortos.
- Bajos costos de instalación, operación y mantenimiento.
- Lodos de buena sedimentabilidad.
- Generalmente no necesita recirculación de efluente ni de lodos.
- No requiere personal especializado para el mantenimiento que controle las constantes del proceso, ya que se autorregula con facilidad.
- Su impacto ambiental negativo es bajo

Desventajas

- El proceso es relativamente nuevo y los parámetros de diseño no se encuentran bien definidos.
- No es fácil definirlo con un modelo matemático simple debido a que están presentes en el proceso tres fases: gaseosa, líquida y sólida.
- El proceso que tiene lugar demora en alcanzar estabilidad.
- Elevado costo de inversión, aunque puede compensarse con el bajo costo de operación.

Problemas en la operación de los biodiscos

Las dificultades durante la operación con biodiscos pueden provenir; al igual que en otros procesos biológicos, por diferentes causas. Las más comunes son:

1. Pérdida de biomasa
2. Desarrollo de biomasa blanca
3. Disminución de la eficiencia depuradora

1. Pérdida de biomasa

En ocasiones puede ocurrir el desprendimiento excesivo de la biomasa adherida a los discos. Esto puede ser motivado por la introducción de sustancias tóxicas en el afluente, incremento abrupto del flujo de agua residual o aumento de la velocidad de rotación de los discos.

El desprendimiento de la biopelícula se presenta por condiciones ambientales adversas para el desarrollo de la comunidad microbiana, como variaciones extremas de pH y entrada de sustancias tóxicas. Para evitar estos inconvenientes, se debe controlar la entrada de tóxicos, controlar las variaciones de pH mediante sustancias neutralizadoras o amortiguadoras y compensar la entrada de flujo.

En caso de que las causas no sean por las anteriormente descritas, debe observarse si el desprendimiento de la biopelícula se está presentado por el giro rápido de los discos, en caso de ser así, debe reducirse la velocidad de rotación para evitar el problema.

2. Desarrollo de biomasa blanca

El predominio del color blanco en la biomasa que se forma no es común. El desarrollo de organismos blancos denota la presencia de *thiothrix* o *beggiatoa* en determinadas áreas, y se refleja posteriormente en una reducción de la eficiencia en la depuración.

Estas son bacterias filamentosas autótrofas oxidantes de azufre y se desarrolla cuando hay alta concentración de sulfuros, bajos niveles de oxígeno disuelto y sobrecarga en la primera etapa. Como estas se desarrollan en la biopelícula, compiten con los organismos heterótrofos que degradan la DBO y por lo tanto bajan las eficiencias de remoción (Romero Rojas 2008).

Además, este tipo de microorganismos pueden proveer nutrientes para la formación de Bacterias Sulfato Reductoras (BRS) (Mba 2003). Cuando las BRS se desarrollan, se empieza a generar sulfuro de hidrógeno con la aparición de olores indeseados y molestos para la comunidad circundante.

Para solventar este problema es necesario aumentar la velocidad de aireación en el reactor, disminuir la carga orgánica aplicada, ajustar o eliminar la división entre la etapa 1 y 2 para incrementar el área superficial disponible para la primera etapa y/o agregar temporalmente algún compuesto oxidante como nitrato de sodio o peróxido de hidrogeno al afluente (Cortez et al. (2008).

Ayoub et al. (2004) reportan el control del crecimiento de la *beggiatoa* distribuyendo el afluente en varias etapas del reactor. De esta manera se aumentó el oxígeno disuelto en la primera etapa y se evitaron condiciones de sobrecarga en la misma.

3. Disminución de la eficiencia depuradora

La disminución del rendimiento puede deberse a causas, como:

- Variación notable del caudal.
- Variación notable de la carga orgánica.
- Alteraciones del pH. El agua residual tiene un pH normal entre 6,5 y 8,5. Si este valor se altera por algún tiempo, afectará al correcto funcionamiento del sistema.
- Acumulación de sólidos en los discos. Este problema puede ser causado por un inadecuado pretratamiento que favorezca la disminución de sólidos suspendidos que llegan al reactor biológico. Si la eliminación de sólidos que llegan al proceso es inadecuada, la transferencia de oxígeno al medio puede verse disminuida, propiciando, en casos extremos, la formación de condiciones anaerobias

Criterios para el diseño

Como en todo reactor biológico, el tiempo de retención hidráulico reviste importancia. Por supuesto que un incremento en el régimen de flujo puede llegar a incidir significativamente en el tiempo de retención hidráulico, más aún cuando estos sistemas comúnmente no utilizan recirculación. Por ello, cuando se espera que el pico diario de flujo pueda llegar a ser 2,5 veces el valor del flujo promedio, se recomienda la instalación de compensadores de flujo (*equalization tanks*).

Los criterios que recomienda la Water Pollution Control Federation para la operación mediante biodiscos con aguas residuales municipales se mencionan a continuación:

- Área sumergida: 40 %
- Número mínimo de etapas de una sección: 4
- Mejor relación volumen-superficie: 4,89 Lm⁻² para un afluente con concentraciones mayores de 300 mgL⁻¹ de DBO

Carga hidráulica:

- 81 a 163 Lm⁻²d⁻¹ para obtener en el efluente de 15 a 30 mgL⁻¹ de DBO y SST
- 31 a 81 Lm⁻²d⁻¹ para obtener en el efluente de 7 a 12 mgL⁻¹ de DBO y SST y 1 mgL⁻¹ o menos de nitrógeno amoniacal.

Temperatura:

- 13° a 32°C, apropiada para climas tropicales

Velocidad del sobrenadante del sedimentador secundario:

- 32 593 Lm⁻²d⁻¹ para obtener en el efluente de 20 a 30 mgL⁻¹ de SST.
- 16 300 a 24 445 Lm⁻²d⁻¹ para obtener en el efluente 10 mgL⁻¹ de SST.
- 16 300 Lm⁻²d⁻¹ de flujo promedio cuando diariamente la relación pico promedio equivale o excede 2:1.
- 24 445 Lm⁻²d⁻¹ cuando la relación pico promedio es menor que 2:1.

Metcalf and Eddy et al. (2007) sugieren conservadoramente para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico, valores máximos en el intervalo comprendido entre 2 y 30 g DBO m⁻²d⁻¹.

Hay que tomar en consideración que ese tipo de literatura generalmente refleja experiencias de países de climas templados donde las velocidades de degradación son menores que las que se obtienen en zonas tropicales.

Para este tipo de agua residual la carga orgánica, considerando la DBO soluble, se encuentra comprendida entre 30 y 150 g DBO ($m^{-2}.d^{-1}$).

Valores altos de carga orgánica propician el crecimiento excesivo de biomasa en la primera etapa del biodisco, con las consecuencias propias que ello implica.

Escalado en los biodiscos

No hay mucha información disponible acerca del escalado de los biodiscos a partir de información obtenida en el laboratorio o a escala de banco. Adicionalmente a la similitud en el valor de la carga hidráulica, la atención se ha centrado principalmente en la velocidad periférica de los discos. Por supuesto que esta velocidad depende del diámetro del disco y la velocidad de rotación.

Los incrementos en la eficiencia de remoción con el aumento de la velocidad periférica de los discos pueden darse hasta valores de $0,3 m.s^{-1}$ para una velocidad de rotación de 1,6 rpm para discos de 3,7 m de diámetro para una instalación a escala industrial.

Sin embargo, como el espesor de la biopelícula depende en cierto grado del esfuerzo cortante líquido-disco, más importante que la eficiencia de remoción, la velocidad periférica puede constituir un elemento válido a considerar para el escalado en cuanto al espesor de la biopelícula.

La velocidad periférica puede calcularse según la ecuación (2),

$$V_p = \Omega r = 2\pi w r = \pi w d \quad (2)$$

donde:

V_p : velocidad periférica $m.min^{-1}$

r : radio del disco, m

d : diámetro del disco, m

w : velocidad de rotación, rpm

Ω : velocidad angular, rad/min

Esto quiere decir que un disco de 0,25 m de diámetro, alcanza una velocidad periférica de $0,3 m.s^{-1}$, girando a 2,3 rpm. Por supuesto a escala de laboratorio la misma velocidad de rotación no da lugar a la misma velocidad periférica, entre otros factores, por el diámetro de los discos (ecuación (3)).

$$\tau_s = 10^{-3} r \rho v^{0,5} \Omega^{1,5} \quad (3)$$

donde:

τ_s : esfuerzo cortante, $N.m^{-2}$

r : radio del disco, m

ρ : densidad del líquido, $kg.m^{-3}$

v : velocidad cinemática del líquido, centistokes ($10^{-6}\text{m}^2\text{s}^{-1}$)

Ω : velocidad angular, rad/min

Para el escalado, la información que se logra en el laboratorio o planta piloto puede constituir una base para el diseño de biodiscos de mayores dimensiones si se obtiene una solución de compromiso entre la carga hidráulica y el esfuerzo cortante sobre los discos.

Una vez determinada al área total de disco necesaria, y el área de cada uno, corresponde determinar la longitud necesaria de eje, según la ecuación (4):

$$L = \frac{(e+p)}{N} \quad (4)$$

donde:

L : longitud del eje (m)

N : número de discos

e : espesor de los discos (cm)

p : distancia entre discos (cm)

La distancia entre discos más común es 3-4 cm. Se recomienda que la distancia entre el borde inferior de la batería de discos y fondo del reactor sea aproximadamente de 5 cm.

La realización de pruebas a escala de laboratorio y aplicar criterios de escalado antes de proceder a trabajar a nivel de banco puede contribuir significativamente a una mayor economía de todo tipo en la investigación.

CONCLUSIONES

Los biodiscos forman parte de las tecnologías de tratamiento aerobio de aguas residuales dentro de la variante de biomasa adherida a un medio soporte. Las posibilidades de ser concebidos modularmente le brindan versatilidad y mayores posibilidades de operación, con eficiencias en la remoción de DBO y DQO similares a las que se obtienen con los filtros percoladores.

En ensayos a escala semi-piloto, no reportadas aquí, efectuados hace unos años en la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, se demostró la alta eficiencia depuradora de los biodiscos y además la posibilidad de obtener nitrificación y desnitrificación en albañales mediante esta tecnología.

Las características generales de los biodiscos y los resultados que pueden obtenerse con su implementación, ameritan que se les dedique mayor atención, fundamentalmente para su empleo para el tratamiento de aguas residuales de caudales medios y pequeños.

Considerando que la mayor parte de la literatura reportada procede de climas templados, se hace sugestivo el propósito de continuar la realización de investigaciones en condiciones de campo en otras condiciones de clima.

REFERENCIAS

- Bezanilla J. A.** (1993). “Depuración de aguas residuales en un Contactor Biológico Rotativo (RBC) con alternancia en el sentido de flujo”. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. Santander, España.
- Castillo E., Vergara M. and Moreno Y.** (2007). “Landfill leachate treatment using a rotating biological contactor and an upward-flow anaerobic sludge bed reactor”. *Waste management* (20): 7. ISSN: 0956-053X. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands.
- Cortez S., Teixeira P., Oliveira R. and Mota M.** (2008). “Rotating biological contactors: a review on main factors affecting performance”. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 7(2), 155-172. ISSN: 1572-9826. Springer. Berlin, Germany.
- Eckenfelder Jr. W. W. and Musterman J. C.** (1995). “Activated Sludge Treatment of Industrial Wastewater”. Technomic Publishing. Co. ISBN 1-56676-302-9. United States of America.
- Metcalf and Eddy Inc., Asano T., Burton F. L., Leverenz H., Tsuchihashi R. and Tchobanoglous G.** (2007). “Water reuse”. McGraw-Hill Professional Publishing. ISBN-13: 978-0-07-145927-3. United States of America.
- Ordóñez P. J. y Betancour A.** (2019). “Estudio preliminar para el tratamiento de lixiviados en un reactor de biodiscos”. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales. Manizales. Colombia.
- Patwardhan A. W.** (2003). “Rotating biological contactors: a review”. *Industrial & engineering chemistry research*, 42(10), 2035-2051. ISSN: 1520-5126. American Chemical Society. Washington, D.C. United States of America.
- Panchana O, y Kristtel O.** (2017). “Rediseño y construcción de un equipo piloto de biodiscos para remoción de materia orgánica de agua residual doméstica”. Tesis de Grado. Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Romero J. A.** (2008). “Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño”. Bogotá, Escuela Colombiana de Ingeniería. ISBN: 9588060133. Bogotá, Colombia.
- Salvadó H., Palomo A., Mas M., Puigagut J. and Del Pilar Gracia M.** (2004). “Dynamics of nematodes in a high organic loading rotating biological contactors”. *Water research*, 38(10), 2571-2578. ISSN: 0043-1354. Elsevier. Amsterdam. The Netherlands.
- Von Sperling M.** (2007). “Activated sludge and aerobic biofilm reactors”. IWA publishing. ISBN: 1 84339 165 1. London. England.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Carlos Menéndez Gutiérrez <https://orcid.org/0000-0002-5120-8106>

Participó en el diseño de la investigación y en el estudio y selección de los aspectos a tratar.

Participó en la redacción del informe.

Jaime Dueñas Moreno <https://orcid.org/0000-0003-0844-6042>

Realizó contribuciones en la interpretación de los datos. Participó en el diseño de la investigación, análisis de los resultados y en la revisión y redacción del informe final.