

# LA BIOTECNOLOGÍA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Por Biol. Sergio E. Nájera Esquivel.

La biotecnología se puede definir como “toda aplicación tecnológica que utiliza sistemas biológicos y organismos vivos o derivados, para la creación o modificación de productos o procesos para un uso específico” (Convention on Biological Diversity, Article 2. Use of Terms, United Nations. 1992). Como consecuencia, las tecnologías biotecnológicas son cada vez más utilizadas por razones tanto de orden económico y ecológico.

## Tratamiento biológico del agua residual

La selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales, o la serie de procesos de tratamiento, dependen de un cierto número de factores, entre los que se incluyen las características del agua residual como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), materia

en suspensión, pH, contaminantes tóxicos, calidad deseada del efluente de salida, costos, etc. En general, cuando llega el agua residual a una planta de tratamiento, lo primero que se realiza es la separación de sólidos gruesos y arenas, así como otros materiales que no pueden ser degradados en el reactor de oxidación, evitando averías en los equipos de bombeo.

El tratamiento secundario es el encargado de reducir la DBO de las aguas residuales, ya sean industriales o urbanas a través de mecanismos biológicos. Dichos mecanismos consisten en la asimilación de la materia orgánica degradable biológicamente (DBO) por los microorganismos. Dependiendo si estos procesos ocurren en presencia o ausencia de oxígeno se tendrán tratamientos biológicos aerobios o anaerobios.

En general, en un tratamiento de tipo secundario se debe tener un criterio de operación diferente al que se toma en una fermentación industrial. En esta última, se debe tratar de obtener del sustrato un alto rendimiento en biomasa producida, mientras que en los tratamientos de efluentes se debe minimizar este rendimiento. Como característica básica, los sistemas secundarios son sistemas biológicos

con microorganismos heterogéneos que normalmente presentan bajas velocidades específicas de crecimiento, y que deben tratar un sustrato, también heterogéneo, en grandes volúmenes de operación. Normalmente es un sistema continuo y en la generalidad de los casos es poco controlado.

El tratamiento terciario se aplica para la eliminación de contaminantes concretos, que no han sido eliminados en el tratamiento primario ni en el secundario (por ejemplo, el nitrógeno y el fósforo), como también en el caso de efluentes que, aún después del tratamiento secundario, siguen presentando elevados niveles de DQO y DBO.

Dentro de los tratamientos terciarios de tipo biológico es quizás la eliminación del nitrógeno uno de los más importantes. Entre ellos, la nitrificación-desnitrificación presenta una mínima producción de lodos, una eliminación eficaz de los contaminantes y un costo relativamente bajo. La nitrificación es un proceso efectuado por las bacterias nitrificantes, que son aerobias, quimioolitótrofas obligadas. El proceso de nitrificación tiene lugar en dos fases. En la primera, el amoníaco es oxidado a nitrito por la acción de bacterias amonio oxidantes y en la segunda, el nitrito es oxidado a nitrato por bacterias nitrito oxidantes. Ambas



bacterias son autótrofas, pero mientras las nitrito oxidantes son facultativas, las amonio oxidantes son aerobias.

De manera general, las descargas de aguas residuales procedentes de diferentes sectores productivos (agroindustria, alimentaria, petroquímica, entre otras), así como de oficinas y casa-habitación, se pueden tratar por medio de microorganismos. Estos procesos biológicos que pueden reproducirse en biorreactores bajo condiciones controladas, tienen lugar de manera natural en ríos, lagos y otros sistemas acuáticos. En algunos casos, pueden convertir a los residuos que se generan (como los lodos que se producen en algunas plantas de tratamiento) en productos útiles o incluso con valor añadido para poder liberarlos al ambiente sin causar perjuicio.

La desnitrificación biológica es un proceso por el cual ciertos tipos de microorganismos reducen el nitrato y el nitrito a nitrógeno gaseoso, junto con la oxidación de un compuesto orgánico a dióxido de carbono. Esto se produce en un medio anóxico, en el cual los nitratos y nitritos actúan como aceptores de electrones, al no disponer de oxígeno en el medio. Por ello, es también necesaria la presencia de algún compuesto oxidable que actúe como fuente de electrones, que puede ser la materia orgánica remanente o bien debe ser exógena, habitualmente metanol.



## Tratamiento aerobio de efluentes líquidos

En un sistema aerobio se produce una gran cantidad de biomasa que genera un problema adicional de contaminación, ya que se debe disponer no sólo de un sistema para el tratamiento de las aguas sino que también para la disposición final de los lodos.

Los tratamientos aerobios se pueden clasificar en tratamientos con biomasa suspendida y tratamientos con biomasa fija. Entre los primeros, los más importantes son los lodos activados y las lagunas aireadas, y entre los de biomasa fija se cuentan los mal llamados “filtros percoladores” y los contactores biológicos rotatorios.

### Lodos activados

El sistema de lodos activados consiste en desarrollar un cultivo bacteriano disperso

en forma de flóculos (lodos activados) en un depósito agitado y aireado, y alimentado con el agua a depurar. Después de un tiempo de contacto suficiente, el licor de mezcla se envía a un clarificador (decantador secundario) destinado a separar el agua depurada de los fangos, un porcentaje de éstos últimos se reciclan para mantener en el reactor una concentración de biomasa activa elevada. El fango residual se extrae del sistema y se evacua al tratamiento de fangos, lo que no siempre es posible de realizar, fundamentalmente por problemas de espacio. Básicamente, es una unidad fermentativa con recirculación de células. Ésto permite operar a velocidades de dilución mayores que el valor correspondiente a la velocidad específica máxima de crecimiento de los microorganismos. En otras palabras, se tienen tiempos de retención de lodos superiores al tiempo de retención hidráulico.



### Filtros Aerobios

Los mal llamados filtros aerobios, filtros percoladores o biofiltros son en realidad reactores de lecho fijo con masa microbiana inmovilizada sobre la superficie de un soporte sólido, que en la mayoría de los casos está constituido por piedras. El nombre de biofiltro ha hecho cometer innumerables errores en el manejo del proceso, ya que se piensa que la depuración tiene lugar a través de un proceso de filtración y no por una transformación biológica de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos. Últimamente, se están usando con mayor frecuencia otros tipos de soporte, distintos a las piedras, los cuales presentan una mayor superficie por unidad de volumen y por tanto requieren un menor volumen de reactor para igual eficiencia de tratamiento.

### Contactores biológicos rotatorios

Los contactores biológicos rotatorios (CBR) consisten en una serie de discos circulares, generalmente de tipo plástico, ubicados muy cerca uno de otro, con un diámetro típico de 3.6 metros y dispuestos sobre un eje horizontal que rota lentamente. Aproximadamente el 40% del disco está sumergido en un estanque

que contiene el agua a tratar, de tal manera que la película de biomasa que crece sobre la superficie de los discos está alternadamente dentro y fuera del agua mientras los CBR giran. Cuando los microorganismos están sumergidos en el interior del efluente, absorben la materia orgánica y cuando están en la superficie consumen el oxígeno que requieren. Si bien estos equipos dispuestos en serie entregan mejores rendimientos, no son muy utilizados ya que presentan problemas de tipo mecánico. Son recomendados cuando la carga volumétrica es variable ya que es más sencillo, en comparación con los biofiltros, mantener la película húmeda. Las ventajas de este reactor son: capacidad para resistir a las sobrecargas, tiempos de retención hidráulica cortos, bajos requerimientos de potencia, y construcción y operación simples.

La adherencia y la colonización superficial son características importantes de la adaptación natural de estos microorganismos. También existen varios métodos disponibles para la inmovilización artificial de células, siendo la adsorción y el atrapamiento los más extensamente usados para hongos filamentosos. Las esporas inactivas o pregerminadas han probado ser un adecuado inóculo para los CBR, ya que éstas se unen fácilmente a las superficies

de los discos e inician el crecimiento de la película.

## Tratamiento anaerobio de efluentes líquidos

La digestión anaerobia es uno de los mecanismos más frecuentemente utilizados por la naturaleza para degradar las sustancias orgánicas. De hecho, esta conversión se produce en diversos ambientes, ya sean naturales, como los sistemas gastrointestinales (rumen), los sedimentos marinos de los ríos y lagos, las fuentes termales, los volcanes, o bien en sistemas controlados como los digestores o fermentadores anaerobios. Este proceso biológico se basa en la transformación, a través de una serie de reacciones bioquímicas, de la materia contaminante en un gas cuyos componentes principales son el  $\text{CH}_4$  y el  $\text{CO}_2$  (biogás).

Los digestores anaerobios pueden clasificarse, al igual que en el caso de los reactores aerobios en sistemas con biomasa suspendida y en sistemas con biomasa fija. Todas las configuraciones de reactores anaerobios de alta carga o de segunda generación han sido utilizadas a gran escala. Se han logrado, con efluentes industriales, procesar mayores cargas volumétricas con mayores niveles de depuración que las obtenidas en los sistemas aerobios tradicionales.

### Referencias

- Avances en Biotecnología Ambiental: Tratamiento de Residuos Líquidos y Sólidos. Chamy, Rolando. Ediciones Universitarias de Valparaíso, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (2006)
- Biotecnología ambiental y tratamiento de aguas <http://www.iagua.es/blogs/beatriz-gil/biotecnologia-ambiental-y-tratamiento-de-aguas> Convention on Biological Diversity, Article 2. Use of Terms, United Nations. 1992. <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>