

INTRODUCCIÓN

Cerca de una tercera parte de la población del planeta vive en países que sufren estrés hídrico entre moderado y alto, es decir, donde el consumo de agua es superior al 10 por ciento de los recursos renovables de agua dulce (PNUMA, 2002).

Unos 80 países, que representan el 40 por ciento de la población mundial, sufrían una grave escasez de agua a mediados del decenio de los noventa y se calcula que en menos de 25 años, dos terceras partes de la población mundial estarán viviendo en países con estrés hídrico. Se prevé que para el año 2020, el aprovechamiento de agua aumentará en un 40 por ciento y que se necesitará un 17 % adicional para la producción alimentaria, a fin de satisfacer las necesidades de una población en crecimiento (World Water Council, 2000a).

Para muchas de las poblaciones más pobres del mundo, una de las mayores amenazas ambientales a la salud sigue siendo el empleo continuo de agua no tratada. Mientras que el porcentaje de personas a las que se les suministra agua mejorada aumentó de 79 % (4,1 mil millones de habitantes) en 1990 a 82 % (4,9 mil millones de habitantes) en 2000, 1,100 millones de personas todavía no contaban con agua potable segura y 2,400 millones carecían de acceso a un mejor saneamiento (WHO y UNICEF, 2000).

Los problemas de calidad del agua pueden ser a menudo tan graves como aquellos relativos al tema hidráulico, sólo que se les ha prestado menos atención, especialmente en las regiones en desarrollo. Entre las fuentes de contaminación pueden citarse las aguas residuales no tratadas, efluentes químicos, filtraciones y derrames de petróleo, vertimiento en minas y pozos abandonados, y productos químicos agrícolas provenientes de los campos de labranza que se escurren o se filtran en la tierra. Más de la mitad de los principales ríos del planeta están gravemente agotados y contaminados, por lo que degradan y contaminan los ecosistemas y amenazan la salud y el sustento de las personas que dependen de ellos (World Commission on Water, 1999).

Estos problemas no son ajenos a México, donde el uso ineficiente del agua y falta de tratamiento, han propiciado que las fuentes superficiales sean insuficientes; que existan acuíferos sobre explotados y que la mayoría de los cuerpos de agua estén contaminados. A esta problemática se suma el hecho de que el agua no se cobra, ni se mide. Además, se desperdicia en un 55 % en el sector agrícola el cual consume el 78 % de los usos

consuntivos, y entre 30 y 50 % de usos consuntivos de las zonas urbanas donde el consumo asciende al 12 % del total (SEMARNAT, 2001).

En este sentido, las descargas de aguas residuales provenientes de la industria impactan más por su composición que por su volumen. Contaminantes como metales pesados, grasas y aceites, sales, ácidos y residuos tóxicos afectan a los cuerpos de agua nacionales; además, generan el equivalente a 6.2 millones de toneladas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) al año, tres veces lo generado por las descargas de aguas residuales municipales de todos los centros de población del país. Los mayores impactos son provocados por las actividades industriales relacionadas con la producción de azúcar, alimentos y bebidas, productos metálicos, productos químicos, celulosa, papel y cuero.

En este contexto, en materia de tratamiento de aguas residuales, existe un inventario de 1,018 plantas tratadoras municipales, con una capacidad instalada de 75.9 m³/s. De ellas, solo 793 se encuentran en operación, con un total tratado de 45.9 m³/s, aunque solamente 23 % del caudal de aguas residuales colectadas, procedentes de localidades urbanas a nivel nacional, recibe un tratamiento adecuado (SEMARNAT, *op cit.*). En este orden, dado al hecho de que en las redes de alcantarillado se recolectan 200 m³/s, sólo el 23 % de las aguas residuales municipales del país reciben tratamiento, siendo los más utilizados aquellos que involucran microorganismos debido a que son económicos, eficientes y no generan subproductos contaminantes.

En lo que respecta a las aguas residuales industriales, se generan 171 m³/s; equivalente a 6.8 millones de toneladas de DBO; y de éstas, 1.1 millones de toneladas de DBO son removidas por los sistema de tratamiento (CNA, 2001; CNA, 2003)

En este orden, el empleo del sistema de lodos activados ofrece una alternativa para el tratamiento de aguas residuales ya que posee una gran variedad de microorganismos capaces de remover materia orgánica presente en el agua, y esto se ve favorecido por el uso de reactores que proveen de las condiciones necesarias para la biodegradación.

El sistema de lodos activados es quizá el proceso biológico de más amplio uso para el tratamiento de aguas residuales, orgánicas e industriales (Eckenfelder *et al.*, 1995). Han surgido variaciones del sistema básico durante algunos años, las cuales confieren al tratamiento una versatilidad que le permite adaptarse a un amplio campo de circunstancias operacionales.

No obstante, se requieren condiciones específicas que el afluente a la planta de lodos activados (Tabla 1) deberá cumplir para asegurar una degradación eficiente del agua residual a tratar.

Tabla 1 Condiciones específicas a cumplir por el afluente a una planta de lodos activados

Contaminantes en el afluente	Limite de concentración	Pretratamiento requerido
Sólidos suspendidos	< 50 a 125 mg/L	Sedimentación, flotación
Grasas y aceites	< 35 a 50 mg/L	API
Pb	< 0 = 0.01 mg/L	Precipitación o intercambio iónico
Cu + Ni + CN	< 0 = 1 mg/L	Precipitación o intercambio iónico
Cr + Zn	< 0 = 3 mg/L	Precipitación o intercambio iónico
Cr ³	< 0 = 10 mg/L	Precipitación o intercambio iónico
pH	6 a 9	Neutralización
Alcalinidad	0.22 kgs. de alcalinidad por kg. de DBO	Neutralización por excesiva alcalinidad
Variaciones de carga orgánica	< 20 % de un día para otro	Igualación
Sulfuros	< 100 mg/L	Precipitación o Striping
Fenoles	< 70 a 300 mg/L	Extracción, Absorción
Amoniaco	< 500 mg/L (como N)	Dilución, intercambio iónico
Sales disueltas	< 10 a 16 mg/L	Dilución, intercambio iónico
Temperatura en el reactor	13 a 38°C en el reactor	Vapor, torre de enfriamiento

Fuente: Eckenfelder *op cit.*

Se ha observado que son precisamente estas condiciones las que no se cumplen en muchas plantas de tratamiento municipales e industriales, afectando la eficiencia de remoción al inhibirse la capacidad de biodegradación por agentes tóxicos (orgánicos y metales), o por variaciones en la carga de contaminantes, así como por agentes físicos como el pH o la temperatura.

En este sentido, en Petroquímica Morelos en Septiembre del 2002 se implementó la operación de un sistema de aireación por medio de sopladores y difusores de burbuja fina (DBF) en tres de las seis cámaras de la planta de tratamiento biológico (reactor biológico B), con la expectativa de bajar en un 40 % el consumo de energía, aumentar los niveles de oxígeno disuelto en el licor mezclado y reducir la emisión de compuestos orgánicos volátiles

(COV's), provocado por el antiguo sistema de aireación superficial (SAS) de la planta (COMINSA, 1998; IMTA, 2002).

Sin embargo, posterior a la entrada en operación del nuevo equipo de aireación, se observó un aumento de la temperatura en el licor mezclado del reactor biológico B (RB-B), debido a que el aire de salida de los sopladores hacia las cámaras, alcanzaba los 90°C.

Inmediatamente, se hizo el planteamiento de cuáles serían los efectos en la temperatura del aire de salida de los sopladores al registrarse una temperatura ambiente promedio de 30 a 35°C en los meses de calor (Abril-Septiembre) con valores pico de hasta 40°C al medio día; y de cómo ésta condición afectaría a la temperatura de salida del compresor al succionar aire caliente, ya que se observó en los meses en el otoño (Octubre a Diciembre) del mismo año, un aumento en la temperatura del licor mezclado en el RB-B con DBF, fenómeno no registrado en el reactor biológico A (RB-A), aún con SAS.

En efecto, se registraron valores promedio del aire de salida de 90°C y de llegada a las cámaras de 54° C, provocando un incremento de la temperatura promedio de 37°C en el licor mezclado de las cámaras del RB-B (Mayo-Septiembre del 2003), en comparación con las cámaras del RB-A con valores promedio de 30°C en el mismo periodo. A su vez, se observaron valores de hasta 41°C de las 12 a las 17:00 hrs. del día en los meses de calor en el RB-B.

En este orden, Martínez *et al.*, (2003) llevaron a acabo una evaluación comparativa de ambos sistemas de aireación sobre el desempeño de la planta de lodos activados de Petroquímica Morelos, en el que se emplearon modelos de crecimiento celular afectados por la temperatura, concluyendo que dicho factor está causando efectos en el desempeño de la planta de tratamiento biológico.

Estos resultados, y dado el interés de minimizar los impactos ambientales al río Coatzacoalcos causados por el efluente de la instalación, en el cual se observó incremento del 1,2 dicloroetano, de los sólidos suspendidos totales y de la toxicidad mediante evaluación con *Daphnia magna*, condujeron a plantear la realización de una evaluación experimental del efecto que causa la temperatura en diferentes grados en el desempeño del sistema de lodos activados de la planta de tratamiento de efluentes de Petroquímica Morelos. Asimismo, también se planteó la problemática de una menor eficiencia de remoción de contaminantes

del tratamiento biológico, cuando entre en operación el RB-A con el SBF, debido a que las líneas de alimentación de aire que salen del cuarto de los sopladores, llegan primero a las cámaras del RB-A, con temperaturas de 69°C en el punto de llegada, que a las cámaras del RB-B, con un valor de temperatura de 54°C en el cabezal de llegada.