



## DETERMINACIÓN DEL PODER BACTERICIDA DE LOS POLÍMEROS DERIVADOS DEL TETRAMETIL ETILEN AMONIO EN AGUAS CON DIFERENTES DEMANDAS BIOQUÍMICAS DE OXÍGENO

Liliana Morales y Martha Mustre  
Escuela de Ciencias Química, Universidad La Salle

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar si los polímeros derivados del tetrametil etilen amonio segulan actuando como bactericidas y/o bacteriostáticos sobre *Escherichia coli* y *Streptococcus faecalis* en presencia de diferentes cantidades de materia orgánica. A 900 mg/l de DBO 400 ppm de los polímeros derivados del tetrametil etilen amonio siguen siendo efectivos como bactericidas y/o bacteriostáticos. Se pudo observar que el *Streptococcus faecalis* es más resistente que el *Escherichia coli* en presencia de materia orgánica.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, lo estricto y riguroso de las regulaciones ambientales obligan a las industrias de todo tipo, a usar el agua de un modo más eficiente y a implementar tratamientos para las aguas de desecho que producen (3,5).

Algunas compañías han comprendido que utilizando la tecnología química disponible pueden resolver sus problemas de obtención de agua. Han observado que el agua usada en un proceso puede ser nuevamente utilizada en otro, donde la calidad del agua no sea tan estricta y, que aún después de esto, ser convenientemente tratada para poder ser utilizada como agua de riego, con la limitante de que no sea para terrenos agrícolas (11, 12, 14).

Los efluentes industriales pueden originar grandes problemas. La variedad de los productos que se vierten, tóxicos o consumidores de oxígeno, requiere una investigación propia en cada tipo de industria y el empleo de procesos de tratamiento específicos (14, 15).

Los procesos de tratamiento pueden ser físicos, químicos o biológicos e incluyen técnicas de:

- Sedimentación
- Neutralización
- Precipitación
- Floculación y decantación
- Desgasificación

La mayoría de estos procesos se usan de forma combinada y de forma simultánea para obtener mejores resultados (17).

Las impurezas del agua varían en tamaño; la eliminación de una gran proporción de éstas, se lleva a cabo por sedimentación, en el tratamiento del agua residual, sin embargo, debido a que muchas de las impurezas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente por sedimentación basado sólo en la gravedad, es preciso llevar a cabo la combinación de estas partículas en agregados de mayor tamaño y más fácilmente decantables, con el fin de obtener una separación satisfactoria por sedimentación. Este proceso se llama floculación (17, 19).

Para poder llevar a cabo la floculación se utilizan productos químicos desde sales hasta polímeros, dentro de estos últimos encontramos una gran variedad, ya sea orgánicos o inorgánicos. Los más usados son los polielectrolitos que contienen aminas o compuestos cuaternarios de amonio en su formulación, lo



que les confiere carácter alguicida y bactericida y, al combinarse con otras moléculas, funcionan como antiespumante y floculante (2).

Se ha observado que la eficiencia de un agente de floculación depende de varias características, entre las que se encuentra la cantidad de materia orgánica y microorganismos presentes en el agua. Un parámetro de la primera variable, es la demanda bioquímica de oxígeno, que indica la cantidad de oxígeno necesario para degradar la materia orgánica presente en dicha agua, por lo tanto, es un indicador del grado de contaminación de agua residual o industrial (21, 22).

## METODOLOGÍA

Las cepas de *Escherichia coli* y *Streptococcus faecalis* fueron donadas por el Laboratorio de Microbiología de la Universidad La Salle y se resembraron cada semana en cajas con agar BHI, para tener un cultivo viable y obtener el inóculo necesario para realizar las curvas de crecimiento y determinar el poder bactericida del polímero.

El polímero utilizado fue el: Dicloruro de Poli (oxietilen (dimetil iminio)etilen (dimetil iminio) etileno), el cual se obtuvo a partir de una síntesis realizada en el Instituto de Química de la UNAM, proporcionado en solución acuosa muy viscosa, por lo que para manejar la concentración requerida, se liofilizó el polímero, para manejar cantidades exactas al eliminar toda el agua (18)

### Curvas de crecimiento

Se calcularon las curvas de crecimiento de *E. coli* y *Stp. faecalis* en el nefelómetro de Mac Farlan, bajo diferentes concentraciones de DBO (100, 300 o 900 mg/l) determinadas según la norma NOM-AA-28-1981 (1,2). Las soluciones que se utilizaron se prepararon utilizando piloncillo como materia orgánica. Las lecturas tomadas para determinar el inóculo de bacteria se presentan en la siguiente tabla:

Longitud de onda	Densidad óptica
600 nm	0.267 - 0.360
650 nm	0.227 - 0.347

Para conocer el número de microorganismos viables se suspendió un cultivo joven de cada cepa en agua destilada. Se ajustó la turbidez a la del tubo No. 1 del nefelómetro. El número de microorganismos viables se determinó por la técnica de vaciado en placa.

### Determinación del poder bactericida del polímero

El poder bactericida del polímero se determinó por su capacidad para reducir el crecimiento de la bacteria en soluciones con 100, 300 o 900 DBO. Las bacterias se incubaron con las soluciones de melaza, y una vez alcanzada la fase de crecimiento logarítmico se cultivaron en presencia de 20 ml de una solución del polímero (concentración final de 400 ppm). Se sembraron alícuotas de 0.5 ml en placas, y la reducción en el crecimiento se calculó por comparación con una muestra que no había sido cultivada con el polímero.

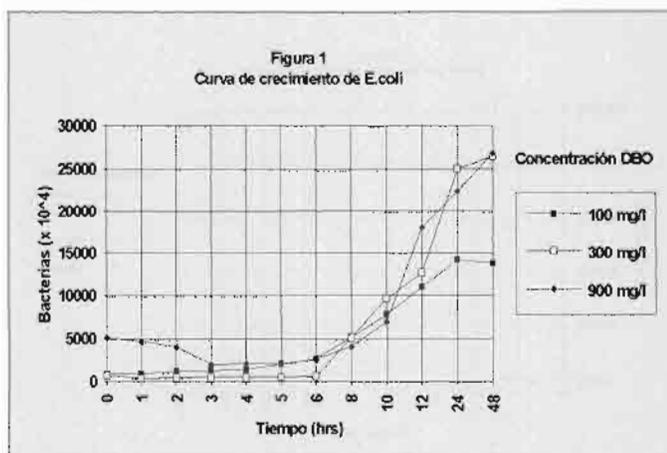
## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se determinó que los DBO's a utilizar serían los de 100, 300 y 900 mg/l; siendo los dos primeros los rangos entre los cuales se encuentran las normas técnicas ecológicas para las industrias alimenticias. La última concentración se utilizó para observar la eficiencia del polímero.

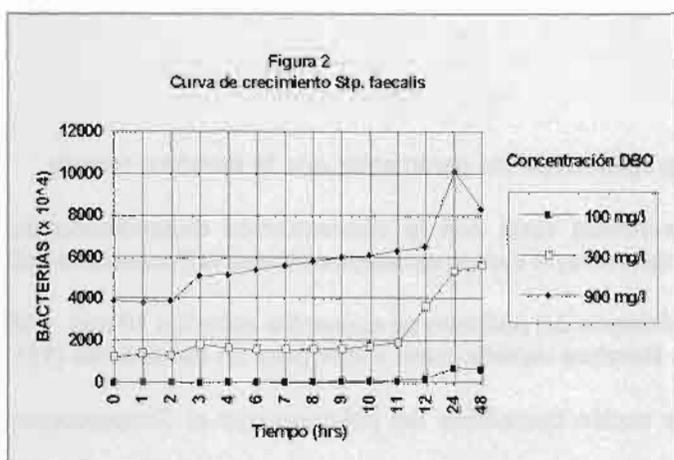
Es importante recordar que para cada tipo de agua varía la concentración del polímero, por lo que es necesario hacer los "jar test" en cada caso.

La cantidad de melaza necesaria para obtener los DBO's de 100, 300 y 900 mg/l, no guarda una relación lineal, esto se observa durante la determinación de los gramos necesarios de melaza, ya que si lo obteníamos haciendo una regla de 3, el DBO obtenido era mucho mayor al deseado.

La determinación del DBO es simple, sin embargo la norma oficial Mexicana no toma en cuenta varios parámetros, que la literatura si reporta que hacen más sencilla y exacta la determinación del mismo (9).



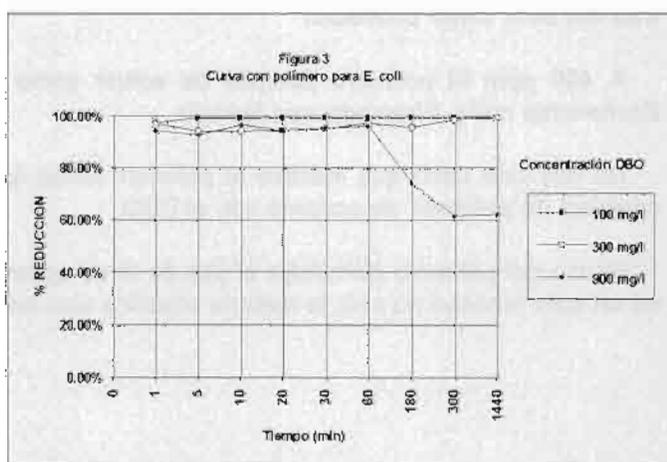
Los diferentes tiempos de adaptación de *Escherichia coli* y *Streptococcus faecalis* a los distintos DBO's se deben principalmente a la diferente presión osmótica (concentración de azúcar) que el medio presenta dependiendo del DBO del cual se trate y está directamente relacionada con la capacidad de adaptación de cada microorganismo a dicho medio. Las curvas de crecimiento de estas bacterias se muestran en las figuras 1 y 2.

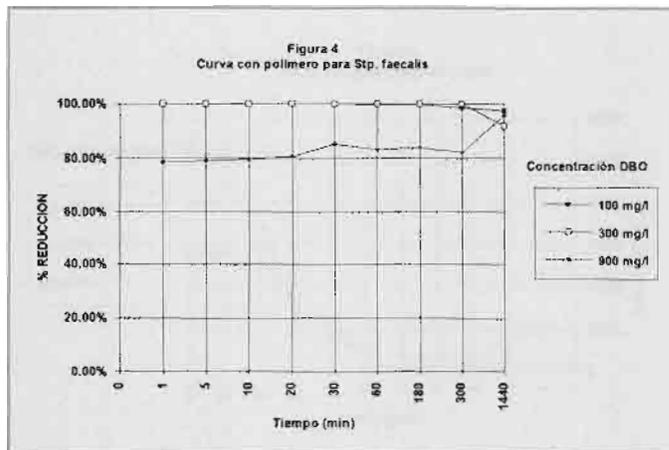


Es por eso, que si se comparan los datos obtenidos en una solución sin miel y otra con miel se observa que la cantidad de microorganismos disminuye y que, conforme transcurre el tiempo vuelve a aumentar.

Debido al comportamiento anterior, se determinó que para tener condiciones más representativas de las naturales, en el momento de agregar el polímero, se esperaría hasta que el microorganismo se encontrara en su fase logarítmica de crecimiento.

Para ambos microorganismos se observa que la máxima eficiencia se obtuvo en un rango máximo de 30 min (figura 3 y 4), a excepción de *Escherichia coli* con 300 mg/l de DBO en donde la máxima eficiencia se obtuvo a las 5 hr (figura 3). Sin embargo, es de hacerse notar que se presenta una buena eficiencia a 1 min de 96.71%, a 30 min de 95.33% y a 1 hr. de 97.16%, por lo que para fines prácticos podemos tomar cualquiera de los dos últimos datos como el ideal para continuar el tratamiento de agua; pues la literatura reporta que para que el tratamiento utilizando coagulación y floculación sea aplicable no debe tardar más de 4 hr, siendo el ideal de 2 hr. máximo.





Es importante recordar que las condiciones de aplicación del polímero, sobre todo su disolución en el medio, son de suma importancia para obtener la máxima eficiencia.

El porcentaje de reducción de las bacterias se ve afectado por varios factores: La acción bactericida del polímero, la poca disponibilidad de materia orgánica conforme transcurre el tiempo para las bacterias que todavía son viables, el ciclo natural de crecimiento de las mismas.

En las figuras 3 y 4 donde se observa un descenso en el porcentaje de reducción, nos hace pensar que las bacterias viables, continúan reproduciéndose aprovechando la materia orgánica todavía disponible, esto último se observa en el caso del *Streptococcus faecalis* por lo que podemos decir que el *Streptococcus faecalis* es más resistente que la *Escherichia coli* cuando hay materia orgánica.

En todos los casos, donde en la última toma (24 hr), el porcentaje de reducción aumenta debe tomarse en cuenta el ciclo natural de desarrollo del microorganismo, así como que se trata de un sistema cerrado.

## CONCLUSIONES

La Norma Oficial Mexicana debe modificarse, agregándosele los parámetros que la literatura reporta.

El tiempo de adaptación a la mezcla agua-melaza varía con la concentración dependiendo del microorganismo. El *Streptococcus faecalis* presenta un mayor tiempo de adaptación que la *Escherichia coli*.

El tiempo necesario para obtener la máxima eficiencia del polímero se encuentra entre los 10 min. y 30 min., quedando dentro del rango de 2 hr que la literatura reporta como viable para un tratamiento (11).

La *Escherichia coli* es menos resistente a la acción bactericida del polímero que el *Streptococcus faecalis*.

Aplicando correctamente el polímero, la eficiencia del mismo a altas concentraciones de DBO, es de más del 90% como promedio.

A 400 ppm el polímero además de actuar como floculante y coagulante es bactericida frente a *Escherichia coli* y *Streptococcus faecalis*.

No hay una DBO que inactive al polímero como agente bactericida, ya que basta con modificar la cantidad de polímero de acuerdo con el DBO.

El uso del polímero disminuye el uso de otros agentes desinfectantes en aguas tratadas, al disminuir en un solo proceso no sólo la materia orgánica sino también los microorganismos.

## REFERENCIAS

- 1.- Aguas- determinación de oxígeno disuelto, Norma Oficial Mexicana, NOM-AA-12-1980, Dirección General de Normas.
- 2.- Análisis de agua- determinación de la demanda bioquímica de oxígeno, Norma Oficial Mexicana, NOM-AA-18-1981, Dirección General de Normas.
- 3.- Benarde A. Melvin, Our precarious habitat, fifteen years later, Ed. John Wiley and Sons., USA 1989.
- 4.- Butterfield Wattie E. and Chamber C.W., Bactericidal efeciency of quaternary ammonium compounds, Public Health, Rep. 1949, pp. 64.
- 5.- Calatayud Eva, "La industria de tratamiento de agua: estrategias para el ahorro y rehuso de la industria", en: Estrategia industrial, Julio 1993, No. 115, Año X, ED. Cideti, México 1993.
- 6.- Conell Des W., Miller Gregory J., "Chemistry and ecotoxicology of pollution", en: Environmental science and technology, (a Wiley-Interscience series of texts and monographs), ED. John Wiley and Sons., USA 1984, pp. 75-124.
- 7.- Degremont, Manual técnico del agua, 4 edición, 1979, pp: 29-33,76-79,116-121,304-305,622-628,674-683,741-749,930-93 3.
- 8.- Deming H.G., El agua: un recurso insustituible, ED. Nuevo Mar, 1979.
- 9.- Diaz de Santos, Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, ED. ALPHA-AWWA-WPCF, 1992. pp. 4-162 a 5-15.
- 10.- Dugan Patrick R., Biochemical ecology of water pollution, ED. Plenum Press, USA 1972, pp. 3-9,33-39.
- 11.- Eckenfelder Wesley W., "Industrial water pollution control", McGraw-Hill series en: Water Resources and Enviromental Engineering, ED. McGraw-Hill, USA 1991, pp. 1-110.
- 12.- Eskel, Nordell, Kendel, Tratamiento de agua para la industria y otros usos, Compañía Editorial Continental S.A. 1961, pp. 123-131,168-172,176,177.
- 13.- Kemmer Frank N, (Ed.), The nalco water handbook, Ed. Mc Graw-Hill International Editions, Chemical Engineering series, 2 nd. edition, USA 1988, pp. 8.3 A 8.22.
- 14.- Lund Herbert F. Manual para el control de la contaminación industrial, ED. Instituto de estudios de administración local, España, 1974, pp. 534-561.
- 15.- Parkinson Gerald, Basta Nicholas, Water supply and disposal uptade, Chemical Engineering, April 1991.
- 16.- Recursos mundiales (1992-1992), una guía para el ambiente mundial, hacia el desarrollo sustentable, Banco Interamericano de Desarrollo, ED. Oxford University Press, USA 1992, pp. 185-203.
- 17.- Rigola Lapeña Miguel, Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales, Productica (colección), ED. Marcombo Boixarbu Editores S.A., España 1989, pp. 27-71, 137-156.



- 18.- Rodríguez Aguilar Hector Manuel, Obtención de polímeros derivados de sales cuaternarias de amonio. Tesis, Universidad La Salle, México 1992.
- 19.- Sheppard T. Powell, Acondicionamiento de aguas para la industria, ED Limusa, México 1986, pp. 35-75.
- 20.- Standard methods for the examination of water and waste water, ED. American Public Health Association Inc., 12 th edition, USA 1965, pp. 414-511.
- 21.- Turkman A, Dokuz Eylül University, Dept. of Environmental Engineering, Izmir-Turkey, "Polymer application examples in industrial wastewater treatment" en: New developments in industrial waste water treatment, Aysen Turkman and Orhan Uslu (Ed.), Nato Asi series, Series E: Applied Sciences vol. 191, ED: Kluwer Academic Publishers., USA 1989, pp. 93-109.
- 22.- Uslu Orhan, Dr-Ing. (prof), Effluent water quality requirements, Dokuz Eylül University, Dept. of Environmental Engineering, 31200 Bornova -Izmir, Turkey, en: New developments in industrial waste water treatment, Aysen Turkman and Orhan Uslu (Ed), Nato series, Series E: Applied sciences Vol. 191., ED. Kluwer Academic Publishers., USA 1989, pp. 1-10.
- 23.- Walter J., Weber Jr., Control de la calidad del agua, procesos fisicoquímicos, ED. Reverte, España 1979, pp. 64-66, 78,84-94.
- 24.- Water quality and treatment, ( A Handbook of community water supplies), American water works association, 4 th edición, USA,1990, pp. 100-105,269-273,280-295.300-309, 322-329,334-335, 342-343, 358-367.
- 25.- White Clifford, Geo. Desinfection of waste-water and water reuse, ED. Van Nostrand Reinhold Environmental Engineering Series, 1978. pp. 11-25.