



COMPARACIÓN DEL EFECTO FLOCULANTE DE LOS POLÍMEROS DERIVADOS DEL TETRAMETIL ETILÉN AMONIO Y DEL SULFATO DE ALUMINIO EN AGUAS RESIDUALES DE LA CABECERA MUNICIPAL DE HUIXQUILUCAN

Martha Mustre y Liliana Torres
Escuela de Ciencias Químicas, Universidad La Salle

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar los efectos floculantes y bactericidas de los polímeros derivados del tetrametil etilén amonio y del sulfato de aluminio en las aguas residuales de la Cabecera Municipal de Huixquilucan. La calidad de las aguas fue determinada fisicoquímica, bioquímica y microbiológicamente siguiendo la metodología de las normas oficiales mexicanas.

Se estableció la eficiencia de los floculantes en base a concentración y pH mediante pruebas de Jarras, resultando ser de 200 ppm, pH = 10 para el polímero y 800 ppm, pH = 9 para el sulfato. El sulfato de aluminio fue más eficiente como floculante y el polímero como bactericida.

ABSTRACT

The goal of the current study, was to compare the flocculant and bactericidal effects of both the tetrametil etilén amonium polymer derivatives and aluminum sulphate in the residual waters of *Cabecera Municipal de Huixquilucan*. The water quality was established by physicochemistry, biochemistry and microbiologically ways following the official mexican norm methods.

The efficiency of the flocculants was established in order to concentration and pH by Jar test, being of 200 ppm, pH = 10 for the polymer and of 800 ppm, pH = 9 for the sulphate. The aluminium sulphate was better as flocculant and the polymer better as bactericidal.

INTRODUCCIÓN

Dado que el agua es un recurso natural indispensable para la vida e integrante principal de los ríos, es de vital importancia la conservación de la misma.

Uno de los problemas que aquejan a los habitantes de la cabecera municipal de Huixquilucan es la contaminación de su río San Martín, ya que las aguas residuales desembocan en éste, sin tratamiento alguno (1,2).

MATERIALES Y MÉTODO

Para ubicar y definir la fuente de contaminación de la Cabecera Municipal de Huixquilucan, se consultaron antecedentes del municipio, tales como: localización, disposición del sistema de drenaje y alcantarillado, así como sus principales ríos (1-3).

Con objeto de conocer las características de las aguas residuales se revisaron los aspectos socioeconómicos de la población y su equipamiento urbano.

Para determinar la calidad del agua vertida al río San Martín, se tomaron 10 muestras simples instantáneas en el punto de descarga (4) y se analizaron por triplicado parámetros tales como: pH, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, grasas y aceites, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno (5-11). Dichos análisis se encuentran referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-067-ECOL-1994 (12).

La metodología desarrollada en cada uno de los análisis se efectuó de acuerdo a normas oficiales mexicanas y métodos estándares.

Existen diversos tratamientos (preliminares, primarios, secundarios y terciarios) que se aplican en la depuración de aguas residuales. El tratamiento fisicoquímico implica la utilización de



agentes floculantes; para conocer las condiciones de concentración y pH bajo las cuales operan es preciso efectuar pruebas de jarras (13-14).

Al efectuar este proyecto se practicaron pruebas de jarras utilizando dos agentes floculantes diferentes, siendo estos: polímero derivado de tetrametil etilén amonio (15) y sulfato de aluminio.

Las condiciones de floculación de estas sustancias se determinaron mediante pruebas de jarras; utilizando el polímero a concentraciones de 0, 25, 50, 100, 200 y 400 ppm aplicadas a pH de 7, 9 y 10. Con el sulfato de aluminio se efectuaron pruebas a 0, 25, 50, 100, 200, 400, 800 y 1600 ppm y pH de 6, 7 y 9.

De acuerdo con los resultados experimentales obtenidos con base a grados de floculación, se determinó que las condiciones de mayor eficiencia para el sulfato de aluminio fueron a una concentración de 800 ppm y pH 9.0, en tanto que para el polímero, ésta resultó ser a una concentración de 200 ppm y pH 10.0.

Después de haber conocido las condiciones eficientes de floculación (concentración y pH) para ambas sustancias, se analizaron los parámetros anteriormente citados en aguas residuales, aguas residuales tratadas con el polímero y con el sulfato de aluminio para efectuar la comparación de los floculantes.

El grado de floculación resultó ser de 7.11 para el sulfato de aluminio y de 3.22 en el caso del polímero, siendo el grado de floculación la relación que existe entre el volumen de sólidos sedimentables utilizando floculante / el volumen de sólidos sedimentables sin uso de floculante.

La reducción microbiana se verificó mediante análisis de cuenta de microorganismos mesofílicos aerobios (16) en aguas residuales y aguas tratadas al emplear como floculantes el polímero y el sulfato de aluminio en condiciones de mayor eficiencia de floculación para cada uno de ellos.

Microbiológicamente existió una reducción del 96.04% cuando se llevó a cabo el tratamiento con el sulfato de aluminio y de un 99.99% utilizando el polímero.

RESULTADOS

De los resultados recopilados en la Tabla 1, se llevó a cabo un análisis estadístico para estimar la variación de datos en cada uno de los parámetros analizados en las aguas residuales de la Cabecera Municipal de Huixquilucan.

Tabla 1. Calidad del agua vertida al río San Martín.

No. Muestra	pH	sólidos sedimentables (ml/l)	sólidos suspendidos totales (mg/l)	grasas y aceites (mg/l)	demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)	demanda química de oxígeno (mg/l)
1	8.07	17	341.33	127.36	1080.65	4096.64
2	8.52	16	317.33	185.23	979.35	7810.69
3	7.98	8	293.33	97.15	675.40	4365.35
4	7.02	11	377.33	73.06	1080.75	6283.77
5	7.40	16	414.67	112.47	810.55	4461.82
6	7.82	10	396.00	81.15	641.75	8925.31
7	8.79	17	445.33	150.70	1046.90	3510.40
8	7.51	19	468.00	77.50	911.80	5683.20
9	7.76	10	250.67	160.10	540.40	7799.40
10	7.49	8	306.67	112.87	878.10	5711.43

Tabla 2. Análisis estadístico de los valores de calidad del agua residual.

	Desviación estándar	Media aritmética	Valor máximo	Valor mínimo
Sólidos sedimentables	4.18 ml/l	13.20 ml/l	19 ml/l	8 ml/l
Sólidos suspendidos totales	70.65 mg/l	361.06 mg/l	468 mg/l	250.67 mg/l
Grasas y aceites	37.94 mg/l	117.76 mg/l	185.23 mg/l	73.06 mg/l
D.B.O.	193.13 mg/l	864.56 mg/l	1080.75 mg/l	540.40 mg/l
D.Q.O.	1826.17 mg/l	5864.80 mg/l	8925.31 mg/l	3510.40 mg/l
pH	0.5314	7.84	8.79	7.02

En la Tabla 2 se expresan los valores de desviación estándar, media aritmética, valores máximo y mínimo en cada uno de los parámetros de las muestras analizadas.

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos al aplicar pruebas de jarras a diferentes concentraciones y pHs en una muestra de las aguas residuales en estudio, utilizando el polímero derivado de tetrametil etilén amonio como agente floculante; también puede observarse que el mayor grado de floculación se presentó a una concentración de 200 ppm de polímero y pH 10.0, siendo éste de 3.88.

En la Figura 2 se expresan los resultados obtenidos al emplear sulfato de aluminio como agente floculante en pruebas de jarras a diferentes concentraciones y pHs. Se observa que el mayor grado de floculación (4.11) se presentó a una concentración de 800 ppm y pH = 9.0 con el uso del sulfato.

Una vez conocidas las condiciones de pH y concentración del floculante en la que se presentó el mayor grado de floculación, se aplicaron estas condiciones a una muestra de agua residual y se analizaron los parámetros de la norma (12). Los resultados se muestran en la Tabla 3.

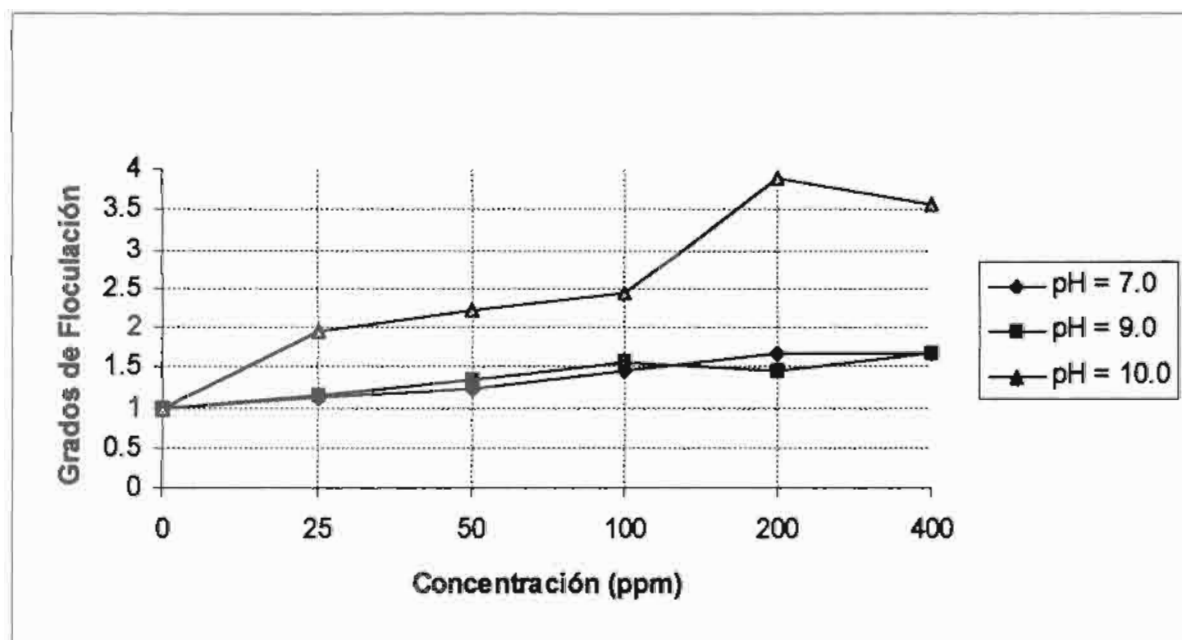


Figura 1. Grados de floculación con el polímero.

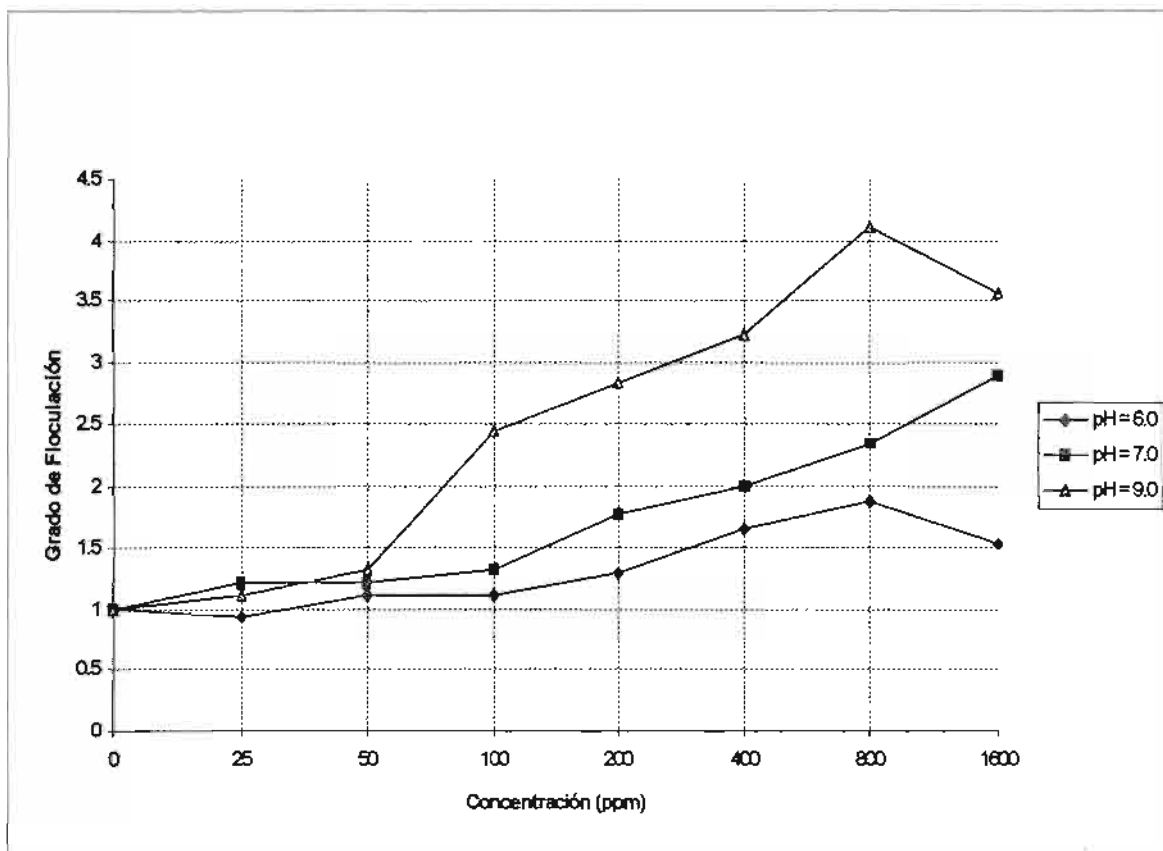


Figura 2. Grados de floculación con sulfato de aluminio.

Tabla 3. Calidad del agua residual antes y después del tratamiento con floculante.

Tipo de agua residual	pH	sólidos sedimentables (ml/l)	sólidos suspendidos totales (mg/l)	grasas y aceites (mg/l)	micro organismos mesofílicos aerobios (UFC/ml)	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)
original	7.51	9	424	87.3	14.5×10^8	709.2	5020.8
pH=9.0	8.95	12	309.28	55.2	595×10^4	540.31	3347.2
pH=10.0	9.95	10	314.31	49.37	468.5×10^4	540.35	3904.5
con polímero	9.9	29	87.46	38.95	425	270.2	1487.27
con sulfato de aluminio	6.79	64	185.37	42.6	235.5×10^3	371.55	2603.01

Para determinar el porcentaje de reducción ejercido únicamente por el uso de cada agente floculante, se tomó en consideración los resultados obtenidos al someter la muestra de agua residual

a pH de 9 y 10 y sedimentación durante 1 hora; tales datos también se encuentran reportados en la Tabla 3.



En la Tabla 4 se expresan los porcentajes de reducción en parámetros tales como: sólidos suspendidos totales, grasas y aceites, DBO, DQO en cada uno de los casos.

Tabla 4. Porcentajes de reducción.

	POLÍMERO	SULFATO DE ALUMINIO
Sólidos susp. totales	72.17 %	40.07 %
Grasas y aceites	21.10 %	22.83 %
D.B.O.	50 %	31.24 %
D.Q.O.	61.90 %	22.23 %

De acuerdo con los resultados experimentales obtenidos, se puede decir que a mayor concentración de sólidos suspendidos totales hay una mayor demanda bioquímica y química de oxígeno. No se puede considerar que exista una relación proporcional puesto que los sólidos suspendidos totales se encuentran integrados por sólidos sedimentables y partículas con un tamaño de diámetro mayor a 1 micra, ya sea orgánicos o inorgánicos.

El pH de las muestras de aguas residuales analizadas se encuentran dentro de un rango de 7 a 9. Al tratar las aguas residuales con el polímero, el pH del medio no se ve afectado en más de 0.5%, debido a que la densidad de carga del polímero no sufre alteraciones con el pH. Sin embargo, dadas las condiciones del tratamiento, el pH de las aguas así obtenidas (9.95) no cumplen con el rango de pH especificado en la norma.

En la Tabla 3 se reportan las cuentas de microorganismos mesofílicos aerobios encontradas en la muestra residual, antes y después del tratamiento con los floculantes. Para conocer la reducción microbiológica lograda por el efecto exclusivamente del polímero bajo condiciones de mayor eficiencia de floculación, se consideraron las 488.5×10^4 ufc/ml iniciales, como el 100 %; las 425 ufc/ml obtenidas después del tratamiento con el polímero representan el 9.07×10^{-3} %, por lo que el porcentaje de reducción fue de 99.99 %. Con el sulfato de aluminio se logró en cambio, una reducción microbiológica del 96.04 % en condiciones de mayor eficiencia de floculación.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los análisis fisicoquímicos y bioquímicos aplicados en muestras de aguas residuales de la Cabecera Municipal de Huixquilucan, se concluyó que la calidad de dicha agua no cumple con los límites máximos permisibles referidos en la norma NOM-067-ECOL-1994, exceptuando el parámetro del pH, el cual se encuentra dentro del rango establecido como permisible. Estas condiciones traen como consecuencia el desequilibrio ecológico del río San Martín y riesgos a la salud pública.

Las condiciones de eficiencia de floculación para utilizar el polímero derivado de tetrametil-etilén amonio como agente floculante en las aguas residuales analizadas, resultaron ser de 200 ppm y pH igual a 10. De igual forma, estas condiciones se presentaron a 800 ppm y pH igual a 9 con el uso de sulfato de aluminio.

Al efectuar el tratamiento con el polímero, se encontró que éste ejerció una mayor reducción de parámetros tales como: sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y grasas y aceites, en comparación con el porcentaje de reducción ejercido por el sulfato de aluminio.

La cantidad de lodos producidos al tratar las aguas residuales con el sulfato de aluminio fue mayor a la cantidad de lodos generados con el uso del polímero. Lo cual implicaría un costo adicional en el caso del sulfato de aluminio para tratar estos lodos.

Sin embargo, el polímero derivado del tetrametil-etilén amonio proporcionó una reducción microbiológica del 99.99 % en las aguas residuales en estudio y el sulfato de aluminio ejerció una reducción del 96.04 %

Con el estudio realizado mediante este trabajo se observó que bajo condiciones de eficiencia de floculación, tanto el polímero como el sulfato de aluminio no fueron suficientes para que las aguas obtenidas después del tratamiento cumplieran con los límites permisibles de descarga. Por ello tenemos la certeza de que una mera sedimentación y el uso de estos agentes, no sería suficiente para el tratamiento de estas aguas residuales.

Sin embargo, consideramos que el tratamiento de dichas aguas generaría beneficios ecológicos,



estéticos así como a la salud pública. Pudiendo aprovecharse las aguas ya tratadas en actividades tales como: riego de parques y jardines del municipio, servicio de lavado del parque vehicular del H. Ayuntamiento, riego de panteones y viveros del municipio e incluso pudiera utilizarse dentro de la construcción de guarniciones, banquetas, calles, etc.

REFERENCIAS

1. Huitrón Rosete, A. *Bando municipal*. H. Ayuntamiento Constitucional de Huixquilucan. Estado de México. 1994-1996. [s.e.] México. 1994.
2. *Los municipios del Estado de México*. Secretaría de Gobernación y Gobierno del Estado de México. Centro Estatal de estudios municipales del Estado de México. Colección: Enciclopedia de los municipios de México. México. 1990.
3. Alaniz Cabrera, L. *Plano de infraestructura existente, pozos, tanques, rebombes y líneas de interconexión*. Gobierno del Estado de México. Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas. Comisión Estatal de Agua y Saneamiento. Municipio de Huixquilucan. México. 1993.
4. NOM-AA-3-1980. Aguas residuales. Muestreo.
5. NOM-AA-4-1977. Determinación de sólidos sedimentables.
6. NOM-AA-5-1980. Determinación de grasas y aceites.
7. NOM-AA-8-1980. Determinación de pH.
8. NOM-AA-12-1980. Determinación de oxígeno disuelto.
9. NOM-AA-28-1981. Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno.
10. NOM-AA-30-1981. Determinación de la demanda química de oxígeno.
11. NOM-AA-34-1981. Análisis de agua. Determinación de sólidos.
12. NOM-067-ECOL-1994. Norma oficial mexicana que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de los sistemas de alcantarillado o drenaje municipal.
13. Maskew Fair, G., Geyer, J.C. y Okun, D.A. *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales*. 4a. Reimpresión. México. Ed. Limusa. 1981.
14. *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Madrid. Ed. Díaz de Santos. 1989.
15. Rodríguez Aguilar, H.M. *Obtención de polímeros derivados de sales cuaternarias de amonio*. Tesis de Licenciatura, Universidad La Salle. México. 1992.
16. NOM-F-253-1977. Cuenta de bacterias mesofílicas aerobias.