

CRECIMIENTO DE ALGAS EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA CIUDAD DE MARACAIBO, VENEZUELA

EDIXON GUTIÉRREZ, MARIO HERRERA, SILVIA GARCÍA,
ELISABETH BEHLING, ELSA CHACÍN Y NOLA FERNÁNDEZ¹

Departamento de Ingeniería Sanitaria, Escuela de Ingeniería
Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Apartado 526,
Maracaibo 4001-A, Estado Zulia, Venezuela. Fax: (58-61) 598525

RESUMEN.- El crecimiento de algas, obtenidas del Lago de Maracaibo, fue estudiado a través de bioensayos utilizando como medio de cultivo las aguas residuales provenientes de diferentes estaciones de bombeo de la ciudad de Maracaibo, las cuales se supone contienen altas concentraciones de Nitrógeno y Fósforo. El crecimiento de las algas fue directamente proporcional a la concentración de Nitrógeno agregado al medio de cultivo, mientras que el aumento de la biomasa fue mínimo con las diferentes concentraciones de Fósforo. El Nitrógeno es considerado como el nutriente limitante para el crecimiento de algas del Lago de Maracaibo. *Recibido:* 09 Noviembre 1995, *Aceptado:* 12 Diciembre 1996.

Palabras claves: Algas, crecimiento de algas, nutrientes, Nitrógeno, Fósforo, aguas residuales, lago, Lago de Maracaibo, Maracaibo, Venezuela.

ALGAE GROWTH IN DOMESTIC WASTEWATER OF MARACAIBO CITY, VENEZUELA

ABSTRACT.- Algae, taken from Lake Maracaibo, were grown in bioassays, utilizing domestic wastewater (with supposedly high concentrations of Nitrogen and Phosphorus) from different pumping stations in Maracaibo city. Increase in biomass was directly proportional to the Nitrogen concentration in the growing medium, whereas biomass increase was minimal with increased concentrations of Phosphorus. Nitrogen is considered the limiting nutrient for

algae growth in Lake Maracaibo. *Received:* 09 November 1995, *Accepted:* 12 December 1996.

Key words: Algae, algae growth, nutrients, Nitrogen, Phosphorus, wastewater, lake, Lake of Maracaibo, Maracaibo, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Las descargas excesivas de aguas residuales, en especial las de origen doméstico, provocan un crecimiento acelerado de las algas en los cuerpos receptores (eutroficación) (Parra Pardi 1986). Por lo tanto, es importante conocer los nutrientes que principalmente aportan estas aguas y que favorecen el desarrollo de este proceso. Como un aporte al control de la eutroficación, el objetivo del presente trabajo es estudiar el impacto que ocasionan las descargas de aguas residuales sobre la biomasa de las algas, y determinar si el Fósforo y/o Nitrógeno limita el desarrollo del fitoplancton en el Lago de Maracaibo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En los bioensayos, se utilizaron: 1) aguas residuales domésticas de diferentes estaciones de bombeo de la ciudad de Maracaibo, 2) muestras de algas tomadas del Lago de Maracaibo, un cuerpo de agua con problemas de eutroficación, y 3) concentraciones diferentes de Nitrógeno y Fósforo.

Preparación de macronutrientes.- Las aguas residuales de las diferentes estaciones de bombeo fueron filtradas y esterilizadas, para luego realizar las diluciones con el Nitrógeno en valores de 0, 5, 10, 30, 50, 70 y 100 % del volumen total de ensayo, el cual fue de 100 ml.

El KNO_3 se utilizó para las diferentes concentraciones de Nitrógeno (Fernández 1986). Para el suministro de Fósforo se empleó el K_2HPO_4 y el KH_2PO_4 , con lo que se lograron concentraciones de este elemento de 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8, 1.0

y 2.0 mg/L. A estas preparaciones se les añadió el agua de las diferentes estaciones de bombeo, hasta 100 ml.

Los macronutrientes fueron añadidos en concentraciones por encima de las normalmente contenidas en las aguas de cada estación de bombeo, las cuales se muestran en la Tabla 1.

Preparación de las algas.- Las muestras de algas tomadas del lago, se centrifugaron por 10 a 15 min, lavando el centrifugado con el medio básico de crecimiento, para luego ser utilizado como inóculo en el bioensayo (Marshall 1986).

Medio básico de crecimiento.- El medio básico de crecimiento recomendado para el desarrollo óptimo de algas está compuesto de: $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (250 mg/L), $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ (15.5 mg/L), $Fe_2(SO_4)_3$ (4 mg/L), $NaHCO_3$ (1.68 mg/L), $MnSO_4 \cdot H_2O$ (1.5 mg/L), Na_2EDTA (50 mg/L), $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ (200 mg/L), $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (80 mg/L), H_3BO_3 (3 mg/L), $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ (130 mg/L) (Fernández 1986).

Procedimiento para el bioensayo.- Se inoculó cada una de las diluciones preparadas, tanto para Nitrógeno como para Fósforo, con 5 ml de cultivo de algas centrifugado y lavado, incubándose durante una semana bajo una lámpara de luz a manera de garantizar el proceso fotosintético de las algas, agitando cada fiola dos veces por día con la finalidad de mantener una distribución uniforme de las algas en el medio.

Determinación del aumento de biomasa.- Luego de la incubación, se procedió a colocar el contenido de cada fiola en otro, el cual se pesó y secó previamente a 80 °C. Realizado este procedimiento, se llevaron al horno a una temperatura de 80 °C por 24 horas, para asegurar el completo secado. Posteriormente las fiolas fueron sacadas del horno y colocadas en un desecador para su enfriamiento. Se procedió entonces al segundo pesado de los recipientes, obteniéndose por diferencia la biomasa o peso de algas contenido en los mismos. Todos los ensayos se realizaron por

triplicado con su correspondiente control.

Análisis de las aguas residuales.- Las aguas residuales utilizadas en los bioensayos fueron tomadas de las estaciones de bombeo de La Rosa, Buen Maestro, La Ciega y Rodó. Los análisis practicados a estas aguas fueron: Nitrógeno amoniacal, Nitrógeno orgánico, ortofosfato, polifosfato, pH y temperatura. Todos ellos se realizaron siguiendo la metodología establecida en los Métodos Standards de la APHA (1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer día del bioensayo (una semana), se observó un precipitado en los reactores biológicos, el cual pudo deberse a la adaptación de la biomasa a los medios de cultivo. Para el segundo día ya el precipitado había desaparecido, observándose una estabilidad del sistema; al tercer y cuarto días se notó la formación de una nata verdosa en los reactores, más evidente en aquellos reactores a los que se les había añadido Nitrógeno. Para el quinto y sexto días, la nata se hizo más espesa y junto a ésta su coloración verdosa fue acentuada. El séptimo día los reactores presentaron su máximo crecimiento, con mayor coloración verdosa.

De los análisis aplicados a las aguas residuales recolectadas en las diferentes estaciones de bombeo de la ciudad de Maracaibo, se pudo observar que las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo bajo las formas analizadas, fueron diferentes (Tabla 1); esto es debido a que las estaciones de bombeo de La Rosa y Buen Maestro recogen descargas de zonas principalmente domésticas; por el contrario, en las estaciones Rodó y La Ciega, se descargan aguas residuales no sólo de origen doméstico, sino también comerciales, lo que explica la variación en las concentraciones de Nitrógeno y Fósforo.

En las aguas residuales domésticas, el Nitrógeno y el Fósforo se presentan en mayor grado bajo la forma de Nitrógeno amoniacal y ortofosfato respectivamente, condición ésta favorable a su asimilación y crecimiento por parte de las algas (Tabla 1).

TABLA 1. Valores promedio de los análisis de las aguas residuales en las diferentes estaciones de bombeo de la ciudad de Maracaibo.

Parámetro	La Rosa	Buen Maestro	La Ciega	Rodó
N-amoniacal (mg/L)	25.20	18.81	11.20	9.80
N-orgánico (mg/L)	3.50	4.90	7.70	7.00
Ortofosfatos (mg/L)	13.30	12.75	6.60	7.80
Polifosfatos (mg/L)	2.85	4.30	9.85	6.70
pH	7.39	7.41	7.57	7.49
Temperatura (°C)	31.40	30.20	30.00	32.10

La Figura 1 presenta el comportamiento en el crecimiento de algas para las diferentes concentraciones de Nitrógeno utilizadas y para las cuatro estaciones de bombeo en estudio. En esta figura, se distingue un aumento de la biomasa, el cual es proporcional al aumento de la concentración de Nitrógeno añadido al medio. Para el punto de inicio de las curvas, cuando no hubo adición de Nitrógeno, se observa cierto crecimiento, el cual se explica porque el medio de cultivo (agua residual captada en las estaciones de bombeo) contenía concentraciones de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo). Se determinó que el crecimiento de las algas es similar hasta el punto donde las concentraciones de agua residual y Nitrógeno añadido son también iguales, lo cual se manifiesta al tener curvas de crecimiento con pendientes similares. A partir del punto medio, se nota que a mayores concentraciones de Nitrógeno añadido, el crecimiento de las algas es más acentuado hasta llegar a un punto donde la concentración de Nitrógeno es del 100 %, provocando un crecimiento explosivo. Se observa una convergencia en el punto donde el Nitrógeno adicionado es del 50 %.

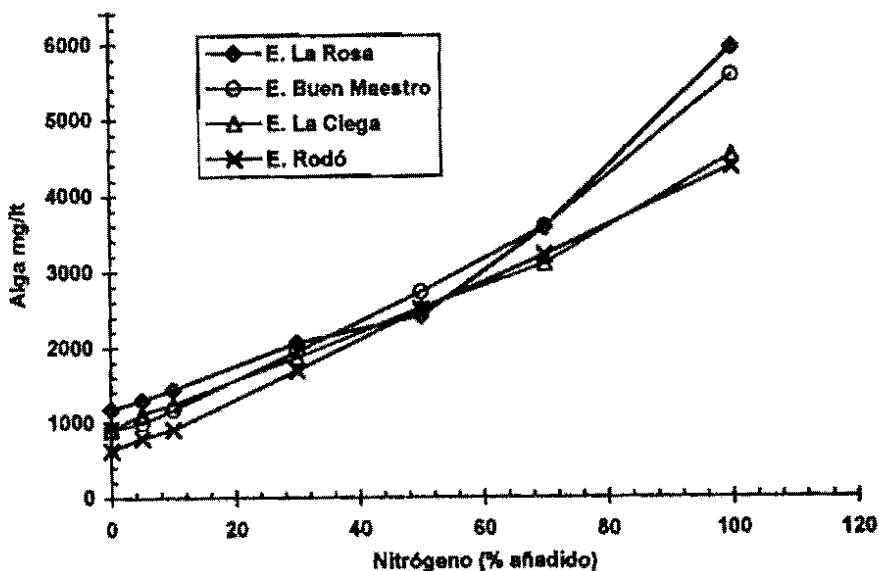


FIGURA 1. Aumento de biomasa de las algas para las diferentes concentraciones de Nitrógeno añadido

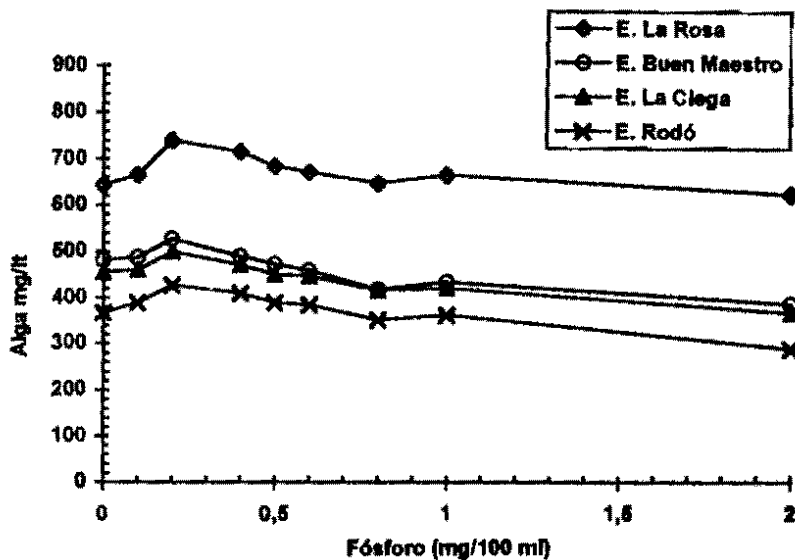


FIGURA 2. Aumento de biomasa de las algas para las diferentes concentraciones de Fósforo añadido.

En relación a los resultados obtenidos para las diferentes concentraciones de Fósforo añadido, se encontró (Fig. 2) que el crecimiento de la biomasa fue mínimo aún con las diferentes concentraciones de Fósforo añadido. El valor óptimo de crecimiento se obtuvo a la concentración de 0.2 mg/100 ml. A concentraciones mayores, el Fósforo no es capaz de ser asimilado por el tipo de algas típicas del Lago de Maracaibo, produciéndose un estancamiento, es decir, a medida que la concentración de Fósforo se incrementa, el sistema se uniformiza y por último decae.

Con los resultados obtenidos se evidenció que el Nitrógeno constituye el nutriente que puede favorecer un crecimiento explosivo de las algas del Lago de Maracaibo. El crecimiento de las algas es directamente proporcional a la concentración de Nitrógeno presente en el medio, es decir, que a medida que se incrementan las descargas en un cuerpo de agua de residuos líquidos, se acelera el proceso de eutroficación. Esto se compara con los resultados obtenidos por Kapp *et al.* (1975), Kimmel y Groeger (1984) y Soballe y Kimmel (1987).

Recomendamos: 1) Analizar las especies de algas del Lago de Maracaibo, 2) determinar la cantidad de nutrientes aportados por los efluentes de tratamientos secundarios y terciarios de aguas residuales, y 3) investigar el aporte de nutrientes de las aguas de lluvia hacia los cuerpos receptores.

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por la invalorable colaboración y apoyo que siempre han brindado.

LITERATURA CITADA

- APHA. 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater (18 ed.). Editado por A. E. Gerrbery, L. S. Clesceri y A. D. Eaton, Washington, DC.
- FERNÁNDEZ ACOSTA, NOLA. 1986. Manual de Laboratorio de Microbiología Ambiental. Trabajo de Ascenso, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo.
- KAPP R., S. E. STEVENS, JR. Y J. L. FOX. 1975. A survey of available Nitrogen source for the growth of the Blue-green Algae *Agmenellum quadriplicatum*. Arch. Mikrobiol. 104: 135-138.
- KIMMEL, B. C., Y A. W. GROEGER. 1984. Factors controlling primary production in lakes and reservoirs: a perspective, *en* Lake and Reservoir Management. EPA 440/5-84-001, pp. 277-281.
- MARSHALL, H. G. 1986. Identification manual for phytoplankton of the United States Atlantic Coast. US Office Research and Development, Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.
- PARRA PARDI, GUSTAVO. 1986. La Conservación del Lago de Maracaibo. Diagnóstico ecológico y plan maestro. LAGOVEN, pp. 19-20.
- SOBALLE, D. M., Y B. C. KIMMEL. 1987. A Large-scale comparison of factors influencing phytoplankton abundance in rivers, lakes and impoundments. Ecology 68: 1943-1954.