

## CULTIVO SEMICONTINUO DE LA MICROALGA *Chlorella* sp. PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUALES PESQUEROS

Teresita de J. Romero López<sup>1</sup>, Isabel Fresneda Rodríguez<sup>2</sup>  
y Dolin Hernández<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Pesqueras. Barlovento, Santa Fe, Playa,  
La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>IPQ Mártires de Girón, 5ta Av., Playa, La Habana, Cuba.

**Resumen.** Se evalúa la posibilidad de tratar efluentes contaminados de la industria pesquera utilizando para ello la microalga *Chlorella* sp. siguiendo un método semicontinuo con recambio diario del residual líquido a razón de 12,5; 25; 50 y 75%. El crecimiento celular se determinó mediante las lecturas de las absorbancias y se corroboró con el cálculo del peso húmedo y seco de la biomasa algal. La efectividad del tratamiento se evaluó mediante las concentraciones de DBO, que fluctuaron entre 92 y 95% para los tratamientos donde el recambio fue de menor volumen (12,5 y 25%). Se recomienda adoptar el sistema semicontinuo para el tratamiento de los efluentes de la industria pesquera con el porcentaje de recambio aquí señalado, que brinda además la posibilidad de obtener biomasa algal para fines de alimentación. *Recibido:* 30 Mayo 2000, *aceptado:* 10 Enero 2001.

**Palabras clave:** biomasa algal, *Chlorella* sp., efluentes pesqueros, método semicontinuo, tratamiento.

## SEMI-CONTINUOUS CULTURE OF THE MICROALGAE *Chlorella* sp. FOR TREATMENT OF FISHING RESIDUES

**Abstract.** This research studied the possibility of treating the polluted effluents of the fishing industry using the microalga *Chlorella* sp. with a semi-continuous method, and daily replacement of the effluent at levels of 12.5; 25; 50 and 75%. The cellular growth was determined by

means of absorbance readings and it was corroborated by the calculation of the humid and dry weight of the algal biomass. The effectiveness of the treatment was evaluated by means of the BOD concentrations which fluctuated between 92 and 95% for the treatment, and where the replacement was of smaller volume (12.5 and 25%). The semi-continue system is recommended for the treatment of polluted water with effluent replacement at 12.5 and 25%, and which also offers the possibility of obtaining algal biomass for feeding. *Received:* 30 May 2000, *accepted:* 10 January 2001.

**Key words:** algal biomass, *Chlorella sp.*, fishing effluents, semicontinue method, treatment.

## INTRODUCCIÓN

El uso de cultivos algales masivos como tratamiento de aguas residuales ha sido aplicado en numerosos países, y se ha demostrado que es un método muy efectivo (Shelef *et al.* 1978).

Existe una vasta experiencia en el tratamiento de efluentes contaminados con aguas residuales de la industria pesquera, utilizando *Chlorella sp.* (Romero 1988, Romero *et al.* 1992, Suárez *et al.* 1992 y Suárez y Romero 1995). Esta microalga se ha adaptado satisfactoriamente a estos efluentes, utilizando los nutrientes presentes en el medio, el CO<sub>2</sub> disponible, etc.

Las investigaciones que se han desarrollado hasta ese momento, emplean un sistema de exposición del fitoplancton al medio de cultivo de forma estática, que evidentemente demanda mayor tiempo de retención que el correspondiente a la forma continua. El objetivo de este trabajo fue comprobar la eficiencia del tratamiento de los efluentes de la industria pesquera con cultivos de microalgas de forma semicontinua, tanto en condiciones controladas de laboratorio como a cielo abierto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos series experimentales a escala de laboratorio, con cuatro tratamientos, cada uno con dos réplicas. Se utilizaron en-

lermeyers de 500 mL, se prepararon los cultivos con un volumen de 200 mL y se empleó una fuente de luz fluorescente, con una intensidad lumínica de 10 Klux. Se logró una adecuada distribución de la iluminación rotando los recipientes diariamente. La agitación se mantuvo constante para garantizar una buena disponibilidad de nutrientes en todo el medio, resuspensión celular y el restablecimiento del Anhídrido Carbónico (CO<sub>2</sub>) necesario.

El experimento consistió en la simulación de un cultivo semi-continuo de la microalga *Chlorella* sp. en agua residual, producto del procesamiento del recurso pesquero jurel (*Caranx latus*), para lo cual se inoculó diariamente un determinado porcentaje de residual pretratado por filtración y se extrajo un volumen equivalente del medio (cultivo de *Chlorella* sp. desarrollado en el efluente pesquero en su fase exponencial).

La microalga utilizada para la experimentación se obtuvo del stock de *Chlorella* sp. adaptada previamente al residual pesquero, según el método que reporta Romero (1998) y la densidad celular del inóculo fue a razón  $10 \times 10^6$  cel./mL.

La tasa de renovación (v/v), según el tratamiento propuesto fue como se señala en la Tabla 1.

La renovación del residual se realizó diariamente a las 13:00 horas y la toma de muestra se llevó a cabo antes del recambio, para la lectura del pH y la densidad óptica (DO) a 560 nm, valor máximo de absorbancia encontrado mediante una ecuación de regresión, que

TABLA 1. Concentraciones de residual y medio de cultivo reciclados en los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	% RESIDUAL	% MEDIO DE CULTIVO
I	12.5	87.5
II	25.0	75.0
III	50.0	50.0
IV	75.0	25.0

tuvo como variable dependiente el número de células y como independiente la DO en un rango de trabajo entre 600 nm y 780 nm, según recomendaciones de la E.P.A. (1971).

En la segunda serie se determinó, al final del experimento, el peso seco de la biomasa algal, así como el pH y DO. La calidad del agua centrifugada se valoró a través de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), según el método descrito en el APHA (1980).

Seguidamente se efectuó un bioensayo a cielo abierto en peceras de 5 litros de capacidad, con un volumen del medio de 4 litros, como fuente de energía se utilizó la radiación solar sin interferencia con una intensidad lumínica media de 1365 Klux. Estos ensayos se realizaron solamente con las dos variantes que mejor resultados arrojaron en los experimentos bajo condiciones de laboratorio, con una réplica cada uno.

Se midió, diariamente el pH del cultivo, y se realizó un control del crecimiento celular a través de la DO, el peso húmedo y seco antes de efectuar el recambio.

La DBO se evaluó en días alternos y se determinó la eficiencia del método a través del análisis de la calidad del agua residual sin tratar, utilizada en los ensayos como caldo nutritivo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En el primer bioensayo, se observó mayor crecimiento celular en los tratamientos con 12,5% y 25% de aporte residual, con rango de DO entre 0,6 y 0,65 (Fig. 1).

A pesar de exhibir el mayor crecimiento los tratamientos I y II, no igualaron las DO reportadas por Romero (1998) cuando el medio alcanza la densidad máxima de células en cultivos estáticos superiores a 0.8. Esto posiblemente ocurrió debido a que parte de las células fitoplanctónicas son extraídas producto de la renovación del residual, sin estar en la fase exponencial de crecimiento, por lo que no alcanzan mayores densidades en el medio.

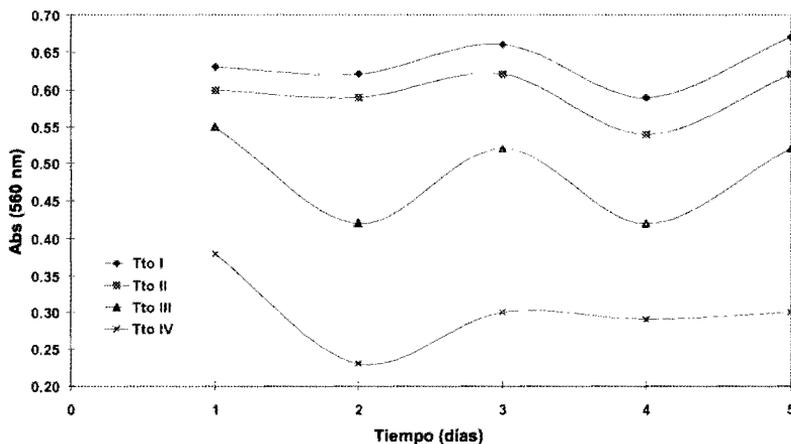


FIGURA 1. Comportamiento del crecimiento celular en el tiempo dado en DO según el tratamiento aplicado en el primer ensayo.

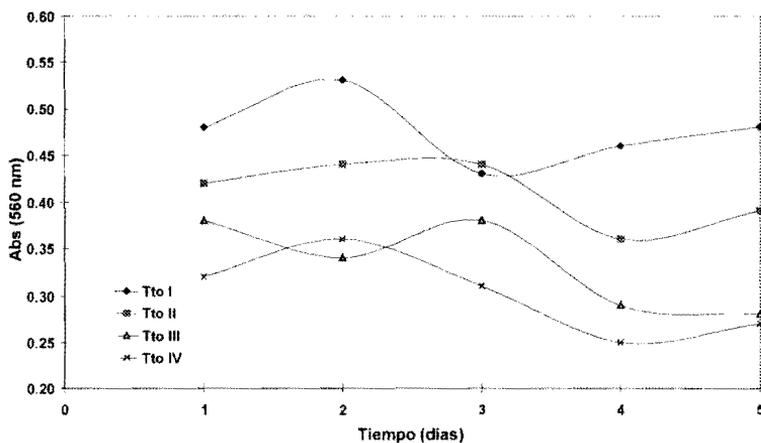


FIGURA 2. Comportamiento del crecimiento celular en el tiempo dado en DO según el tratamiento aplicado en el segundo ensayo.

El pH se mantuvo entre 7,5 y 8,5, rango característico de *Chlorella* sp. cuando mantiene un desarrollo estable de las células fitoplanctónicas en estos residuales (Romero *et al.* 1992).

En el segundo experimento, al igual que en el caso anterior, los mayores crecimientos se produjeron en los dos primeros tratamientos, con DO que oscilaron entre 0,6 y 0,7 (Fig. 2), y el pH se reportó entre 7,8 y 8,7.

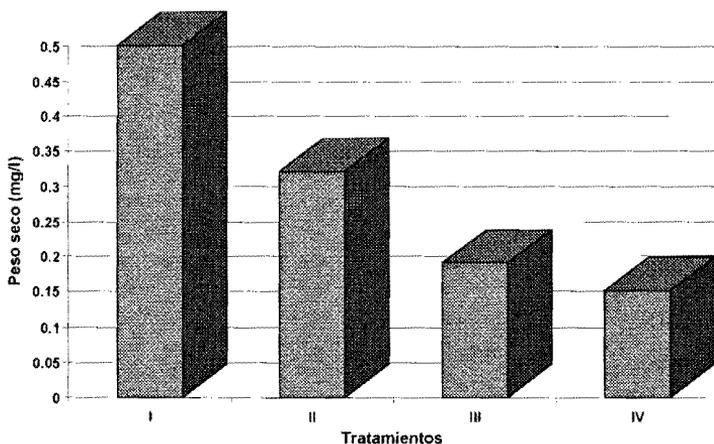


FIGURA 3. Concentraciones de peso seco según el tratamiento aplicado en el segundo ensayo.

Se determinó que el peso húmedo mantuvo una concentración entre 4,2 y 5,2 g/L y el peso seco entre 0,32 y 0,5 g/L en los dos primeros tratamientos. Para los dos últimos, la disminución fue apreciable, de 2,0 g/L de peso húmedo y 0,15 g/L de peso seco como promedio (Fig. 3).

Los resultados obtenidos fueron inferiores a los reportados por Romero *et al.* (1992) y Romero (1998) en sus trabajos con cultivos de *Chlorella sp.*, los que se mantuvieron en el orden de 4 a 5 g/L de peso húmedo y 0,8 a 1,0 g/L de peso seco en la fase exponencial de crecimiento. Esto podría estar relacionado con el tiempo de contacto de las células con la materia orgánica del residual, que al parecer es insuficiente y por lo tanto no logra alcanzar una biomasa mayor.

La DBO del agua centrifugada disminuyó a medida que la renovación, aporte de residual, se hacía menor, es decir, de 95,0°; 44,0°; 38,0 y 26,0 mg/L respectivamente (Fig. 4), demostrando esto que para fines de purificación de efluentes contaminados, los dos primeros ensayos cumplieron con las normas de vertimiento que dispone Salud Pública y citan las Normas Cubanas (1987); estas señalan que las aguas residuales después de tratadas, deben mantener una DBO entre 20 y 40 mg/L para ser vertidas a ríos, costas, bahías y otros reservorios. De ello se deduce que la eficiencia de estos tratamientos

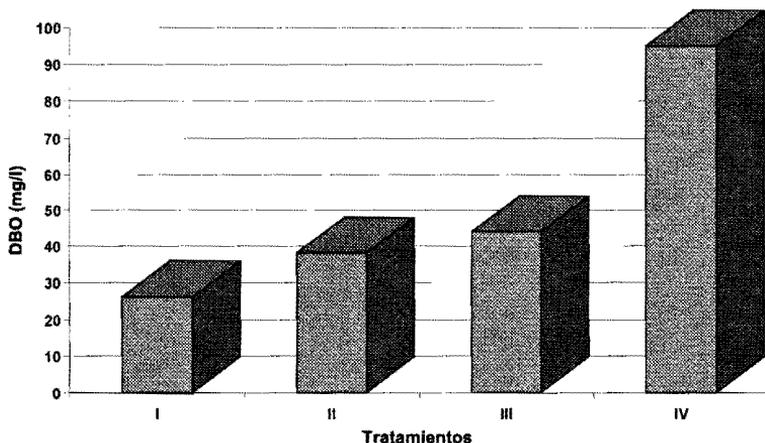


FIGURA 4. Concentraciones de DBO del agua tratada según el tratamiento aplicado en el segundo ensayo.

va disminuyendo a medida que el volumen de residual que se incorpora diariamente a las lagunas es mayor, por lo que existe una relación inversa entre ambos parámetros.

Los bioensayos descritos se repitieron a cielo abierto, tomando en consideración los resultados de los tratamientos I y II, debido a que fueron los más favorables.

La DO de los cultivos se mantuvo entre 0,5 y 0,6 con una renovación diaria en el transcurso de los días (Fig. 5); se obtuvieron valores semejantes a los encontrados en condiciones de laboratorio. La variación entre el tratamiento 1 y 2 no fue significativa, hecho que se demostró al realizar un análisis de varianza al 95% de certeza, donde la *T* calculada fue de 0,69 y la *T* tabulada de 4,49, aunque siempre los mejores resultados se apreciaron donde la renovación fue menor (12,5%).

El peso húmedo osciló entre 5,1 y 6,6 g/L y el peso seco entre 0,48 y 0,61 g/L (Fig. 6), hecho que justifica, además de la productividad considerable de biomasa, la estabilidad diaria del cultivo fitoplanctónico.

En relación a la DBO, se evidenció una reducción de la contaminación, en ambas peceras, muy similares entre sí, del orden del

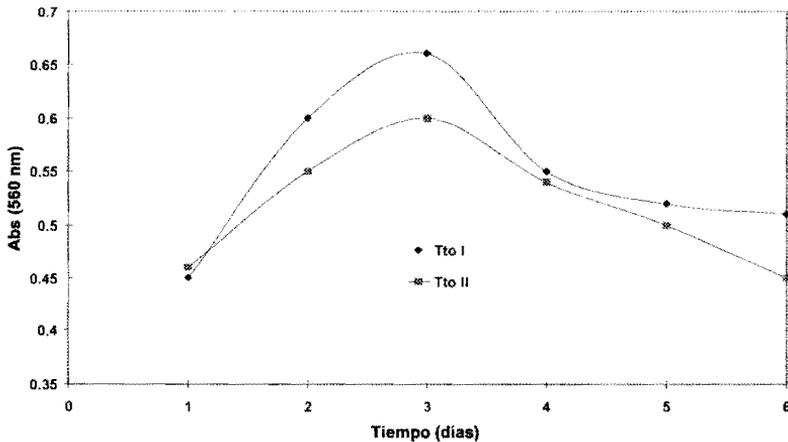


FIGURA 5. Comportamiento del crecimiento celular en el tiempo dado en D.O. en los ensayos realizados en peceras.

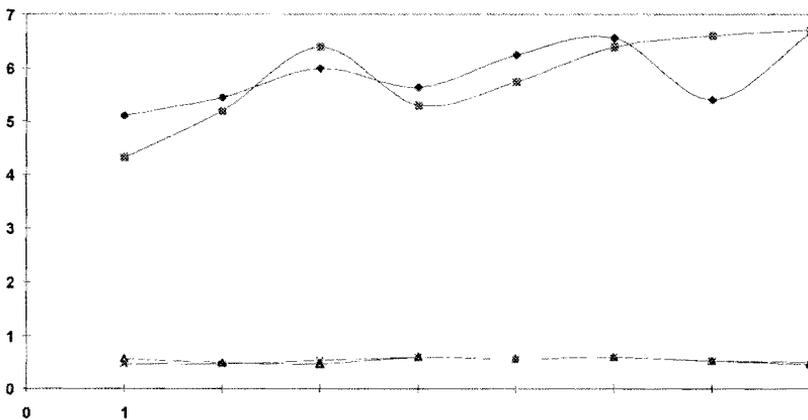


FIGURA 6. Comportamiento del crecimiento celular en el tiempo dado (peso húmedo y seco) en los ensayos realizados en peceras.

93-95%. Es importante señalar que atendiendo la calidad del efluente, el método semicontinuo de cultivo de *Chlorella* sp. en residuales pesqueros, es eficiente con tasas de renovación del 12,5 y 25% y puede aplicarse con el fin de lograr descargas en condiciones aceptables para su vertimiento.

Adoptar el sistema estático o semicontinuo está condicionado a la disponibilidad de terreno y al interés que presenten los órganos in-

volucrados, bien para tratar los efluentes contaminados u obtener biomasa algal con fines de alimentación.

### CONCLUSIONES

El recambio de agua residual como método de tratamientos con cultivos de microalgas con tasa de renovación de 12,5 y 25% resultaron los más eficientes, reportando una disminución de la DBO del 93 al 95%, con una biomasa algal seca de 0,5 g/L.

### RECOMENDACIONES

Se puede adoptar el sistema semicontinuo para el tratamiento de los efluentes industriales de la pesca, en aquellas instalaciones que posean áreas insuficientes para acometer el sistema estático.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada por todos los especialistas del Grupo de Microalgas y a los trabajadores de la Empresa Pesquera INDAL.

### LITERATURA CITADA

- APHA. 1980. Standard methods for the examination of water and waste waters. 14<sup>th</sup> ed. Edition American Public Health Association. Washington D.C. 800 pp.
- NORMA CUBANA. 1987. Comité Estatal de Normalización. Nivel Central. República de Cuba. 93-01-105: 10 pp.
- ROMERO L. T., A. G. SUAREZ y M. E. PARRA. 1992. Obtención de proteína vegetal a partir de microalgas cultivadas en residuales líquidos de la industria pesquera. IV Congreso Pan. de Ing. Alim. XXII Conv. UPA-DI ' 92. Santo Domingo: 65-73.
- ROMERO, T. 1998. Tecnología de cultivo de *Chlorella vulgaris* en los efluentes líquidos de la industria pesquera y subproductos derivados.

Anais dos IV Congresso Latino-americano de Ficologia, II Reuniao Ibero-americana de Ficología e VII Reuniao Brasileira de Ficologia, Sociada de Ficologica da America Latina e Caribe: 475-495.

- SHELEF G., R. MORAINÉ y G. ORON. 1978. Photosynthetic biomass production from sewage. *Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol.* 11: 3-14.
- SUAREZ G., T. ROMERO y M. E. PARRA. 1992. Evaluación de una planta piloto para depuración de residual pesquero y producción de microalgas en el CIP de Manzanillo. XXIII Congreso Int. de Ing. San. y Amb. CUBAIDIS. La Habana. Cuba. Tomo II. Parte 2: 847-855.