

V. Ferrera, G. Benítez, J.R. Fagundo, M. del C. Espinosa, E. Alvarez. Control de la producción de algas a partir de mediciones de pH, conductividad eléctrica y otros indicadores. Proc. I Taller Internacional de Microalgas y Plantas Acuáticas, XII Seminario Científico CNIC, 4 Pags., 1995.

CONTROL DE LA PRODUCCION DE *Arthrospira maxima* A PARTIR DE MEDICIONES DE pH, CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y OTROS INDICADORES.

Vivian Ferrera, Griselda Benítez, Juan Reynerio Fagundo, Ma. del Carmen Espinosa, Estrella Alvarez.

Dpto. de Contaminación Ambiental. CNIC.

RESUMEN

Se realiza un análisis de la variación temporal de los principales indicadores del medio de cultivo de la *Arthrospira maxima*: conductividad eléctrica (C.E.), pH, temperatura, concentración iónica, clorofila y densidad óptica, evaluándose de esa manera un método para el monitoreo y el proceso de cultivo de esta microalga.

ABSTRACT

An analysis of the temporary variation of the main quality indicators of *Arthrospira maxima* culture medium (electrical conductivity, pH, temperature, ionic concentration, chlorophyll and optical density) was performed with the aim to evaluate a monitoring method for microalgal cultivation.

Key words: *Arthrospira maxima*, micro-alga, culture medium.

INTRODUCCION

En la actualidad es de gran importancia el empleo y la búsqueda de vías saludables de alimentación. Con la problemática la protección del ambiente y de la preservación del hombre como elemento principal de este medio, se hacen necesarias algunas prácticas nutricionales utilizadas ya por nuestros antepasados. Entre ellas se encuentra la elaboración de alimentos e ingredientes a partir de microalgas. Con este objetivo se realizan variados estudios de distintas especies de estas.

La *Arthrospira maxima* es una especie de microalga verde azul que crece en un medio bicarbonatado sódico altamente concentrado ante la presencia de nutrientes como nitratos, fosfatos y sulfatos. Posee un elevado contenido proteico (60% a 70% de peso seco) y es una fuente excelente de complejos vitamínicos (particularmente de vitamina B12) y pigmentos como clorofila, carotenoides y ficocianina. Se le ha ofrecido un interés especial al estudio del proceso de cultivo de esta microalga y a la influencia de los factores físicos y químicos en su crecimiento (Zarrouk, 1966; Richmond, 1986; Borowitzka, 1988).

OBJETIVOS.

El objetivo de este experimento fue establecer un método para el control del proceso de producción de la *Arthrospira maxima* a partir de mediciones de los parámetros anteriormente mencionados, y, de esa manera, optimizar la propagación y el crecimiento satisfactorio de esta microalga.

MATERIALES Y METODOS.

Se diseñó un experimento consistente en exponer un cultivo de *Arthrospira maxima* a la acción de una luz artificial durante 18 días, monitoreando los cambios de pH, conductividad eléctrica, temperatura y análisis de los iones bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), cloruro (Cl^-), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), así como la determinación de clorofila y densidad óptica. Ocasionalmente se suministró un flujo de CO_2 , con el fin de mantener el pH en un intervalo adecuado (9,3 - 9,7) (Sosa Texcoco, 1977) con la consiguiente concentración óptima del ion bicarbonato, el cual es utilizado por la microalga en su crecimiento.

Se utilizó una cubeta plástica de 50 x 50 cm² provista de un sistema de paletas acopladas a un motor eléctrico con el fin de mantener una agitación lenta y continua del medio de cultivo. El mismo fue expuesto en las horas diurnas a la acción de la luz suministrada por 4 lámparas de neón de 40 w cada una, situadas a una altura de 40 cm de la superficie del líquido.

Como medio de cultivo se utilizó el Zarrouk (Zarrouk, 1966), para 25 L del mismo se emplearon los siguientes componentes:

NaCl	25 g	EDTA sódico	2 g
NaNO ₃	62,5 g	K ₂ SO ₄	25 g
CaCl ₂	4 g	MgSO ₄	5 g
FeSO ₄	0,25 g	K ₂ HPO ₄	12,5 g
NaHCO ₃	400 g		

El medio fue inoculado con 250 mL de una suspensión concentrada de la microalga.

Se tomaron diariamente alícuotas de 50 mL, a las que se les hicieron análisis de macrocomponentes mediante técnicas volumétricas del Standard Methods (1985). el pH se midió cada día con un pHmetro MPH-4B CNIC y la conductividad eléctrica con el equipo ECCA-2 CNIC. además se determinó clorofila (Standard Methods, 1985) y densidad óptica a 750 nm, empleando un fotocolorímetro digital Spekol modelo 210. Los datos obtenidos fueron procesados por el programa de computación SYSALGAS (Alvarez y Fagundo, 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las mediciones químico-físicas aparecen en la tabla 1.

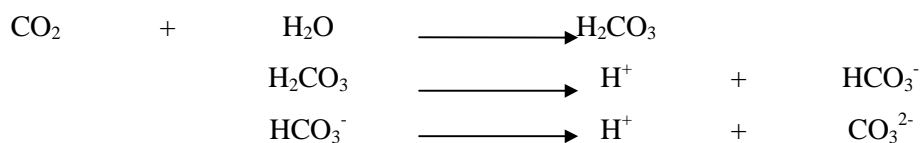
FECHA	DIAS	HORA	TEMP °C	pH	CE $\mu\text{S/cm}$	HCO_3^- mg/L	CO_3^{2-} mg/L	Cl mg/L	Ca mg/L	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ mg/L
27/5/92	1	9:00	26,0	8,59	19600	8464	1875	671	24	10339
28/5/92	2	9:00	25,5	8,72	18700	8692	1725	710	24	10417
29/5/92	3	10:00	26,5	9,11	20800	8769	1725	710	24	10494
29/5/92	3	14:00	26,5	9,14	21100	8540	1725	710	24	10265
30/5/92	4	12:00	27,0	9,29	21600	8006	2175	710	24	10181
1/6/92	6	12:00	27,0	9,55	23300	7487	2700	710	24	10187
1/6/92	6	19:00	27,0	9,38	22000	8006	2325	-	-	10331
2/6/92	7	14:00	28,0	9,56	22200	7168	3075	710	18	10243
3/6/92	8	11:00	27,5	9,47	22400	7854	2700	799	18	10554
4/6/92	9	14:00	28,0	9,45	22300	7930	2625	799	18	10555
5/6/92	10	12:00	29,0	9,60	22000	8006	2775	799	12	10781
6/6/92	11									
8/6/92	13	12:00	28,0	9,42	23900	8000	2600	834	12	10783
9/6/92	14	12:00	27,0	9,38	23900	8388	2925	834	12	11317
10/6/92	15	12:00	27,5	9,52	24100	8083	3150	852	12	11232
11/6/92	16									
12/6/92	17	12:00	28,0	9,60	24300	8159	3375	888	12	11534
13/6/92	18									
23/6/92	28	13:00	28,5	9,67	26700	9226	4275	976	12	1350

Aplicaciones de CO_2

Los cambios producidos durante el experimento se observan mejor en las figuras 1, 2 y 3. Como puede apreciarse en la figura 1, la variación en el tiempo de la concentración de HCO_3^- se comporta como una imagen especular en relación a la concentración de CO_3^{2-} y del valor del pH, es decir, cuando aumenta el HCO_3^- disminuyen las otras 2 magnitudes y viceversa.

En los primeros 6 días del experimento (en los cuales no se aplicó el CO_2), como resultado del proceso metabólico de las microalgas se produjo una disminución del HCO_3^- de 8464 mg/L a 7487 mg/L, mientras que la concentración del ión CO_3^{2-} se incrementó de 1875 a 2700 mg/L y el pH aumentó de 8,5 a 9,5 unidades (Tabla 1). La concentración de carbonato total sufrió una disminución de 10 339 a 10 187 mg/L. Sin embargo, a pesar de esta disminución de concentración, la conductividad eléctrica incrementó su valor de 19 600 a 22 300 $\mu\text{S/cm}$ (Fig. 2) como consecuencia de una mayor conductividad específica del ión CO_3^{2-} en relación al ión HCO_3^- : 60 y 37 $\mu\text{S/cm}$ a 18°C, respectivamente (Defrancesco, 1991). En ese mismo período, el ión Cl^- acusó un incremento no explicable, mientras que los contenidos de Ca^{2+} y Mg^{2+} experimentaron ligeras disminuciones, aunque estas variaciones se encuentran en el orden del error analítico.

En la figura 1 se muestra mediante flechas los suministros de CO₂ (8 veces entre los días 6 y 17). Mediante el control del pH se logró mantener una proporción bastante estable de iones HCO₃⁻ y CO₃²⁻, lo cual está regido por los siguientes equilibrios químicos:



En general, la concentración total de HCO₃⁻ + CO₃²⁻ aumentó de 10 339 a 11 350 mg/L (Tabla 1), mientras que las de Ca²⁺ y Mg²⁺ disminuyeron ligeramente (de 24 a 12 mg/L). Durante el tiempo de experimentación se produjo un creciente aumento de la producción de la microalga, tal como se aprecia en la figura 3 a través de los valores de clorofila y densidad óptica, las cuales presentaron un ascenso progresivo (Tabla 2).

FECHA	Clorof. a	Clorof. b	Clorof. c	Clorof. total	D.O. _{750 nm}
27/5/92	1,722	0	0,128	1,850	0,0723
28/5/92	0,967	0	0,050	2,017	0,0725
29/5/92	2,982	0	0,252	3,234	0,0758
1/6/92	6,593	0,497	0,272	7,362	0,2505
3/6/92	6,710	0,539	1,081	8,331	0,3314
4/6/92	8,937	0,154	0,545	9,636	0,3849
8/6/92	8,213	2,832	2,276	13,320	0,4211
9/6/92	8,114	3,512	2,002	13,630	0,5325
11/6/92	10,080	3,479	3,067	16,630	0,6511
17/6/92	10,430	1,757	1,939	14,120	0,7640
22/6/92	20,400	1,399	1,812	23,160	0,9763

CONCLUSIONES

Como resultado de este estudio se puso de manifiesto la conveniencia de controlar el proceso de crecimiento de la *Arthrospira maxima* mediante el suministro adecuado de CO₂ a partir de mediciones de pH, conductividad eléctrica, determinación de los macroconstituyentes por análisis volumétricos, así como análisis de clorofila y densidad óptica por métodos fotocolorimétricos.

Mediante correlaciones matemáticas entre los diferentes indicadores de calidad se puede racionalizar el número y controlar el proceso a partir del pH y la conductividad eléctrica, así como los correspondientes modelos de correlación.

BIBLIOGRAFIA

- - Alvarez, E. y Fagundo, J.R., 1992. sistema para el control de la calidad del cultivo de microalgas (SYSALGAS), CNIC.
- - Borowitzka, M. & Borowitzka, L. (eds.), 1988. Micro-algal biotechnology. Cambridge University press, Cambridge.
- - Defrancesco, F., 1991. Aqua. Appunti introduttivi alla scienza, alla tecnica, alla difesa delle acque naturali. Ed.: Temi, pp 187.
- - Sosa Texcoco S.A., 1977. Manual para el control del cultivo industrial de *Spirulina*. Departamento de Algas y Proteínas. México.
- - Richmond, A. (ed.), 1986. Handbook of microalgal mass culture. CRC Press, Boca Raton. Fl.
- - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 1985. APHA, AWWA, WPCF.
- - Zarrouk, C. 1966. contribution 'a l'étude d'une cyanophycée. Influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthese de *Spirulina maxima* (Setch et Gardner) Geitler. Theses présentées a la Faculté de Sciences de L'Université de Paris pour obtenir le grade de Docteur és Sciences Appliquées.