

OCURRENCIA DE AGUAS NATURALES Y MINERALES PARA EL CULTIVO DE MICROALGAS

Patricia González Hernández, Juan R. Fagundo Castillo, Clara Melián Rodríguez, Margaret Suárez Muñoz.

“Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional”

Avenida 243 #19815 Reparto Fontanar Boyeros, Ciudad Habana, Cuba. C.P 19250.

Fax: 320090, 453599, E-mail: patricia@fctn.isctn.edu.cu

RESUMEN

Las microalgas del género *Arthrospira* y *Spirulina* presentan altos contenidos proteicos tanto para el consumo animal como humano, y a partir de las mismas se sintetizan compuestos biológicamente activos de gran demanda en la industria farmacéutica y cosmética. El cultivo de las mismas requiere de un medio con altas concentraciones de bicarbonato de sodio, en el intervalo desde 10 hasta 16 g/L.

El presente trabajo muestra las características físico-químicas de algunas aguas naturales cubanas del tipo bicarbonatadas sódicas, que de forma natural llegan a alcanzar concentraciones de bicarbonato de sodio de hasta 2 g/L y que pueden servir como solución de partida para la formulación del medio de cultivo de las microalgas del género *Arthrospira* y *Spirulina*, previo a un incremento de las concentraciones de bicarbonato de sodio ya sea por evaporación o por adición de este reactivo.

Por otra parte los resultados de los estudios experimentales en el laboratorio, a partir de roca caliza y resina de intercambio catiónica, han permitido obtener soluciones concentradas de bicarbonato de sodio de hasta 12.7g/L, que representa más del 75 % de la concentración necesaria para la formulación del medio de cultivo de la *Arthrospira* y la *Spirulina*, lo cual implica un ahorro considerable de materia prima.

Palabras claves: *Arthrospira*, *Spirulina*, cultivo, bicarbonato, y microalga

ABSTRACT

The *Arthrospira* and *Spirulina* microalgae have a high protein content useful in animal and human consumption, besides, they are used to obtain biological active compounds demanded in the pharmaceutical and the cosmetics industries. The culture medium for these microalgae needs bicarbonate concentrations in the order of 16 g/L.

This work shows the physical-chemical characteristics of some Cuban natural waters, with bicarbonate concentrations up to 1.7 g/L, used as primary solution in the preparation of an culture medium for these microalgae, with the increase of the bicarbonate concentration by evaporation or by adding sodium bicarbonate.

The result of laboratory experimental studies, using carbonated rocks and cationic exchange resin, have allowed to obtain concentrated solutions with sodium bicarbonate concentrations up to 12.7 g/L, more than 75% of the needed concentration for the medium, with a significant decrease in the cost of the process.

Key words: *Arthrospira*, *Spirulina*, bicarbonate, microalgae and culture

INTRODUCCIÓN

Las microalgas del género *Arthrospira* y *Spirulina* presentan altos contenidos proteicos tanto para el consumo animal como humano, y a partir de las mismas se sintetizan compuestos biológicamente activos de gran demanda en la industria farmacéutica y cosmética. El cultivo de estas microalgas requiere de un medio con altas concentraciones de bicarbonato de sodio, en un intervalo desde 10 y 16 g/L (Espinosa, 1999). En la naturaleza estas concentraciones existen en algunas aguas naturales de origen volcánico en América, África y Asia (Matheus, 1975, Urbani, 1992).

En nuestro país las aguas naturales que más abunda son las meteóricas del tipo bicarbonatadas cálcicas que, por lo general, llegan a alcanzar concentraciones de bicarbonato de hasta 0,45 g/L, mientras las de tipo bicarbonatadas sódicas, menos abundantes, pueden llegar a alcanzar concentraciones de hasta 2,0 g/L. Aún cuando estas concentraciones sean muy bajas para el cultivo de las microalgas del género *Arthrospira* y *Spirulina*, estas aguas pueden servir como solución de partida para la formulación del medio de cultivo de estas microalgas, previo a un incremento de las concentraciones de bicarbonato de sodio ya sea por evaporación o por adición de este reactivo.

Por otra parte las aguas naturales del tipo bicarbonatadas cálcicas pueden ser utilizadas para la obtención, por vía química, de soluciones con altas concentraciones de bicarbonato de sodio con vistas a ser utilizadas como solución de partida y de esta forma reducir los costos de importación (Fagundo, 1991, Fagundo et. al., 1992).

El objetivo de este trabajo es evaluar las aguas de tipo bicarbonatadas sódicas que ocurren en diferentes medios geológicos en las regiones comprendidas entre Bahía Honda y Mariel, en las provincias de Pinar del Río y la Habana respectivamente y la obtención, a partir de experimentos en el laboratorio con roca caliza y resina de intercambio catiónico, de soluciones concentradas de bicarbonato de sodio. La preparación de los medios de cultivos a partir de fuentes naturales permite un gran ahorro por importación de reactivos abaratando los costos de producción.

MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este trabajo se utilizaron datos de muestreos realizados en los trabajos de levantamiento Geológico realizado en la provincia de Pinar del Río en la década del 90 (Martínez, et. al., 1991); muestras tomadas por los autores en Las Terrazas, entre 1990 y 1991 y finalmente muestras tomadas por los autores en la región de Las Terrazas y otras áreas de la Sierra del Rosario en el período 1998-2004. Para el análisis de las muestras se utilizaron las técnicas APHA – AWWA – WPCF (1992), técnicas de campo para la determinación de las propiedades físico-químicas de las aguas y de macroconstituyentes basadas en la utilización de métodos volumétricos y colorimétricos (Wieslawa, 1992).

Como herramienta fundamental en el procesamiento e interpretación de los resultados obtenidos en estos experimentos, se hizo uso de la estadística básica mediante la regresión lineal y el diseño factorial de experimentos (Statistica for Windows, 1995).

Para la obtención experimental en el laboratorio de soluciones concentradas de bicarbonato de sodio se ponen a interactuar roca carbonatada con una cationita en forma de Na^+ (WAFATIT KPS-200) en un volumen de agua dado, con un flujo de CO_2 constante y durante un tiempo dado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las aguas del tipo bicarbonatadas sódicas originadas por la acción de las aguas meteóricas sobre los sedimentos de origen volcánico y que tienen una composición adecuada para cultivo de las microalgas *Arthrospira* y *Spirulina* se localizan, principalmente, en la región comprendida entre Bahía Honda y Mariel. Esta región corresponde a la zona estructuro-facial Bahía Honda, la cual forma una faja de 12 a 17 km de ancho, que limita al norte con el Golfo de México y al sur con la unidad tectónica Guaniguanico, donde se encuentra la Sierra del Rosario.

Esta zona contiene sedimentos del Cretácico y del Paleógeno. Las secuencias del Cretácico están representadas por areniscas, aleurolitas, argilitas, calizas, tobos, basaltos y otras rocas de las formaciones Quiñones (Felicidades) y Orozco (Cretácico Superior Cenomaniano-Turoniano); las formaciones Vía Blanca y San Juan y Martínez (Cretácico Superior Campaniano-Maestrichtiano); así como la Formación Peñalver (Cretácico Superior Maestrichtiano) (Mapa Geológico de Cuba, 1985). Este complejo de rocas semipermeables posee aguas del tipo $\text{HCO}_3\text{-Na}$ con mineralización entre 0.3 y 1.7 g/L, abundando aquellas con más de 1 g/L.

El Paleógeno está representado por la Formación Capdevila (Paleoceno Superior-Eoceno Inferior) constituida por areniscas, aleurolitas y conglomerados, y la Formación Universidad (Eoceno Inferior a Medio), que contiene margas y calizas arcillosas. Estas unidades constituyen el complejo semimpermeable del Paleógeno, donde ocurren aguas fundamentalmente del tipo bicarbonatadas sódicas, que llegan a alcanzar concentraciones entre 1.2 y 1.4 g/L, principalmente al sur del Mariel.

En la tabla 1 se presenta las fuentes del tipo bicarbonatadas sódicas de relativamente alta mineralización que afloran en este territorio, así como la composición química de las mismas (Martínez et. al., 1991).

Como puede apreciarse, algunos pozos y manantiales poseen aguas con concentraciones de bicarbonato de sodio cercanas a 2 g/L. A partir de esta agua se pueden obtener soluciones más concentradas, evaporándolas al sol antes de la formulación del medio de cultivo o por adición de ceniza de bagazo de caña (procedente de los centrales azucareros cercanos) y posterior burbujeo de CO_2 . El relativamente mayor contenido de Ca^{2+} o Mg^{2+} que pudieran presentar algunas de estas aguas, en relación con los requerimientos de la microalga, se puede eliminar mediante un tratamiento previo con un intercambiador iónico.

Para la obtención de soluciones concentradas de bicarbonato de sodio, a partir de caliza y resina intercambiadora, se realizó un diseño factorial de experimentos 2^2 para estudiar la influencia de las cantidades de roca y de resina sobre la concentración del ion bicarbonato. Se escogieron como niveles bajo y alto del peso de roca 3.5 y 7 g y de resina 200 y 400 g, respectivamente. El flujo de CO_2 fue de 0.28 m^3/h , el volumen de solución de 0.2 L y el tiempo de reacción de una hora. De acuerdo con este diseño se realizaron un total de 7 corridas experimentales, las que incluían 3 en el centro del plan experimental (5.25 g de roca y 300 g de resina). Los resultados se presentan en la tabla 2.

Al aplicar el análisis de varianza a los resultados obtenidos se pudo determinar que el peso de resina intercambiadora no es significativo dentro del intervalo experimental estudiado, es decir, que no tiene influencia sobre el rendimiento del ion bicarbonato, lo cual se observa claramente en un diagrama de los Efectos Principales (Fig. 1).

Sin embargo, sí se determinó que la interacción entre ambas variables estudiadas es significativa. De acuerdo con los efectos estimados el polinomio que describe el sistema es el siguiente:

Conc. $\text{NaHCO}_3 = 9.75 + 4.09 (\text{Peso Roca}) + 2.21 (\text{Peso Roca}) (\text{Peso Resina})$

En este polinomio los valores de las variables están codificados. El Análisis de Varianza (ANOVA) efectuado permite afirmar que el modelo explica más del 97% de la variabilidad en la concentración de bicarbonato obtenida, de acuerdo con el coeficiente de determinación (R^2) hallado.

En estas condiciones experimentales se alcanzaron concentraciones de bicarbonato de sodio de hasta 12.7 g/L, que representan más del 75 % de la concentración necesaria para la formulación del medio de cultivo de la *Arthrospira* y la *Spirulina*.

CONCLUSIONES

Las aguas de tipo bicarbonatadas sódicas que escurren por rocas o sedimento en las regiones septentrional y central de La Habana, son de relativamente alta mineralización con contenidos de NaHCO_3 entre 0,8 y 1 g/L.

Las aguas de tipo bicarbonatadas sódicas que escurren por los sedimentos de origen volcánico en la región comprendida entre Bahía Honda y Mariel tienen una composición adecuada para el cultivo de la *Arthrospira* y la *Spirulina*, y alcanzan una mineralización entre 0.3 y 1.7 g/L, abundando aquellas con más de 1 g/L.

En el complejo semimpermeable del Paleógeno, al sur del Mariel ocurren aguas que alcanzan concentraciones de bicarbonato de sodio entre 1.2 y 1.4 g/L.

El peso de resina intercambiadora no es significativo dentro del intervalo experimental estudiado, y en las condiciones experimentales en que se llevan a cabo los estudios a nivel de laboratorio, sin embargo la interacción entre la cantidad de resina y de roca sí es significativa.

Los experimentos a nivel de laboratorio permitieron alcanzar, concentraciones de bicarbonato de sodio de hasta 12.7 g/L, que representan más del 75 % de la concentración necesaria para la formulación del medio de cultivo de la *Arthrospira* y la *Spirulina*.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Matheus P., J. Suárez, S. Miranda. (1975). Carbonatos de sodio de las aguas de la Laguna del Urao. Ciencia e Ingeniería No 12. 117.

Mapa Geológico de Cuba escala 1:250 000. (1985). Academia de Ciencias de Cuba. Inst. de Geología y Paleontología. C. Habana.

Pszczolkowski. (1987). Secuencia miogeosinclinales de la Cordillera de Guaniguanico. Litoestratigrafía, desarrollo de facies y paleografía: 95-96. En: Contribución a la geología de la provincia de Pinar del Río. Ed. Científico-Técnica. C. Habana.

Fagundo J.R. (1991). Contenido de dióxido de carbono y bicarbonato de sodio para el cultivo de Spirulina. Informe Técnico. C. Habana.

Martínez D., R. Fernández et al. (1991). Informe sobre los resultados del levantamiento geológico y prospección a escala 1:50 000 Pinar-Habana. Tomo I. Parte 3: 859-891.

APHA – AWWA – WPCF (1992). "Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Aguas Residuales, Am. Public Assoc., 17th Edition. Editorial Grijalbo (Madrid), 4-1 – 4-235.

Fagundo J.R., G. Benítez, V. Ferrera. (1992). Obtención de altos contenidos de bicarbonato de sodio en aguas naturales. Informe Técnico. C. Habana.

Urbani F. Notas sobre carbonatos de calcio y sodio de la Laguna del Urao, Mérida. 1992. Comunicación personal.

Wiesława, E., (1992). Metody terenowej analityki wód krasowych. Metody hydrochemiczne w geomorfologii dynamicznej pp 65-83.

StatSoft Inc. (1995). Statistica for Windows.

Espinosa M.C. (1999). Monitoreo automatizado para el control del cultivo de *Arthrospira* sp. Tesis Doctoral. CNIC. Ciudad de la Habana.

Tabla 1. Composición química en mg/L de las aguas ubicadas en Bahía Honda y el Mariel.

No	pH	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	TSS	NaHCO ₃
03 M	8,1	722	156	118	67	24	282	1379	1004
04 M	8,1	719	209	210	92	26	354	1610	1073
05 M	8,1	679	140	58	65	24	240	1206	919
07 PA	7,7	708	108	135	57	29	284	1321	992
08 M	8,2	674	70	139	77	18	255	1233	929
09 PC	8,0	674	97	115	108	12	229	1235	903
11 M	8,0	750	500	176	104	54	402	1986	1152
12 PC	7,95	952	500	118	20	18	446	2055	1398
13 PA	8,3	624	140	78	23	21	362	1248	986
14 PC	7,5	844	70	37	37	21	270	1279	1114
15 PC	7,6	758	39	97	27	26	329	1276	1087
17 PC	7,4	827	170	85	46	19	303	1451	1130
18 M	8,15	1484	58	56	53	23	503	2177	1987
19 M	8,3	1090	90	31	52	20	399	1682	1489
20 M	8,05	1238	28	22	58	15	370	1731	1608
22 M	7,6	937	17	54	44	27	193	1272	1130
26 M	8,4	765	172	234	31	22	396	1626	1161
27 M	7,9	803	304	32	74	16	431	1660	1234
28 M	8,5	731	270	18	61	24	396	1500	1127
31 M	8,2	670	118	95	49	59	277	1268	947

M - manantial; PA - pozo de abasto; PC - pozo criollo.

Tabla 2. Resultados de las experiencias para la obtención de soluciones de altas concentraciones de bicarbonato de sodio.

Experiencia	Peso de roca (g).	Peso de intercambiador (g)	Concentración de NaHCO ₃ ⁻ (g/L)
1	7	200	10.5
2	7	400	12.6
3	5.25	300	10.08
4	5.25	300	8.61
5	5.25	300	9.87
6	3.5	200	6.3
7	3.5	400	8.61

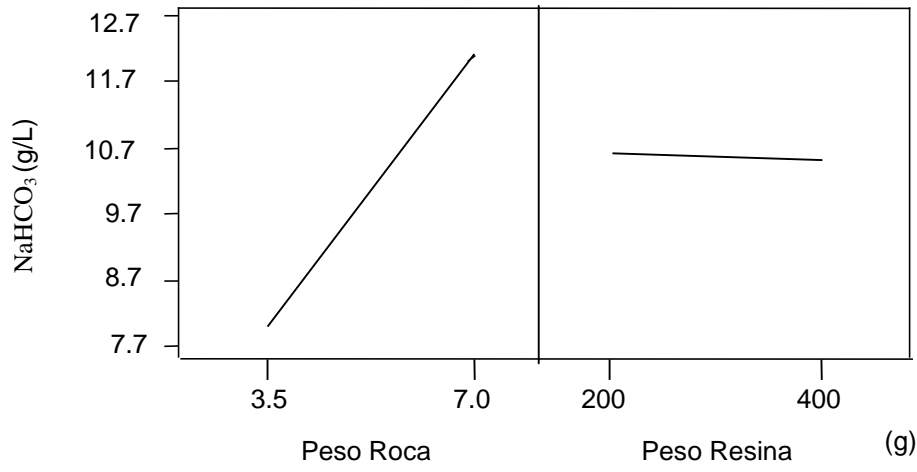


Figura 1. Diagrama de los Efectos Principales sobre la concentración de bicarbonato de sodio obtenida.