

VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE ALGINATOS EN TRES ESPECIES DE FEOFITAS DE BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

Gustavo Hernández Carmona*

RESUMEN

Se estudió la variación estacional del contenido de alginatos de *Macrocystis pyrifera* (L) C. Agardh, *Sargassum sinicola* Setchel y Gardner y *Eisenia arborea* Areschoug, tres especies de feofitas de Baja California Sur; encontrándose en las dos primeras una amplia variación entre 17 y 35% de alginatos de sodio en base al peso seco del alga. La variación encontrada en *Eisenia arborea* no fue significativa.

Se observaron correlaciones entre las variaciones del contenido de alginatos y los parámetros ambientales en las áreas de estudio. Los máximos y mínimos de la concentración de alginatos en función del tiempo, permiten establecer un criterio sobre la explotación del recurso.

ABSTRACT

The seasonal variation in the alginates contents of *Macrocystis pyrifera* (L) C. Agardh, *Sargassum sinicola* Setchel y Gardner and *Eisenia arborea* Areschoug, of Baja California Sur state was studied. In the first two species the contents of alginates varied between 17 and 35 percent of dry matter; in the latter the variation was not significant.

A correlation between variations in the alginate contents and environmental parameters was observed. Seasonal maxima and minima in the alginate concentration suggest the best timing for the exploitation of the algae.

*Depto. de Pesquerías
CICIMAR. Apdo. postal 476, La Paz, B.C.S.

INTRODUCCION

Las algas marinas constituyen uno de los principales recursos renovables con que cuenta la Península de Baja California. Uno de los grupos de mayor importancia es el de las feofitas - (algas pardas), debido a su gran abundancia y su alto contenido de alginatos, laminarán, manitol, yodo y fucoidina.

El ácido algínico es un polímero lineal del ácido D-manurónico y del ácido L-gulurónico, unidos por enlaces (1-4) α y β respectivamente. En su estado natural se encuentra como una mezcla de sales de todos los cationes presentes en el agua de mar, siendo los principales Mg^{++} , Ca^{++} y Na^+ ; estas sales del ácido algínico reciben el nombre de genérico de alginatos.

La producción de alginatos se concentra principalmente en Japón, Estados Unidos, Francia y Noruega. Aunque los alginatos se encuentran presentes en todas las algas pardas, existe solamente un número limitado de especies susceptibles de explotación industrial; entre las más importantes se encuentra *Macrocystis pyrifera*, la cual presenta un gran interés comercial debido a su distribución geográfica, abundancia y alto contenido de alginatos.

La cantidad de alginatos en las algas no permanece constante, experimenta variaciones estacionales, las cuales pueden diferir de un lugar a otro debido a que están relacionadas con diversos factores como son: La exposición al oleaje, las corrientes, los nutrientes, su estado de desarrollo, la profundidad y la temperatura, siendo éste último al parecer el de mayor importancia ya que los alginatos son elaborados como un producto del metabolismo. (Percival y Mc Dowel, 1967).

Se han realizado algunos trabajos para determinar el contenido de alginatos de feofitas; Greenius (1967) cita que Wright en 1952 encuentra para *Macrocystis* una variación de 14 a 36%. Casas Valdez (1975) encuentra valores que van desde 17% para *Sargassum fluitans* hasta 39% para *Macrocystis pyrifera*, todos ellos calculados en base al peso seco del alga.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la variación estacional del contenido de alginatos en tres de las especies de feofitas más comunes y abundantes de Baja California Sur: *Macrocystis pyrifera*, *Eisenia arborea* y *Sargassum sinicola*.

MATERIAL Y METODOS

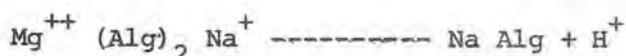
Se realizaron varias prospecciones con el fin de localizar las zonas de mayor abundancia de algas cafés, eligiéndose cuatro zonas (Fig. 1), para coleccionar tres de las especies más abundantes en Baja California Sur.

- I. Bahía Tortugas, B.C.S.- Se colectó *Macrocystis pyrifera* mensualmente en el año de 1981 de febrero a noviembre. Los muestreos se realizaron sobre un mismo manto en un área cercana a la boca de la Bahía conocida regionalmente como "Los Morros"; las algas fueron cortadas manualmente con un cuchillo sobre la superficie del mar y hasta un metro de profundidad.
- II. Bahía Magdalena, B.C.S.- En esta zona se coleccionaron dos especies:
 - a) *Eisenia arborea*.- Los muestreos se realizaron estacionalmente en el año de 1980 en las siguientes fechas: Febrero (invierno), mayo (primavera), agosto (verano) y noviembre (otoño), en un área conocida regionalmente como "Punta Redonda". La colecta se realizó por buceo, cortando manualmente las algas del sustrato donde se encontraban adheridas.
 - b) *Sargassum sinicola*.- Los muestreos se realizaron estacionalmente durante el año de 1980 en las siguientes fechas: Febrero (invierno), mayo (primavera), agosto (verano) y octubre (otoño), en un área conocida como "Punta Arenas". La colecta se realizó por buceo desprendiendo las algas manualmente del sustrato donde se encontraban adheridas.
- III. San Juan de la Costa, B.C.S.- Se colectó *Sargassum sinicola* estacionalmente durante el año de 1980 en las siguientes fechas: Febrero (invierno), mayo (primavera), agosto (verano) y octubre (otoño), en el área localizada cerca del Muelle de "ROFOMEX", la colecta se realizó por buceo desprendiendo las algas manualmente del sustrato donde se encontraban adheridas.
- IV. Ensenada de La Paz, B.C.S.- Se colectó *Sargassum sinicola* mensualmente durante el año de 1980 desde enero a agosto, ya que en septiembre las algas casi desaparecen por completo. El área de colecta se conoce como "Malecón de La Paz"; las muestras fueron obtenidas duran

te las bajamares desprendiendo las algas manualmente - del sustrato donde se encontraban adheridas.

En todos los casos las muestras estuvieron constituidas por 50 individuos diferentes, lo cual estadísticamente nos dá una mayor confiabilidad en los resultados al evitar la influencia de las variaciones individuales que pudieran presentarse. Baardseth y Haug (1953).

Las algas fueron lavadas con agua dulce y secadas al sol. La extracción del alginato de sodio se llevó a cabo por el método de Haug (1965), descrito por Casas (1982). Este método se basa en una pre-extracción con H Cl 0.2 N con el fin de sustituir los metales alcalino-terreos por el ión H^+ , formándose así el ácido algínico el cual permanece insoluble dentro de la estructura algal.



La extracción se lleva a cabo por medio de la conversión - del ácido algínico a la forma soluble de alginato de sodio mediante la neutralización del ácido algínico con una sal alcalina de sodio.



El símbolo Alg, se emplea para representar la unidad monomérica $C_5 H_7 O_4 COO^-$ ya sea de la configuración manurónico o gulurónico.

La precipitación del alginato presente se llevó a cabo con etanol. Los análisis se hicieron por triplicado tomándose el valor promedio como representativo de las concentraciones encontradas. En todos los casos los resultados se expresan en porcentaje en base al peso seco del alga.

RESULTADOS

Las figuras 2, 3, 4 y las tablas I a V presentan la variación estacional del contenido de alginatos para cada especie y los máximos y mínimos en concentración.

En *Macrocystis pyrifera* (Tabla I, Fig. 2) se detectó un -



Fig. 3 Variación estacional del contenido de alginatos de *Eisenia arborea* en Bahía Magdalena, B. C. S., México.

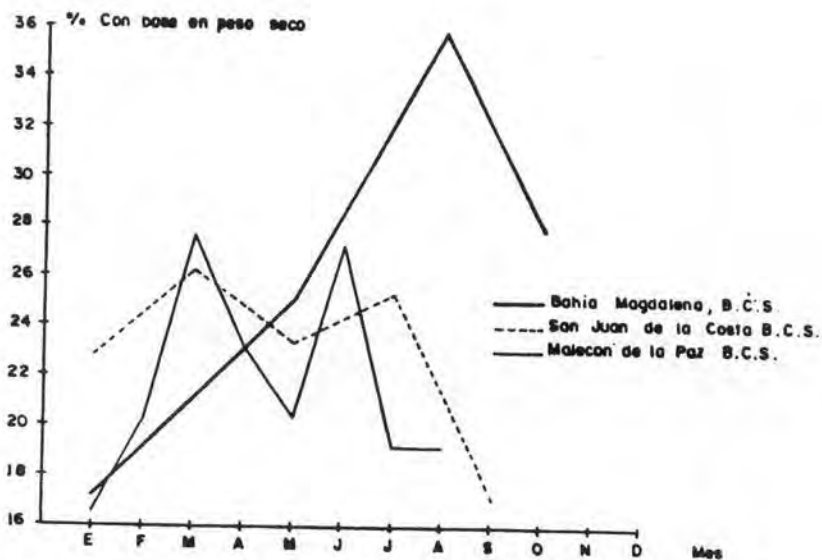


Fig. 4 Variación estacional del contenido de alginatos de *Sargassum sinicola* en Bahía Magdalena, B. C. S., San Juan de la Costa y Malecón de La Paz, B. C. S., México.

máximo en el contenido de alginatos en el mes de Junio con 37.6%, de marzo a agosto se encontraron concentraciones relativamente altas, meses en los que se registran las más bajas temperaturas superficiales en Bahía Tortugas (15-17°C). Los valores más bajos en la concentración de alginatos fueron detectados entre septiembre y febrero (30.36-26.56%), los cuales se relacionan con las temperaturas superficiales más altas (19.5-22°C).

Por lo que respecta a *Eisenia arborea* (Tabla II, Fig 3) de Bahía Magdalena, los valores de la concentración del contenido de alginatos, se invierten con respecto a lo encontrado para *M. pyriferá*, observándose los valores más bajos en primavera (24.65%) y verano (26.28%) y alcanzando concentraciones relativamente altas en otoño (28.64%) e invierno (27.19%). De hecho la variación encontrada no es muy grande (24.6% a 27.4%) siendo ésta de 2.8%; la cual probablemente puede ser debido a las condiciones que imperan en la zona de muestreo durante todo el año; baja temperatura (15°C en julio y aumenta a un máximo de 24°C en agosto), presencia de surgencias, alta concentración de nutrientes y, por lo tanto, una alta fertilidad Alvarez Borrego (1976).

En *Sargassum sinicola* de Bahía Magdalena (Tabla III, Fig. 4) se presenta la variación más grande en el contenido de alginatos (17.2-35.9%), en comparación a las otras especies estudiadas. El valor más bajo (17.2%) se presenta en el invierno cuando las algas inician su desarrollo, posteriormente se incrementa rápidamente hasta alcanzar su máximo en el verano con 35.9%, esto puede ser atribuido a que el incremento de temperatura desde inicios de la primavera produzca un rápido desarrollo de las algas, ya que esta especie es predominantemente de aguas tropicales, además de la alta fertilidad de esta zona producto de las surgencias que se presentan.

Para principios de otoño su concentración de alginatos baja nuevamente a 27.95%, esto puede ser debido a que las plantas maduras van perdiendo algunas partes que son arrancadas por el oleaje, especialmente los filoides, dejando el caulóide en muy pocos de ellos.

Las variaciones encontradas en el contenido de alginatos para *Sargassum sinicola* de San Juan de la Costa y Malecón de La Paz, son similares, aunque para el caso de La Paz, las variaciones son más pronunciadas. (Tablas IV y V, Fig. 4). En ambos casos encontramos dos máximos uno a principios de la primavera y otro en el verano, presentándose una baja relativa entre este

ESPECIE: *Macrocystis pyrifera* (L) C. Agardh

LOCALIDAD: Bahía Tortugas, B.C.S.

FECHA DE COLECTA	RENDIMIENTO DE ALGINATOS EN % (En base al peso seco)
3/FEB/1981	26.56
28/MAR/1981	28.94
23/MAY/1980	30.64
9/JUN/1981	37.60
13/JUL/1981	35.95
9/AGO/1981	31.52
9/SEP/1981	30.36
10/OCT/1981	29.97
23/NOV/1981	26.62

TABLA I

ESPECIE: *Eisenia arborea* Areschoug

LOCALIDAD: Bahía Magdalena, B. C. S.

ESTACION DEL AÑO (Fecha de colecta)	RENDIMIENTO DE ALGINATOS EN % (En base al peso seco)
INVIERNO (1/FEB/1980)	27.19
PRIMAVERA (9/MAY/1980)	24.65
VERANO (8/AGO/1980)	26.28
OTOÑO (19/NOV/1980)	28.64

TABLA II

ESPECIE: *Sargassum sinicola* Setchel y Gardner
LOCALIDAD: Bahía Magdalena, B. C. S.

ESTACION DEL AÑO (Fecha de colecta)	RENDIMIENTO DE ALGINATOS EN % (En base al peso seco)
INVIERNO (1/FEB/1980)	17.29
PRIMAVERA (9/MAY/1980)	25.02
VERANO (8/AGO/1980)	35.90
OTOÑO (10/OCT/1980)	27.95

TABLA III

ESPECIE: *Sargassum sinicola* Setchel y
Gardner

LOCALIDAD: San Juan de la Costa, B.C.S.

ESTACION DEL AÑO (Fecha de Colecta)	RENDIMIENTO DE ALGINATOS EN % (En base al peso seco)
INVIERNO (22/ENE/1980)	22.80
PRIMAVERA (26/MAR/1980)	26.27
(29/MAY/1980)	23.32
VERANO (11/JUL/1980)	25.31
(10/SEP/1980)	17.20

TABLA IV

ESPECIE: *Sargassum sinicola* Setchel y Gardner

LOCALIDAD: Ensenada de La Paz, B.C.S. (Malecón)

FECHA DE COLECTA	RENDIMIENTO DE ALGINATOS EN % (En base al peso seco)
16/ENE/1980	16.50
26/FEB/1980	20.26
26/MAR/1980	27.73
20/ABR/1980	23.20
21/MAY/1980	20.45
13/JUN/1980	27.21
11/JUL/1980	19.23
5/AGO/1980	19.20

TABLA V

período. En este caso la variación no puede ser atribuida exclusivamente a la temperatura, pudiendo influir otros factores como son los nutrientes o el estado de desarrollo de las plantas. Observaciones recientes indican la posibilidad de la existencia de más de una generación de esta especie para un ciclo anual, lo cual explicaría en parte las variaciones en el contenido de alginatos que se encontraron.

DISCUSION

La cantidad de los diferentes constituyentes de las algas, pueden ser consideradas como el resultado de un número de reacciones enzimáticas y procesos de difusión, los cuales son influenciados en diferentes formas por las muchas variables que afectan la planta. Percival y Mc Dowel (1967).

Los principales factores que influyen en la tasa de crecimiento y por lo tanto en la composición química de las algas son: la temperatura del agua, la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis y la concentración de nutrientes en el agua. Estos factores varían con la localidad geográfica, la profundidad y con la estación del año, y puede esperarse que tengan algunas diferencias de valores de un año a otro. Adicionalmente están interrelacionados ya que la cantidad de luz afecta tanto a la tasa fotosintética como la temperatura del agua, y la concentración de nutrientes que es altamente dependiente de los movimientos de las diferentes masas de agua, debido a los cambios de temperatura. Percival y Mc Dowel (1967).

Las variaciones estacionales en el contenido de alginatos para las especies estudiadas pueden ser explicadas con base en los factores mencionados.

Macrocystis pyrifera es un alga predominantemente de aguas frías; en el Sur de California, Estados Unidos, su presencia se empobrece a temperaturas arriba de 20°C, especialmente si el agua caliente persiste por varias semanas; sin embargo en Bahía Tortugas, B.C.S. esta especie florece en aguas que alcanzan los 26°C por varias semanas al final del verano. North (1957), citado por North (1971).

Las variaciones en el contenido de alginatos encontradas para esta especie, responden a los cambios de temperaturas de la zona. Las concentraciones más altas se encuentran durante la primavera y parte del verano, período en que se registran -

los valores más bajos de temperatura; mientras que las concentraciones más bajas se encuentran al final del verano, otoño e invierno; meses en los que se registran las temperaturas más al tas.

Ya que *M. pyrifera* es un alga predominantemente de aguas frías, su desarrollo puede ser favorecido durante este período cuando el agua es más fría, además los altos valores del contenido de alginatos desde principios de la primavera pueden ser atribuidos a un buen suministro de nutrientes principalmente fosfatos y nitratos, traídos por surgencias de las aguas más profundas con los cambios de temperaturas durante el invierno. La variación en composición de toda la fronda durante el período de rápido crecimiento puede ser debido en gran parte a los cambios en proporción de los tejidos nuevos y viejos.

Eisenia arborea en Bahía Magdalena, B.C.S. no presenta variaciones significativas en el contenido de alginatos, sin embargo la pequeña variación encontrada está en relación con los valores de temperatura reportados por Alvarez-Borrego (1976), quien encuentra los valores máximos de temperatura en Julio y Agosto (23-24°C) meses en que se detectaron las concentraciones más bajas en contenido de alginatos. No se cuentan con datos de temperatura para el período Noviembre-Febrero, pero es probable que en la zona, donde se realizó la colecta, haya un considerable descenso de la temperatura ya que al parecer esa es la tendencia y éste sea el principal factor que intervenga para el ligero aumento en concentración del contenido de alginatos.

Las condiciones de baja temperatura durante todo el año, la situación de surgencias y el aporte de nutrientes y por lo tanto su alta fertilidad pueden ser la causa de que en esta zona *E. arborea* no presente variaciones muy amplias en el conteni do de alginatos.

Para *Sargassum sinicola* se ha estudiado su variación en el contenido de alginatos en tres localidades diferentes.

Aunque las fucales tienen los mismos constituyentes que las laminariales, no es raro que la proporción y las variaciones estacionales del contenido de alginatos sean bastante diferentes, ya que las fucales se desarrollan en ambientes distintos, *S. sinicola* en particular se encuentra más cerca de la costa en aguas someras donde se presentan variaciones de temperatu ra muy amplias e incluso en mareas bajas queda parcialmente ex puesta al aire. Debido a que esta es una especie predominantemente de aguas tropicales su desarrollo se ve favorecido cuando

se incrementa la temperatura del agua.

En Bahía Magdalena, B.C.S. *Sargassum sinicola* presenta una amplia variación, encontrándose las concentraciones de alginatos más bajas durante los meses fríos, teniendo un rápido incremento durante los meses más cálidos (Julio y Agosto) y un posterior decremento, el cual se ha atribuido principalmente a la pérdida de algunas estructuras en las plantas maduras.

En San Juan de la Costa, B.C.S., y Malecón de La Paz, B.C.S. *S. sinicola* presenta una variación en el contenido de alginatos muy similar, lo cual era de esperarse debido a la cercanía entre estas dos localidades. En este caso se encuentran dos máximos de concentración que pueden ser atribuidos tanto al incremento de temperatura, como al estado de desarrollo de las plantas, debido a la presencia de más de una generación de esta especie en un ciclo anual. En tal caso las variaciones en el contenido de alginatos estarían más bien determinadas por la proporción entre los tejidos viejos y nuevos de las diferentes generaciones, lo que explicaría la baja en concentración entre dos períodos de máxima concentración. Sin embargo no debe descartarse la posible influencia de otros factores como cantidad de nutrientes en el agua, la intensidad de la luz, que cuando es muy fuerte disminuye la fotosíntesis o el período de reproducción que produce un descenso en la tasa de crecimiento, -- Black (1949).

El problema es sin duda complejo, con muchos factores interdependientes, resulta difícil poder dar una explicación clara para estas variaciones hasta no tener un estudio más completo de la biología de esta especie y la influencia de los factores ambientales que afectan a estas algas.

CONCLUSIONES

Existe una considerable variación estacional en el contenido de alginatos de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola*, mientras que la correspondiente a *Eisenia arborea* en la zona de estudio no es significativa.

Existe una marcada diferencia entre las variaciones encontradas para las diferentes especies aquí estudiadas e incluso existen diferencias en las variaciones dentro de la misma especie en diferentes localidades.

Los principales factores que influyen en la variación del contenido de alginatos en las algas son: La temperatura del agua, la concentración de nutrientes, el estado de desarrollo y la cantidad de luz disponible para la fotosíntesis.

Los resultados obtenidos sugieren cual es la mejor época en que podrían cosecharse estas algas para su procesamiento, obteniéndose los mayores rendimientos de alginatos para las diferentes especies estudiadas. Un ejemplo es *Macrocystis pyrifera* que presenta sus máximos en primavera y verano, estaciones en las cuales se presentan los mayores valores de biomasa (observación personal).

Es fundamental un estudio profundo de los mantos actuales en cuanto a biomasa, reproducción, crecimiento y regeneración - para establecer así criterios sobre la explotación racional de este recurso y fundamentar el diseño de una planta procesadora que proporcione la pauta para la producción de alginatos a escala industrial en México.

AGRADECIMIENTOS

Biól. Margarita Casas Valdez, por su asesoramiento; Biól. Rafael Cervantes D., Biól. Ignacio Sánchez R., Biól. Rubén Rodríguez S. y Biól. Rogelio González A., por su colaboración en las colectas, y a Lynda Morales M., por su participación en la mecanografía de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- ALVÁREZ-BORREGO, S., L. A. GALINDO-BECT Y A. CHEE-BARRAGAN 1975.- Características hidroquímicas de Bahía Magdalena, B.C.S., México, Ciencias Marinas. 2 (2) : 94-110.
- BAARDSETH, E. AND A. HAUG. 1953. Individual variation of some constituents in brown algae, and reliability of analytical results. Rept. Norwegian Inst. Seaweed Res., 2 : 1-21.
- BLACK W.A.P., 1949. The seasonal variation in chemical constitution of some of the littoral seaweeds common to Scotland, Part. II, *Fucus serratus*, *Fucus spiralis* and *Pelvetia canaliculata*. J. Soc. Chem. Ind., London, 67 : 140-148.

- CASAS VALDEZ, M. 1975. Extracción, cuantificación y caracterización parcial de alginatos procedentes de seis especies de Phaeophytas de las costas de México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N. Tesis Profesional, México. 38 p.
- CASAS VALDEZ, M. 1982. Avance para industrialización de los alginatos en México. CICIMAR. Serie Técnica No. 1, México 20 p.
- GREENIUS, A.W., 1967. The general status of the seaweed industry in British Columbia. *British Columbia Res. council for dep. of fish of Canada Ottawa.* 56 p.
- HAUG, A., 1965. Alginic acid. In: *Methods in carbohydrate chemistry, V. analysis and Preparation of Sugar*, Whistle Roy L. and M. L. Wolfrom, Academic Press, London, 69-73.
- NORTH, J. W., 1971. The biology of giant kelp beds (*Macrocystis*) in California, ed. Nova Helwigia, Germany, 600 p.
- PERCIVAL, E. AND R.H. Mc DOWEL. 1967. *Chemistry enzymology of marine algal polisacharides*, Academic Press, London., 219 p.