

24
31



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

Facultad de Ciencias

**ANALISIS QUIMICO DE SEIS METALES
PESADOS (Hg, Pb, Cd, As, Cr y Sr) EN
ALGAS MARINAS DE BAJA CALIFORNIA.**

T E S I S

Que para obtener el título de:

B I O L O G O

P r e s e n t a

ROSA MARINA CARRILLO RAMIREZ

1 9 8 6

UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

	Pág.
RESUMEN.	1
INTRODUCCION	3
ANTECEDENTES	9
DESCRIPCION DEL AREA	12
MATERIAL Y METODOS	15
RESULTADOS Y DISCUSION	18
CONCLUSIONES.	33
BIBLIOGRAFIA.	34

RESUMEN

El presente estudio, se realizó con el objeto de conocer la cantidad de seis metales pesados (Hg, Pb, Cd, As, Cr y Sr), en algunas algas marinas de Punta Arena, Isla Santa Margarita, B.C.S., para explorar su posible utilización como alimento animal, este forma parte del proyecto de investigación "Análisis químico de las algas marinas", que se lleva a cabo en el laboratorio de ficología, del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se analizaron dos muestras, la primera de Ulva lactuca y la segunda fue una mezcla de algas de los arribazones de la zona mencionada, y que se encuentra constituida por las siguientes especies: Ulva lactuca, Enteromorpha clathrata, Padina durvillaeii, Colponemia sinuosa, Hidroclathrus clathratus, Codium magnum y Codium cuneatum.

Para la evaluación de mercurio se utilizaron dos técnicas: activación de neutrones y absorción atómica de vapor frío. Los metales plomo, cadmio, arsénico, cromo y estroncio, se analizaron por absorción atómica con modificación del método, según las propiedades físicas de cada metal.

Las concentraciones promedio, en parte por millón en base seca para Ulva lactuca son: No detectables (ND), 5.9, 0.7, ND, 1.1 y 185 para, Hg, Pb, Cd, As, Cr y Sr respectivamente. Para la mezcla de algas son: ND, 1.19, 0.5, 0.5, 0.8, 1.4, y 208 para, Hg, Pb, Cd, As, Cr y Sr respectivamente.

Las cantidades encontradas, no sobrepasan los niveles máximos de tolerancia en dietas animales, de acuerdo a ésto se considera que pueden ser utilizadas como alimento animal.

INTRODUCCION

México es un país que cuenta con una riqueza marítima inapreciable. Esta frase que podría juzgarse un tanto trillada, encierra por el contrario una realidad inobjetable, puesto que el territorio nacional cuenta con dos extensos litorales en los que se explota una gran diversidad de especies pesqueras, no obstante que aún no es aprovechada su capacidad básica.

Un ejemplo de lo anterior son las algas marinas, puesto que tanto en el Golfo como en el Pacífico, y fundamentalmente en este último, existe una gran variedad de algas macroscópicas cuya explotación conducida adecuada y racionalmente pueden constituir la base del establecimiento de industrias químicas y de alimentos en el país.

El aprovechamiento de las algas como fuente de alimento, es un renglón de suma importancia; sin embargo, es del conocimiento general, que la alimentación de la población rural, comprendiendo aquélla que habita nuestras costas, está basada fundamentalmente en productos de origen agrícola. Desgraciadamente, bien sea por razones de cultura o por razones del desarrollo del país, la población rural consume pescado escasamente y de las algas marinas ignora su utilidad alimenticia.

El conocimiento más antiguo que se posee referente a la utilización de las algas marinas, se remonta al período del emperador chino She-Nung, es decir 2700 años antes de Cristo (Acleto, 1971; Jensen, 1972). En la actualidad la mayoría de los países que cuentan con este recurso, no dedican esfuerzo

alguno para promover el uso de las algas en la alimentación o en alguna otra utilidad relativa a ellas.

Michanek (1978), señala que el uso de las algas con el objetivo de ser encausado dentro de la industria de alimentos, ha decaído significativamente, quedando circunscrito a algunos países orientales, tales como Japón y China, que son tradicionalmente explotadores de este recurso, utilizando ampliamente las algas marinas como complemento alimentario, aprovechando fundamentalmente sus subproductos.

Desde el punto de vista alimentario, cabe señalar que la importancia de las algas marinas no se debe tanto al contenido de proteínas y carbohidratos, como lo muestra una serie de conclusiones derivadas de numerosas investigaciones realizadas desde comienzos de siglo, sino a la riqueza de vitaminas y minerales que contienen (Jensen, 1972); esto último debido por un lado a las condiciones de absorción de los elementos (iones) por estas plantas, y por otro lado, a que en el mar existe mayor cantidad de elementos inorgánicos que en el continente (Lunde, 1970).

De acuerdo a esto y según Chapman (1970), el uso de las algas como complemento alimentario, no solamente se limita al hombre, sino que tiene un amplio porvenir en el campo de la alimentación de ganado bovino, porcino, ovino y aviar. Para ilustrar este hecho, Hallsson (1964), menciona que en Islandia, las algas marinas frescas son comúnmente empleadas como alimento de ganado ovino, vacuno y equino, siendo Rodhymenia palmata y

Alaria sp. las especies más consumidas; Chapman, (1970) en sus investigaciones, comenta que en países como Francia y Finlandia, se practica el consumo de algas marinas por el ganado que se encuentra en las costas; en Noruega se ha observado que generaciones recientes de ganado bovino costero digieren mejor el alimento con algas que aquellas que habitan en los pastizales de las llanuras.

Díaz-Piferrer (1959, 1960), en sus trabajos tanto sobre el valor nutrimental, como los de utilización de las algas marinas en la alimentación de aves, señala la importancia de conocer su bromatología, pues menciona que en aquellos casos en que no se pueda administrar las algas marinas como alimento, basándose en la distinta composición de nutrimentos que éstas poseen, se podría utilizar en forma combinada o como complemento de ciertos forrajes, para aprovechar así el alto contenido de minerales que las caracteriza.

Pocos trabajos se han realizado en Latinoamérica sobre la utilización de dichas algas, como complemento en la alimentación para ganado, sin embargo en Argentina, Rojkind (1977, 1978), ha hecho una recopilación de la información sobre este tema, así como López (1977), ha estudiado durante años el valor nutrimental de las algas como parte de dietas animales, llegando a la conclusión de que era perfectamente factible su empleo en la alimentación de ovinos, siempre y cuando se agregaran en cantidades no superiores de 5% del total de la ración.

En México de acuerdo con los datos que se tienen (Guzmán del Próo, 1971), la explotación e industrialización de las

algas marinas es una actividad relativamente nueva, aunque desde 1946 existe información sobre el proceso de explotación de este recurso en las costas de Baja California, no obstante que la industrialización del mismo deja aún mucho que desear, pues grandes volúmenes de material cosechado son exportados a los E.U. como materia prima.

Todo lo anteriormente expuesto, tiene el objetivo principal de hacer énfasis en la importancia que este recurso representa para México, así como la necesidad de orientar su explotación hacia un aprovechamiento integral tendiente al desarrollo de industrias procesadoras de algas para extender en lo posible su empleo por la clase rural-costera del país, como complemento alimentario para animales.

Es así como en los últimos años, se han generado proyectos que buscan el aprovechamiento de las algas marinas principalmente en el campo de la alimentación. Como por ejemplo el proyecto "Evaluación química de las algas marinas", llevado a cabo conjuntamente por la Universidad Nacional Autónoma de México (Instituto de Biología y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia); el Instituto Politécnico Nacional (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas) y la Universidad Autónoma de Baja California Sur, en cuyo caso se tienen como objetivos primordiales, por un lado, conocer la composición florística de la zona y de los arribazones de Punta Arena, Isla Santa Margarita, Baja California Sur, y por otro evaluar la composición bromatológica de las especies, todo ésto con la finalidad de que las algas de esta región puedan ser utilizadas como alimento para animales,

ya que éstas son arrojadas a las playas en grandes volúmenes durante algunos meses del año, por lo que se piensa podrían ser aprovechadas en esa región.

Con respecto al primer objetivo, la muestra obtenida de los arribazones comprende a las siguientes especies:

Spyridia filamentosa; Padina durvillaei; Colponemia sinuosa; Hidroclathrus clathratus; Ulva lactuca; Enteromorpha clathrata; Codium magnum y Codium cuneatum.

Respecto al segundo objetivo, según María Luisa Chávez y Martha M. Ortega, como se indicará más adelante, en estas algas se ha detectado un significativo contenido de minerales, carbohidratos, proteínas y lípidos, que se asemejan a los valores del maíz.

Sin embargo, aquellos alimentos conocidos por el hombre desde los primeros tiempos, en ciertas circunstancias pueden producir trastornos fisiológicos que van desde una simple alergia hasta enfermedades letales, y es muy poco probable que se tenga un alimento, sustancia química o energía inerte, ante la cual no haya al menos un organismo que reaccione desfavorablemente, en condiciones naturales (Garner, 1965).

Por otra parte, el uso desmedido de sustancias tales como pesticidas, así como el ineficiente manejo de hidrocarburos o bien metales pesados, han tenido entre otros efectos, el desequilibrio de ecosistemas tanto acuáticos como terrestres, dando como resultado una mayor cantidad de elementos que pueden permanecer en el medio o bien integrarse a otros organismos (Förstner, 1979).

Por ejemplo, en los últimos años ha aumentado notablemente la presencia de determinados contaminantes metálicos en los alimentos (FAO/OMS., 1972), teniendo como consecuencia un incremento en las investigaciones sobre toxicología de alimentos que tratan de resolver problemas tales como: distinguir con precisión las proporciones relativas de las diferentes formas de contaminantes; y definir el grado de concentración en el cual los efectos de exposición de metales pesados no producen efectos letales (Huisingh, 1974).

Es por ello que, una vez conocido el valor bromatológico de las algas marinas de Isla Santa Margarita, el objetivo del presente estudio, es cuantificar seis metales pesados, para interpretar sus niveles de toxicidad, como un punto más de apoyo al aprovechamiento de estas algas, como alimento para animales.

ANTECEDENTES

La península de Baja California, por su ubicación geográfica y la temperatura de sus aguas, tiene una extraordinaria riqueza de algas marinas que llamaron desde hace tiempo la atención de botánicos marinos como A. Setchell y N. L. Gardner (1933), y más tarde la de E. Y. Dawson (1941), quien dedicó parte de su vida científica al estudio de las algas de esta región.

La costa occidental de Baja California, desde Punta Descanso hasta la Bahía Magdalena, incluyendo las islas adyacentes, cuenta con los mayores volúmenes de algas de valor comercial en el país (Guzmán del Prado, 1971); por lo que abordar los temas de explotación y utilización de las algas de esta zona, implica una revisión retrospectiva de todo cuanto se ha hecho y escrito al respecto; concluyéndose que son pocos los trabajos de Biología, Ecología y Química que se han realizado sobre ellas.

En el presente trabajo sólo se mencionarán los estudios más relevantes sobre química de algas marinas en el país; aunque se tiene poca información de este tema, existen registros desde el siglo pasado, donde aparece el interés de la evaluación química. Mendoza (1868) determinó algunos componentes químicos de Fucus vesiculosus; Lechuga (1919), realizó el análisis químico del Sargassum vulgare; Hernández (1946), cuantificó el contenido de agar de Gelidium cartaginium; Delgadillo (1966), llevó a cabo un estudio preliminar de algunos compuestos orgánicos en Galaxaura rugosa y Enteromorpha intestinalis; Huerta (1968), determinó la concentración del contenido de cianocobalamina, con el objeto de saber si las algas marinas del litoral mexicano pu

dieran servir como fuente de extracción de vitamina B₁₂; Piña et al., (1983, en prensa), estimó carbohidratos, aminoácidos, fibra cruda, nitrógeno total, así como los macroelementos (Ca, Mg, Fe), en Ulva lactuca.

Por otra parte, a la presente contribución precede el trabajo de M. L. Chávez y M. M. Ortega (inéd.) que presentan análisis químico proximal (Tabla 1), así como el contenido de algunos elementos (Tabla 2), de las algas marinas de Punta Arena, en donde se observan concentraciones de minerales, carbohidratos y lípidos semejantes a los valores de los cereales.

Si bien pareciera que los estudios de bromatología son escasos, los de toxicología son casi nulos, pues sólo se conoce hasta hoy la investigación realizada por Santillán (1979), en donde se determinó la concentración de hidrocarburos, metales pesados y residuos de pesticidas en Spirulina geitleri, que es una alga dulceacuícola.

Tabla 1.- Composición química proximal de la mezcla de algas
(Spyridia filamentosa; Padina durvillaeii;
Colponemia sinuosa; Hidroclathrus clathratus;
Ulva lactuca; Enteromorpha clathrata; Codium magnum
y Codium cuneatum) base húmeda en %.

Materia seca	92.01
Humedad	7.99
Proteína cruda	9.87
Extracto Etéreo	0.67
Cenizas	39.90
Fibra cruda	4.62
Extracto libre de nitrógeno	36.95

Tabla 2.- Contenido de minerales en la mezcla de algas de Punta
Arena, Isla Santa Margarita, B.C.S. ©

Fósforo	1810	ppm
Potasio	29.5	ppm
Calcio	6340	ppm
Hierro	1870	ppm
Manganeso	156.25	ppm
Zinc	52.5	ppm
Cobre	1.75	ppm
Boro	3	ppm
Sodio	5.75	%
Cloruros (NaCl)	14.5	%

DESCRIPCION DEL AREA

La Isla Santa Margarita, está localizada a los 24°28' N y 112°30' O, y la cual por su posición cierra las bahías de Magdalena y Almejas. Presenta una forma irregular con una superficie de 200 km² (Fig. 1). Por lo que respecta a su formación geológica es de tipo escarpado (Secretaría de Gobernación, 1981).

La profundidad alrededor de la isla tiene un promedio de 30-40 mts, y tanto en la parte norte como al sur de la isla, quedan al descubierto una gran cantidad de bajos durante la marea baja, (Alvarez, 1975).

La región donde está situada la isla, según Alvarez (1975), presenta una situación antiestuarina en todo el año, con salinidades más elevadas en la parte noroeste que en la zona de mar abierto; además se contempla durante todo el año un fenómeno que semeja las condiciones de surgencia, y que conduce un aporte de nutrimentos en la superficie que aumenta grandemente su ferti lidad.

Por lo que respecta a su actividad fotosintética, se h observado que es elevada, provocando una disminución en la concentración de nutrimentos y una sobresaturación de oxígeno que alcanza valores hasta del 120%, (Alvarez, 1975).

Con respecto a la circulación superficial de la masa de agua en la zona marítima que rodea a la isla, se encuentra de finida principalmente por la corriente de California, que según Wyrcki (1965), frente a la costa de Baja California fluye hacia el sur de febrero a junio cuando la corriente es intensa, con una velocidad promedio de 0.2 nudos, y es casi paralela a la cos

ta con sólo un ligero componente de alta mar. En julio, la corriente cambia al separarse de la costa, disminuyendo así su velocidad. De esta manera, la circulación comprende dos periodos bien marcados, uno de flujo fuerte en primavera y otro de flujo débil mar afuera, en otoño.

Acorde con García (1970), el clima de la isla corresponde al muy seco o desértico, con temperaturas promedio de 22° C y precipitación promedio de 74 mm.

Todo esto influye para que la vegetación marina de la costa pacífica de Baja California sea muy exuberante; y lo más notable es que presenta regiones con flora algológica como aguéllas de lugares de surgencia, que se caracteriza por los mantos sargasales y la abundante flora que los acompaña; a su vez estas zonas alternan con lugares de aguas más cálidas, como son las bahías protegidas, que contienen ~~elementos~~ tropicales entre su flora (Huerta vide Rzedowski, 1981).

Por otro lado, en la parte sur de la península de Baja California, la zona entre punta San Hipólito y Bahía Magdalena, se considera de transición entre la flora subtropical, o de aguas templadas, y la tropical, pues a partir de este punto hacia el sur toda la flora es tropical (Guzmán Del Próo, 1971).

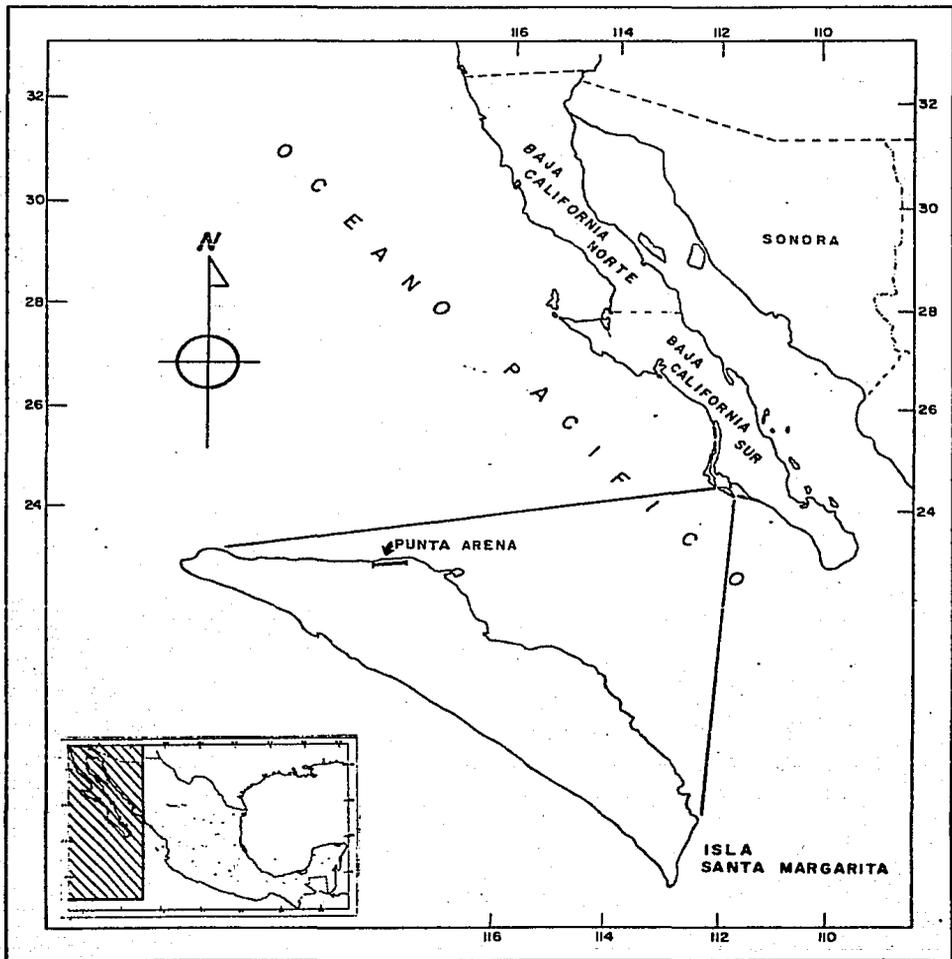


FIG. 1 MAPA DE LOCALIZACION

MATERIAL Y METODOS

En Agosto de 1979, se llevó a cabo una recolección de material algológico en Punta Arena, Isla Santa Margarita, Baja California Sur; del cual se determinaron para el presente estudio, por triplicado, los siguientes elementos: mercurio, plomo, cadmio, arsénico, cromo y estroncio.

I.- Material Biológico

1.- Recolección

Se recolectaron a mano una mezcla de algas arrojadas por el oleaje y constituida por ocho especies diferentes: Spyridia filamentosa, Padina durvillaei, Colponemia sinuosa, Hidroclathrus clathratus, Ulva lactuca, Enteromorpha clathrata, Codium magnum y Codium cuneatum.

Además se seleccionó una muestra de Ulva lactuca dado el interés particular por sus antecedentes de uso como forraje.

2.- Secado.

Se secaron al sol a una temperatura ambiental de 24°C, haciendo previamente la eliminación de pequeños animales y arena. Posteriormente se transportaron a la Ciudad de México en bolsas de polietileno, continuándose la deshidratación por tres días en una secadora de manufactura local a 50°C. Una vez alcanzado el peso constante, por separado se molieron ambas muestras, las cuales fueron colocadas en bolsas de papel para un último secado, que se efectuó en un horno al vacío modelo Phylco N° 10.

II.- Análisis químico

Debido a las características físicas de los elementos aquí analizados, se llevaron a cabo diferentes técnicas de di-

gestión y lectura.

Para la evaluación de mercurio se realizaron dos técnicas:

- 1.- Técnica de absorción atómica de vapor frío (Anónimo, 1979).
- 2.- Técnica de activación de neutrones, realizada en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.

Para el método de absorción atómica de vapor frío se dieron los siguientes pasos:

En frascos de digestión se transfirieron 2 gr. de cada muestra, adicionando 1 ml. de ácido sulfúrico, y 15 ml. de ácido nítrico, dirigiéndose lentamente; cuando la mayoría de la materia orgánica fue destruida, cuidadosamente se agregaron 0.5 gr. de permanganato de potasio, continuando hasta que el óxido de manganeso precipitara y permaneciera el color.

Antes de cuantificar, se le agregó a las muestras 1 ml. de clorhidrato de hidroxilamida y unas gotas de cloruro estanoico para liberar el mercurio.

Se evaluó en un aparato de absorción atómica Perkin Elmer 460, con un aditamento a la técnica de vapor frío.

El análisis químico de los metales, plomo, cadmio, arsénico, cromo y estroncio, fue a través de una técnica de digestión propuesta por "Association of official agricultural chemists AOAC" (1970).

Digestión por incineración, o seca.- En crisoles de porcelana se colocaron muestras de 5 gr. más 1 gr. de óxido de magnesio; este último dispersado en la parte superficial para evitar que los elementos a cuantificar se volatilizaran. Posterior-

mente se incineraron en una mufla durante 24 hrs. a una temperatura de 450° - 500°C, se transfirieron las cenizas cuantiativamente a un vaso de precipitado de 100 ml y se le agregaron 4 ml de ácido clorhídrico (1+3) y 1 ml de ácido nítrico; se colocaron en una parrilla hasta que se evaporaron aproximadamente a la mitad, finalmente se filtró sobre una matraz aforado de 50 ml.

La lectura de los elementos plomo, cadmio, cromo y es troncio, se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin-Elmer 2380; y para la estimación de arsénico, se utilizó un dispositivo "horno de grafito" (HGA-400 Graphite furnace Perkin-Elmer), con la finalidad de evitar una volatilización del elemento.

Para todos los elementos, se prepararon blancos, así como soluciones patrón, utilizando soluciones madre de titrisol marca Merk.

Por último, se calculó para cada metal analizado la concentración en mg/Kg . (ppm) peso seco.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 3 se muestra el contenido promedio de metales en Ulva lactuca y la mezcla de algas; la Tabla 4 se refiere a la comparación del contenido de metales en las algas marinas con las algas aquí estudiadas; la Tabla 5 expone una comparación entre las algas marinas de la presente contribución y fanerógamas acuáticas; la Tabla 6 resume en general los niveles de tolerancia en las dietas animales de los seis metales evaluados.

Mercurio

El mercurio se encuentra distribuido normalmente en la naturaleza, a nivel traza, tanto en la litósfera como en la hidrósfera, en cantidades que oscilan entre 0.001-1 ppm (Hammond, 1971). Sin embargo, estas cantidades pueden incrementarse por desechos industriales, y al ser eliminado hacia el mar tiende a permanecer en los sedimentos profundos; no obstante, se ha comprobado que el mercurio inorgánico puede ser metilado por microorganismos, dando lugar a compuestos como metil o dimetil mercurio que son formas tóxicas, de tal forma que esta conversión se considera la llave del aumento de este elemento en el ecosistema acuático (Jensen, 1969).

Lo anterior podría ser una razón del porqué las plantas y animales tienden a acumular mercurio; lo que ha sido demostrado no solamente en peces, sino también en algunas algas marinas que llegan a contener una concentración hasta 100 veces mayor de este elemento, que la que se encuentra en las aguas

circundantes (Goldwater, 1971).

Tanto en la mezcla de algas como en Ulva lactuca, no se detectó mercurio, aún por el método de activación de neutrones. Los valores encontrados fueron considerados poco detectables, ya que éstos fueron inferiores a nanogramos.

Ahora bien, la Tabla 4 muestra a Undaria spp, que es una alga marina feoficea, con cantidades de 0.1 ppm, o bien Spirulina gleitleri, la cual es dulceacuícola y explotada dentro de la industria alimentaria y cuyo contenido de mercurio es de 0.2 ppm. A pesar de esta escasa información, se especula que las algas no tienden a acumular cantidades de este elemento.

Sin embargo, ésto no puede asegurarse totalmente, en vista de que es necesario tomar en cuenta aquellas propiedades físicas del mercurio, pues es un elemento que a temperaturas mayores de 60°C se volatiliza fácilmente, por lo tanto, pudo ser que durante el manejo de las muestras, el mercurio se haya perdido, o bien, que las técnicas de deshidratación utilizadas no hayan sido las correctas. Pillay, (1971) informa que el mercurio se pierde cuando las muestras biológicas han sido deshidratadas tanto a bajas como a altas temperaturas (menor de 10°C y mayores de 30°C).

Plomo.

Las concentraciones de Plomo en las aguas superficiales del hemisferio Norte son de 0.07 ppb (Chow y Patterson, 1966); a su vez las algas, al igual que otros organismos marinos, están propensos a asimilar fácilmente el plomo, por ser un elemento que tiene gran afinidad con el sulfuro y particu--

larmente con el grupo sulfhidrilo de las protefinas. En recientes investigaciones, se ha demostrado que las cantidades de plomo contenidas en dichos organismos van a depender de las cantidades disueltas en el agua (Patterson, 1974).

El aumento de plomo en el mar se debe principalmente a los desechos de las industrias petroquímicas, o bien a la combustión de los automóviles en las zonas costeras; es por ello que en estas zonas industrializadas, se observa un incremento de dicho elemento (Furr, 1974).

Las cantidades evaluadas en Ulva lactuca fueron 5.9 ppm y para la mezcla de algas fueron de 1.19 ppm (Tabla 3). De estos resultados se desprende lo siguiente.

Ulva lactuca es una especie muy estudiada por varios científicos con fines a ser utilizada dentro de la industria de los alimentos, no obstante, son pocos los trabajos que se han hecho sobre el contenido de elementos traza en los que se pueda así apoyar una discusión. Se sabe que es una alga clorofícea que acumula la mayoría de los elementos disueltos en el agua. Förstner (1979), menciona que las concentraciones de plomo en las algas marinas son de 2-3 ppm, con un mínimo de 0.5 ppm; sin embargo, los valores máximos que se han registrado son de 18 ppm, precisamente en Ulva lactuca; de acuerdo con esto y a diferencia de otras algas, ésta acumula mayor cantidad de este elemento.

Por lo que respecta a la mezcla de algas, es importante señalar que se trata de una muestra integrada por varias especies que, inclusive, ni siquiera pertenecen al mismo grupo. Es una mezcla conformada por algas rojas, pardas y verdes, las cuales pueden asimilar de forma distinta el plomo o bien tener

en conjunto todas ellas un efecto inhibitorio hacia la acumulación de éste, como lo señalan los trabajos de Tanaka (1979); quién observó que en aquellas algas que tienen polisacáridos como son carragenos y fucoides, disminuía la cantidad de plomo con respecto a otras algas que no los tuvieran; según esto la mezcla de algas podría disminuir su contenido de plomo por la presencia de las algas rojas.

A pesar de lo anterior, al observar la Tabla 4, se encuentra que en la mayoría de las algas pardas, como son Pelvetia caniculata, Fucus serratus y Fucus vesiculosus, las concentraciones son mayores, inclusive, de los niveles propuestos por Förstner (1979).

Otro aspecto importante de discutir es, si la cantidad de este elemento disuelto en el agua afecta la concentración encontrada en las algas. Muchos autores, entre ellos Bryan (1971), afirman que las macroalgas marinas son indicadoras de contaminación. Al revisar la Tabla 4, se observa que Undaria spp tiene una concentración de 8.2 ppm, la cual fue evaluada por Furr (1974), a partir de una recolección en una región contaminada. La concentración en la mezcla de algas fue 8 veces menor que en Undaria spp.

Förstner (1979), evaluó en Ulva lactuca un contenido de plomo que es tres veces mayor que la concentración aquí registrada en la misma especie, lo cual denota la posibilidad de concentrar dicho elemento, según la región. En este sentido, el lírio acuático recolectado en Río Valsequillo (en el cual existe una fuerte influencia de contaminantes), presentó una concentración de 3.8 ppm, y aquel recolectado en el Río Grijalva (escaso

o nulo impacto ambiental), presentó una concentración de 0.77 ppm; de acuerdo a esto se observa una diferencia marcada entre una zona y otra (Tabla 5).

Finalmente al revisar la Tabla 6, donde se muestran los máximos de tolerancia de elementos traza en la dieta de animales domésticos, se observa que el plomo puede ser aceptado hasta 30 ppm, de tal forma que las concentraciones evaluadas en las algas marinas de este estudio, no sobrepasan esta última cantidad.

Cadmio.

El cadmio es un elemento tóxico, lo cual ha motivado el estudio de su concentración en las especies marinas. Su contenido en el agua de mar es de 0.01 ppm en la superficie y 0.07 ppm a mayor profundidad (Boyle, 1976). Al igual que los metales anteriores, este elemento es considerado acumulativo en diferentes organismos marinos; además, cabe destacar que este metal es muy afín al Zn, y se halla asociado a éste en la naturaleza en la relación 1:100 - 1:200 (FAO/OMS, 1972). Sin embargo parece ser que el zinc proporciona cierta protección contra los efectos tóxicos del cadmio (Echegaray, 1974).

Al analizar los resultados de la Tabla 3 con respecto al cadmio, se observa que Ulva lactuca presentó una concentración de 0.7 ppm y la mezcla de algas fue de 0.5 ppm. Como en el caso del plomo, aparentemente las concentraciones son mayores en Ulva lactuca, que en la mezcla de algas.

Las concentraciones de cadmio en las algas marinas según Förstner (1979), están dentro de los niveles de 1-2 ppm, y

como se puede ver en la Tabla 4, la mayoría de las algas rojas corresponde a dicho nivel; sin embargo, es importante recordar que la cantidad de cualquier elemento encontrado en las algas, va a depender de la concentración disuelta en el agua donde ellas habitan. A pesar de ésto, parece ser que el cadmio no es acumulativo en las algas marinas, ya que las rojas fueron recolectadas en zonas contaminadas por este metal.

Las concentraciones tanto en Ulva lactuca como en la mezcla de algas, resultan ser hasta dos veces menores que Ascophyllum nodosum que es una alga de consumo no solo animal, sino también humano.

Uno de los objetivos de la presente contribución, es saber si la cantidad de metal encontrada a partir del análisis químico en las algas marinas de Baja California, resultan ser tolerables, tóxicos o letales, para otros organismos vivos, pues se pretende que éstas sean utilizadas en un futuro como fuente de alimento para animales. De acuerdo a esto, se integró la Tabla 6, la cual revela los niveles máximos de tolerancia de minerales dentro de la dieta de animales domésticos. En la mezcla de algas se observa que existe una concentración equivalente al nivel máximo tolerable de cadmio propuesto por National Research Council (1980). En el caso de Ulva lactuca, sobrepasa este nivel, por lo cual no cumple con este requisito. Aún cuando al ser comparada con otras algas de la Tabla 3, resulta tener bajo contenido de cadmio.

Hasta este momento no se ha discutido la posibilidad de que en las diferentes partes que constituyen a una alga,

como son gramófitos, caulóides y filoídes se acumule en distinta magnitud los diferentes metales, como lo señala el trabajo de Young (1958); de tal forma que no se puede precisar si en la muestra evaluada, las partes que la integran hayan acumulado de distinta manera el metal.

Arsénico.

El Arsénico es considerado un elemento tóxico cuando se encuentra en el medio marino, así como en el terrestre en grandes cantidades; no obstante, en investigaciones previas se ha observado, que los organismos marinos contienen aproximadamente de 1-20 ppm, sin que éstas lleguen a ser tóxicas (Lunde, 1970).

En el mar este elemento se encuentra disuelto en cantidades de 2.1 ppm (Johnson, 1972).

En el análisis realizado, no se detectó arsénico en Ulva lactuca (Tabla 3), lo cual puede indicar que fueron valores menores de 0.001 ppm de acuerdo a los cálculos de sensibilidad para el aparato que se utilizó. Lunde (1970), encontró en Ulva lactuca 4 ppm de arsénico, y se supone que esta especie no asimila grandes cantidades de este elemento, pues al observar la Tabla 4, tanto en las algas rojas como en las pardas, las concentraciones son de 2 a 3 veces mayores.

En la mezcla de algas se evaluó una concentración de 0.8 ppm, que con respecto a Ulva lactuca, parece ser que la diferencia es mínima, sin embargo es baja comparada con Gigartina stellata, Chondrus crispus o Rhodymenia palmata; esta última es una alga comestible, cuyos valores en contenido de arsénico

llegan a ser hasta 10 veces más altos; a su vez la mayoría de Fecofceas (Tabla 4), presentan elevadas concentraciones de arsénico, como el caso de Fucus serratus (28' ppm) o bien Ascophyllum nodosum (91.7 ppm), aunque esta última fue colectada en una región contaminada.

Young (1958), en su investigación, muestra que las algas rojas y pardas pueden asimilar el arsénico debido a la presencia de ciertos polisacáridos, como son el agar, fucoidina y carragenina, los cuales pueden intercambiar el ion arsénico dentro del sistema enzimático. De esta manera se justifica el alto contenido de As en estas algas.

En la Tabla 6, se observa que el nivel máximo tolerable de As, dentro de las dietas de animales, es de 50 ppm, de tal forma que las concentraciones encontradas tanto en Ulva lactuca, como en la mezcla de algas, resultan ser mínimas con respecto a este nivel.

Cromo.

La cantidad disuelta de cromo en el mar es de 0.08 ppm en la superficie y 0.15 ppm en las profundidades (Cranston, 1978).

Estudios recientes han comprobado que las sales inorgánicas del cromo que se encuentran en los animales, contribuyen a mejorar la tolerancia de glucosa (Gurson; y Saner, 1973), es por ello que se puede considerar un elemento traza indispensable dentro de la fisiología animal; sin embargo, envenenamientos catastróficos por este elemento se han registrado en los últimos años (Förstner, 1979), y al igual que otros

Sr en los organismos marinos.

Por otro lado, el estroncio es un elemento químicamente parecido al Ca y ocasionalmente, puede sustituir a éste en procesos fisiológicos de forma que puede ser acumulado en los huesos de los animales. Cuando se sobrepasan ciertos niveles de concentración, resulta ser de consecuencias letales.

Analizando los resultados de la Tabla 3, respecto al contenido de Sr en Ulva lactuca, se encontró una concentración de 185 ppm y en la mezcla de algas fue de 208 ppm. Con respecto a las concentraciones encontradas de los metales anteriores, éstas resultan ser elevadas; sin embargo Bowen (1956), menciona que las algas marinas, a diferencia de otros organismos marinos, prefieren este elemento; Underwood (1977), señala que el estroncio es un metal que estimula el crecimiento de las plantas.

La concentración de Ulva lactuca comparada con la mezcla de algas es menor (0.25 ppm). Rediske (1953), mostró que la cantidad de Sr en las plantas depende de la edad, así como de las estructuras de éstas (grampón, caulóide y filóide).

Pudiera ser que estos argumentos fueran válidos en esta discusión, sin embargo, es necesario tomar en cuenta que las muestras fueron recolectadas en la playa, como desecho; y por otro lado se evaluó la muestra, sin delimitarse las estructuras.

El estroncio, al igual que otros metales, es asimilado de distinta manera de una especie a otra, como lo muestra la Tabla 4; Ulva lactuca, al ser un alga clorofíceae, presenta una tasa de acumulación distinta comparada con las algas rojas

y pardas. En Ulva pertusa, Enteromorpha intestinalis y Ulva lactuca (evaluada por Bowen, 1956), las concentraciones son diferentes.

Tanaka (1979), menciona que las algas rojas no acumulan gran cantidad de Sr debido a la presencia de los glúcidos que forman la pared celular de éstas, los carragenos que no permiten la absorción de Sr; a diferencia de las algas pardas, el polisacárido constituyente de la pared celular tiene afinidad con este ion. Se desconoce hasta ahora algún trabajo que se refiera a la acumulación de Sr en algas verdes.

La mezcla de algas, como se mencionó anteriormente, está constituida por tres diferentes grupos de algas: rojas, pardas y verdes; pudiera ser que aún cuando existiera afinidad por el ion Sr, las cantidades acumuladas por las rojas y verdes son menores, de tal forma que se supone que la concentración de Sr en la mezcla está compensada.

Los niveles máximos de tolerancia de este metal dentro de la dieta de animales domésticos es de 2000-3000 ppm; aún en gallinas ponedoras es de 30,000, y de acuerdo a esto, los valores químicos encontrados en las algas resultan ser aceptables para poder utilizarlos como alimento para animales.

Tabla 3.- Contenido de metales pesados en Ulva lactuca y mezcla de algas marinas de Isla Santa Margarita, B.C.S. (\bar{x} ppm, peso seco).

ELEMENTO	<u>Ulva lactuca</u>	Mezcla de algas
Hg	ND	ND
Pb	5.9	1.19
Cd	0.7	0.5
As	ND	0.8
Cr	1.1	1.4
Sr	185.0	208.0

ND= No detectable

Tabla 4.- Contenido de metales en algas marinas (ppm/base materia seca).

ALGAS	Hg	Pb	Cd	As	Cr	Sr
<u>Ulva lactuca</u> ●	ND	5.9	0.7	ND	1.1	185
<u>Mezcla de algas</u> ●	ND	1.19	0.5	0.8	1.4	208
RODOFICEAS						
<u>Gelidium amansii</u>					0.5 [■]	90 [■]
<u>Gigartina stellata</u>				10.0 [*]		133 [○]
<u>Rhodymenia palmata</u>				10.9 [*]	13.0 [⊙]	18.8 [○]
<u>Chondrus crispus</u>		8.0 [*]		5.0 [*]		
FEOFICIAS						
<u>Pelvetia caniculata</u>		13.0 [⊙]			1.2 [●]	720 [⊙]
<u>Sargassum ringgoldianum</u>					0.66 [●]	1480 [●]
<u>Fucus serratus</u>		4.0 [⊙]	1.1 [○]	28.0 [⊙]	0.7 [●]	520 [⊙]
<u>Fucus vesiculosus</u>		7.0 [●]	1.2 [○]	24.0 [⊙]	1.5 [●]	730 [⊙]
<u>Ascophyllum nodosum</u>		0.4 [●]	1.3 [○]	91.7 [○]	1.9 [●]	570 [⊙]
<u>Undaria</u> spp.	0.12 [⊙]	8.2 [⊙]	0.9 [○]	3.4 [⊙]	1.1 [⊙]	504 [⊙]
<u>Laminaria dididata</u>				50.0 [⊙]		783 [○]
<u>Laminaria saccharina</u>						698 [○]
<u>Padina arborescens</u>					1.42 [●]	1310 [●]
CLOROFICEAS						
<u>Ulva lactuca</u>		18.0 [○]		4.0 [⊙]		32.2 [○]
<u>Ulva pertusa</u>					0.95 [●]	218 [●]
<u>Enteromorpha intestinalis</u>						54.8 [○]
ALGAS DULCEACUICOLAS						
<u>Spirulina geitleri</u>	0.2 [■]	0.4 [■]	0.1 [■]	1.1 [■]		

- PRESENTE ESTUDIO
- Black, (1952)
- Bowen, (1956)
- ⊙ Förstner, (1979)
- Furr, (1974)

- Klupp, (1979)
- ⊙ Lunde, (1970)
- Santillán, (1979)
- Yamamoto, (1979)
- Young, (1958)

Tabla 5.- Contenido de metales en algas marinas de Isla Santa Margarita B.C.S. y fanerógamas acuáticas (ppm/base materia seca).

ALGAS		Hg	Pb	Cd	As	Cr	Sr
<u>Ulva lactuca</u>	(1) *	ND	5.9	0.7	ND	1.1	185
Mezcla de algas	(1) *	ND	1.19	0.5	0.8	1.4	208
FANEROGAMAS							
<u>Eichhornia crassipes</u>	(2) +	6.15	3.8	0.01	1.46	-	-
<u>Eichhornia crassipes</u>	(2) &	0.64	0.77	0.009	0.08	-	-

Localidad

* Isla Santa Margarita, B.C.S.

+ Río Valsequillo

& Río Grijalva, Tab.

Autores

(1) Presente estudio

(2) Stawnski y Monroy (1982)

Tabla 6.- Niveles máximos de tolerancia de la dieta de minerales en animales domésticos (ppm)★

Elementos ppm	Animales domésticos					
	Vacas	Ovejas	Puercos	Aves de corral	Caballos	Conejos
Hg	2	2	2	2	2	2
Pb	30	30	30	30	30	30
Cd	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
As	50	50	50	50	50	50
Cr Clorado	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Oxidado	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Sr	2000	2000	3000	gallinas ponedoras 30,000 Otras 3000	2000	2000

★ National Research Council (1980)

CONCLUSIONES

- Acorde al material muestreado en la región de Punta Arena, Isla Santa Margarita, se infiere que éstas pueden ser incluidas en dietas para animales, debido a que no presentan niveles superiores de minerales a los máximos tolerables en dietas para animales domésticos.

- El mercurio no fué detectado, tanto en Ulva lactuca como en la mezcla de algas, lo cual hace posible plantear que la metodología utilizada, desde la colecta hasta el análisis, no fué la adecuada, por lo que se recomienda en un futuro utilizar la técnica de Liofilización para el análisis de este metal.

- En apoyo a otros autores, las algas marinas y en este caso Ulva lactuca, tienden a concentrar el metal Sr, sin que éste llegue a los niveles tóxicos.

- Existe una semejanza en las concentraciones de los diferentes metales para ambas muestras, aunque se observó en general que tienden a acumularse en cantidades ligeramente mayores en Ulva lactuca.

BIBLIOGRAFIA

- Acleto-Osorio, C. 1971. Algas marinas del Perú de importancia Económica Publ. Mus. Hist. Nat. "Javier Prado", Ser. Divulg. 5: 1-85.
- Alvarez, B.S., L. A. Galindo Beet y A. Chee Barragán. 1975. Características hidroquímicas en Bahía Magdalena, B.C.S. Cien. Mar. 2(2): 94-110.
- Anónimo. 1979. Methods for chemical analysis of water and wastes epa environmental monitoring and support. Laboratory office of research and developmen U.S. Enviromental, Protection Agency Cincinnati, Ohio, 45268., method 245, 2.
- Association of Official Agricultural Chemists. 1970. Official Methods of Analysis, 9 ed. Washington, D.C.
- Black, W.A.P. y R. L. Mitchell. 1952. Trace elements in the common brown algae and in sea water. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 30: 575-584.
- Bowen, H.J.M. 1956. Strontium and barium in sea water and marine organisms. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 35: 451-460.
- Boyle, E.A. 1976. On the marine chemistry of cadmium. Nature. 263: 42-44.
- Bryan, G.W. 1969. The absorption of zinc and other metals by the brown seaweed Laminaria digitata. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 49: 225-243.
- Chapman, V.J. 1970. Seaweeds and their uses. 2a. ed. Methuen & Co. L.F.D. London. 304 p.

- Chow, T.J. 1955. Flame photometric determination of in seawater.
Anal. Chem. 27: 18-21.
- Chow, T. J. 1966. Concentration profiles of barium and lead in
Atlantic waters of Bermuda. Earth Planet. Sci. Lett.
- Cranston, R. E. 1978. Dissolved chromium species in seawater.
Abstr. 1978. Spring meeting AGU, EOD 59.
- Delgadillo, G.H. 1966. Estudio preliminar de algunos compuestos
orgánicos en Galaxaura ruqosa y Enteromorpha intestinalis.
Tesis, Fac. de Ciencias, U.N.A.M. México, 26 p.
- Díaz-Piferrer, M. y H. López. 1959. Taxonomía, ecología y valor
nutrimental de algas marinas Cubanas I. Mem. Inst. Cubano.
Invest. Tecnól. (Ser. Estud. Trabajos Invest.) 6:1-69.
- Díaz-Piferrer, M. 1960. Taxonomía, ecología y valor nutrimental
de algas marinas Cubanas II.- Utilización de algas en
alimentación de las aves. Mem. Inst. Cubano. Invest.
Tecnól. (Ser. Estud. Trabajos Invest.) 16: 1-87.
- Echegaray, R., M. 1974. Contenido de algunos metales pesados en
especies marinas peruanas (1). Ingeniería Sanitaria
(Asoc. Interamer. Ing. Sanitaria) 27(4); 1-18.
- FAO/OMS. 1972. Evaluación de diversos aditivos alimentarios y de
los contaminantes mercurio, plomo y cadmio. Informe del
comitemixto FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios,
Ginebra. N° 16.
- Förstner, U. 1979. Chemical associations of heavy metals in
polluted sediment from the lower Rhine River. Paper

submitted for publication in "Advances in Chemistry",
American Chemical Society.

Furr, A.K., F.V. Kosikowski, C.A. Bache y D.J., Lisk. 1974.

Elemental analysis of protein-containing food materials
from various sources. J. Food Sci. 39: 887-891.

Garner, R.J. y D.S. Papworth. 1965. Garner's Veterinary Toxicology.
Bailliere Tindall and Cassell Williams and Williams
C. London. 400 p.

Goldwater, J.L. 1971. Mercury in the environment. Scientific
American. 224: 15-21.

Gurson, C.T. y G. Saner. 1973. Effects of chromium supplementa-
tion on growth in marasmic protein-calorie malnutrition.
Am. J. Clin. Nutr., 26: 988.

Guzmán del Próo, S.A., S. De la Campa y J.L. Granados. 1971. El
sargazo gigante (Macrocystis pyrifera) y su explotación
en Baja California. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 32:15-55.

Hammond, A.L. 1971. Mercury in the environment: natural and
human factors. Science 171: 788-789.

Hallsson, S.V. 1964 (1961). The uses of seaweeds in Iceland.
Proc. Inter. Seaweed. Symp. (Biarritz, Francia). 4: 398-
405.

Hernández-Serrano, R.M. 1946. Contribución al estudio químico
del alga rodoficea Gelidium cartilagineum. Tesis, Fac.
de Ciencias Químicas, U.N.A.M., México, 48 p.

- Huerta, L. y M.L. Chávez. 1966 (1968). Presencia de vitaminas B₁₂ en algunas algas marinas de las costas de México. An. Esc. Nal. Ci. Biol., 15: 9-22.
- Huisingh, D. y J. Huisingh. 1974. Factors influencing the toxicity of heavy metals in food. Ecol. Food. Nutr., 3: 263-272.
- Jensen, A. 1972. The nutritive value of seaweed meal for domestic animals. Proc. Inter. Seaweed. Symp. 7: 7-14.
- Jensen, S. y A. Jernelöv. 1969. Biological methylation of mercury in aquatic organisms. Nature 223: 753, 754.
- Johnson, D.L. y Pilson, A. 1972. Arsenate in the western North Atlantic and adjacent regions. J. Mar. Res. 30: 140-149.
- Klump, D.W. y P.J. Paterson. 1979. Arsenic and other trace elements in the waters and organisms of an estuary in SW England. Environ. Pollut. 19:11-20.
- Lechuga, A. 1919. Análisis del Sargassum vulgare. Tesis Fac. Ciencias Químicas. UNAM., México, 16 p.
- López, Magaldi, M.A. 1977. Algas marinas como suplemento alimenticio. Campo moderno & Chacra Nov.: 52-55.
- Lunde, G. 1970a. Analysis of trace elements in seaweed. J. Sci. Food Agric. 21: 416-418.
- Lunde, G. 1970b. Analysis of arsenic and selenium in marine raw materials. J. Sci. Food. Agric. 21: 241-247.
- Mendoza, G. y A. Herrera, 1868. Composición del Fucus vesiculosus. Gac. Med. 3:332.

Michanek, G. 1978. Trends in applied phycology with a literature review; seaweed farming on an industrial scale. Bot. Mar. 21: 469-475.

National Research Council. 1980. Mineral tolerance of domestic animals National Academy of Sciences. Washington, D.C.

Pascale, L.R., S.S. Waldstein, G. Engbring, y A. Dubin. 1952. Chromium intoxication with special reference to hepatic injury, J. Am. Med. Assoc. 149: 1385.

Patterson, C. 1974. Lead in seawater. Science 183: 553, 554.

Piña, P.C., M.M. Ortega y D. Landeros. 1983. Contribución al estudio de la composición química del alga mexicana: Ulva fasciata An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México 54 ser. Botánica (En prensa).

Pillay, K.K.S., C.C. Thomas, Jr., J.A. Sandel, C.H. Hyche. 1971. Anal. Chem. 43: 1419.

Rediske, J.H., y A.A. Selders. 1953. The absorption and translocation of strontium by plant. Physiol. 28: 594-605.

Rojkind, A.R. de. 1977a. Algas marinas bentónicas como suplemento en la alimentación animal. 1: Ensayos con pollos y gallinas ponedoras. Revisión bibliográfica. Contrib. Téc. Centro Invest. Biol. Mar. (Buenos Aires) 19: 1-25.

Rojkind, A.R. de. 1977b. Algas marinas bentónicas como suplemento en la alimentación animal. 2: Ensayo con bovinos. Revisión bibliográfica. Contrib. Téc. Centro Invest. Biol. Mar. (Buenos Aires) 28: 1-10.

- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. 1a. ed. Limusa, México. 432 p.
- Santillán, C. 1979. Progresos con el alga Spirulina en la alimentación de animales y humanos. VIII Congr. Inter. Ing. Quim. (Bogotá, Colombia.) 7:1-22.
- Setchell, W.A. y N.L. Gardner. 1933. A preliminary survey of Gigartina with special reference torts pacific north american species. Univ. Calif. Publ. Bot. 17: 255-339.
- Stawnski, T.M., y M. Monroy. 1982. Metales tóxicos en lirio acuático. II Cong. sobre problemas ambientales de México. COPEA-ENCB, México, D.F. (En prensa).
- Tanaka, Y. 1979. Algal polysaccharides: Their potential use to prevent chronic metal poisoning. In H.A. Hope, T. Levring and Y. Tanaka (Eds.). Marine Algae. Walter Gryter. Berlin, Nueva York: 525-543.
- Wyrcki, K. 1965. Corrientes superficiales del Oceano Pacifico Oriental Tropical. Inter-American Tropical Tuna Commission, Bull. 9(5): 270-304.
- Yamamoto, T., Y. Otsuka, M. Okazaki. 1979. The distribution of chemical elements in algae. In H.A. Hoppe, T. Levring and Y. Tanaka (Eds.) Marine Algae. Walter Gryter. Berlin, Nueva York: 569-607.
- Young, G.E. y W.M. Langille. 1958. The occurrence of inorganic elements in marine algae of the Atlantic provinces of Canada. Can. J. Bot. 30:301-310.
- Underwood, E.J. 1971. Trace elements in human and animal nutrition. 2a. ed. Academic Press. N.Y. London. 471 p.