

300612/184

24



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**Aprovechamiento de las Algas Marinas
Macrocystis pyrifera y Sargassum Sinicola
en la Alimentación Humana y Animal**

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

Químico Farmacéutico Biólogo

P R E S E N T A N:

ROSA EVELIA MANZANO MONTAÑO

EDUARDO ROSALES GARCIA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

UNIVERSIDAD LA SALLE

**ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA UNAM**

**Aprovechamiento de las algas marinas
Macrocystis pyrifera y Sargassum sinicola
en la alimentación humana y animal.**

Tesis profesional

que para obtener el título de:

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

presentan:

Rosa Evelia Manzano Montaño

Eduardo Rosales García

México , D. F.

1989.



Aprovechamiento de las algas marinas

Macrocystis purifera y *Sargassum sinicola*

en la alimentación humana y animal

Rosa Evelia Manzano Montaño

Eduardo Rosales García

INDICE

	Pag.
Resumen.....	VIII
Capítulo I	Introducción..... 1
1.1	Antecedentes generales..... 2
1.1.1	Factores que afectan a las algas..... 4
1.1.2	Composición química..... 8
1.1.3	Distribución..... 9
1.1.4	Usos..... 10
1.2	Antecedentes en México..... 15
1.2.1	<u>Macrocystis pyrifera</u>
1.2.1.1	Antecedentes generales..... 17
1.2.1.2	Distribución..... 20
1.2.1.3	Factores que afectan a <u>Macrocystis</u>
<u>pyrifera</u> 20	
1.2.1.4	Usos..... 23
1.2.2	<u>Sargassum sinicola</u>
1.2.2.1	Antecedentes generales..... 25
1.2.2.2	Composición química..... 27
1.2.2.3	Distribución..... 27
1.2.2.4	Factores que afectan al género
<u>Sargassum</u> 29	
1.2.2.5	Usos 29
1.3	Justificación..... 30
Capítulo II	Objetivos..... 31
Capítulo III	Hipótesis..... 32
Capítulo IV	Material y métodos
4.1	Metodología
4.1.1	Colecta..... 33
4.1.2	Lavado..... 33
4.1.3	Desecación..... 35
4.1.4	Molienda..... 35

	Pag.
4.1.5 Análisis químico	
4.1.5.1 Análisis químico aproximado.....	36
4.1.5.2 Determinación de aminoácidos...	38
4.1.5.3 Determinación de energía bruta...	38
4.1.5.4 Cuantificación de minerales.....	38
4.1.5.5 Factores antinutricios.....	39
4.1.5.6 Determinación de digestibilidad..	41
4.1.5.7 Elaboración de las mezclas de algas con harina de garbanzo.....	41
4.1.5.8 Evaluación biológica.....	43
Capítulo V Resultados y discusión	
5.1 Análisis químico aproximado.....	47
5.2 Factores antinutricios.....	52
5.3 Cuantificación de minerales.....	56
5.4 Aminograma.....	64
5.5 Digestibilidad <i>in vitro e in situ</i>	71
5.6 Evaluación biológica.....	74
Capítulo VI Conclusiones y recomendaciones	
6.1 Conclusiones.....	91
6.2 Recomendaciones.....	92
Capítulo VII Literatura citada.....	93
Capítulo VII Literatura recomendada.....	107

Relación de cuadros y figuras.

Pág.

Cuadro 1	Producción anual de <i>Macrocystis pyrifera</i> (Sargazo Gigante)...	21
Cuadro 2	Análisis Químico Aproximado y Energía Bruta de las harinas elaboradas de <i>Macrocystis pyrifera</i> lavada y sin lavar	48
Cuadro 3	Análisis Químico Aproximado y Energía Bruta de las harinas elaboradas de <i>Sargassum sinicola</i> lavada y sin lavar	49
Cuadro 4	Comparación entre el Análisis Químico Aproximado de las algas <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i> con algunos alimentos de uso común	51
Cuadro 5	Factores Antinutricios en <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i> lavadas y sin lavar.....	53
Cuadro 6	Contenido de minerales en <i>Macrocystis pyrifera</i> (lavada y sin lavar) Comparación con resultados de otros autores	57
Cuadro 7	Comparación del contenido de algunos minerales de <i>Macrocystis pyrifera</i> con el de otras algas	58
Cuadro 8	Contenido de minerales en <i>Sargassum sinicola</i> (lavada y sin lavar)	59
Cuadro 9	Composición mineral de tejidos formados durante el mismo año, de la parte mediana e inferior de <i>Laminaria hyperborea</i>	61
Cuadro 10	Comparación del contenido de algunos minerales de <i>Sargassum sinicola</i> con el de otras algas	62
Cuadro 11	Comparación del contenido de algunos minerales de las algas <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i> con el de algunos alimentos de consumo común en animales y humanos	63
Cuadro 12	Comparación de aminoácidos indispensables en <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i> (lavadas y sin lavar)	65
Cuadro 13	Cuenta Química de los aminoácidos indispensables contenidos en las algas <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i> (lavadas y sin lavar)	66

Cuadro 14	Contenido de proteína y aminoácidos indispensables en las algas <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i> comparado con los requerimientos para algunos animales	68
Cuadro 15	Contenido de algunos aminoácidos en diversas algas marinas	69
Cuadro 16	Comparación entre la cuenta química de aminoácidos indispensables de las algas <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i> con algunos alimentos de consumo.....	70
Cuadro 17	Digestibilidad <i>in vitro</i> e <i>in situ</i> de <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i>	72
Cuadro 18	Resultados de la evaluación biológica de <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i>	75
Cuadro 19	Alimento total consumido por las ratas durante la evaluación biológica	76
Cuadro 20	Ganancia total de peso vs proteína total consumida para la determinación de la gráfica de PER en ratas	78
Cuadro 21	Nitrógeno total retenido vs nitrógeno total ingerido para la determinación de la gráfica de NPU en ratas	83
Cuadro 22	Ganancia de peso de las ratas vs tiempo para determinar la curva de crecimiento	87
Cuadro 23	Ganancia total de peso de las ratas alimentadas con distintas dietas al término de la evaluación biológica	90
Figura 1	Distribución mundial de los mantos de algas rojas	11
Figura 2	Distribución mundial de los mantos de algas pardas	12
Figura 3	" Sargazo Gigante " (<i>Macrocystis pyrifera</i>)	18
Figura 4	Distribución de <i>Macrocystis pyrifera</i> en México. Cosecha en toneladas de las zonas norte, centro y sur (verano de 1982)	19
Figura 5	Áreas de explotación del alga <i>Macrocystis pyrifera</i> . Ubicación y nombres de los mantos Sargaceros	22
Figura 6	<i>Sargassum sinicola</i>	26

Figura 7	Distribución de mantos del género <i>Sargassum</i> en la República Mexicana	28
Figura 8	Representación esquemática de las operaciones realizadas durante el estudio de las algas <i>Macrocystis pyrifera</i> y <i>Sargassum sinicola</i>	34
Figura 9	Gráfica de Relación de Eficiencia Proteica para <i>Macrocystis pyrifera</i>	79
Figura 10	Gráfica de Relación de Eficiencia Proteica para <i>Sargassum sinicola</i>	80
Figura 11	Gráfica de Utilización Neta de Proteína para <i>Macrocystis pyrifera</i>	84
Figura 12	Gráfica de Utilización Neta de Proteína para <i>Sargassum sinicola</i>	85
Figura 13	Curvas de crecimiento de los animales sometidos a la evaluación biológica para <i>Macrocystis pyrifera</i>	83
Figura 14	Curvas de crecimiento de los animales sometidos a la evaluación biológica para <i>Sargassum sinicola</i>	89

Resumen.

México es un país abundante en recursos marinos aprovechables, uno de los cuales lo representan las algas marinas, que son una fuente importante de nutrimentos y sustancias industrializables.

Macrocystis pyrifera y *Sargassum sinicola* son dos especies, entre la gran cantidad de algas que habitan en las costas y lagos de México, que no son explotadas adecuadamente en el país, y que pueden ser aprovechadas en la alimentación humana y animal con ventaja económica, solucionando, aunque sea en pequeña proporción, la creciente demanda de alimentos básicos.

Para aprovechar las algas marinas en la alimentación de animales o humanos, es necesario mejorar su composición química y valor nutricional, aumentar su digestibilidad y evitar su descomposición, sometiénolas a algunos tratamientos como el lavado, desecación y molienda. Dichos tratamientos elevan el costo de las algas como alimento, por lo cual, uno de los objetivos del presente trabajo es comparar la composición química entre las algas lavadas y sin lavar, para comprobar si es posible y conveniente omitir la operación de lavado. Otro de los objetivos es hallar la proporción óptima de inclusión de harina de algas en la dieta de animales de laboratorio.

Los resultados obtenidos del análisis químico muestran que *Macrocystis pyrifera* no es influida significativamente en su composición química por el lavado, excepto en su contenido de cenizas; su digestibilidad *in situ* es elevada (83.24%) y resulta ser una buena fuente de minerales como calcio (12.44-14.22 mg/g), sodio (31.11 mg/g), potasio (55.55-53.33 mg/g) y magnesio (49.16-54.72 mg/g). Además, su contenido en lisina (5.61-6.13g/100 g proteína), fenilalanina (7.18-7.80 g/100 g proteína), metionina (5.78-5.94 g/100 g proteína) y treonina (5.31-6.01 g/100 g proteína) la hacen ser un buen complemento alimenticio de origen vegetal, para el consumo humano; su principal aminoácido limitante es la isoleucina, por lo que se complementa con una cantidad adecuada de este aminoácido, su calidad nutricional puede aumentar. Su contenido en histidina (1.44-1.93 g/100 g proteína) y glicina (5.37-5.80 g/100 g proteína) contribuyen a su valor nutricional en la alimentación de pollos y cerdos en crecimiento. Sin embargo, su contenido en taninos (34.20 - 31.15 mg/g) puede hacer que su valor nutricional para la alimentación animal se reduzca. Esto se hace más palpable cuando se alimentan a ratas de laboratorio con diferentes proporciones de harina de *Macrocystis pyrifera* sin lavar (5%, 15% y 25%); al aumentar la proporción de esta harina en la dieta, el PER, NPU y DA disminuyen y son menores que los de la dieta patrón (con harina de garbanzo).

Sargassum sinicola es afectada notablemente por el lavado, el cual provoca que su composición mineral disminuya significativamente. Esta alga es una buena fuente de minerales como fósforo (27.55 - 23.26 mg/g), sodio (38.88 - 22.22 mg/g), potasio (33.30-22.20 mg/g) y magnesio (121.66-133.33 mg/g). Su contenido de aminoácidos como lisina (4.33-5.09 g/100 g proteína), fenilalanina (6.52-6.85 g/100 g proteína), treonina (4.23 - 3.83 g/100 g proteína) y triptofano (1.15-1.29 g/100 g proteína) la hacen ser un buen complemento alimenticio de origen vegetal para la alimentación humana. Su contenido de histidina (1.50-1.56 g/100 g proteína), glicina (4.64- 4.63 g/100 g proteína) y arginina (4.08-7.05 g/100 g proteína) la favorecen como complemento alimenticio para animales. En la evaluación biológica con ratas, las proporciones adecuadas para la inclusión de harina de *Sargassum sinicola* sin lavar, son del 5% y 15 %, con las cuales se obtienen valores de PER, NPU y DA ligeramente mayores que los de la dieta patrón.

Los resultados muestran que, aunque las dos algas estudiadas no contienen proteínas de buena calidad, por lo menos son una buena fuente de algunos aminoácidos indispensables para humanos y animales. Además, son abundantes en sustancias minerales y, para los rumiantes son ricas en carbohidratos complejos. Se recomienda el tratamiento de lavado, escaldado, desalado, etc., en las algas para consumo humano. Para consumo animal se pueden utilizar sin lavar, en proporciones del 5 y 15 % para *Sargassum sinicola*, complementándose adecuadamente con otros alimentos.

En el capítulo VI de este trabajo, se dan algunas recomendaciones que pueden servir para mejorar este recurso en su calidad alimenticia.

Se recomienda la realización de otros estudios más amplios sobre este tipo de recursos para poderlos explotar adecuadamente.



CAPITULO 1

INTRODUCCION

I. INTRODUCCION.

Desde sus inicios, la humanidad ha sustentado una lucha continua por conseguir sus alimentos, siendo mayor cada día este problema debido a la mala distribución y decreciente disponibilidad de alimentos básicos, pues mientras algunos países y grupos sociales gozan de abundancia en su alimentación, otros se ven sujetos a una escasez muy marcada en este aspecto.

En los países industrializados, el problema parece centrarse en las preferencias alimentarias y, por el contrario, la preocupación principal de los habitantes de países pobres consiste en tener el mínimo de víveres para poder subsistir, agudizándose más esta situación al desaprovechar algunos de los recursos naturales con los que la humanidad cuenta (161).

El uso de nuevas fuentes de nutrimentos puede resolver algunos de los problemas, tanto en la nutrición animal como en la humana. La nutrición animal es un aspecto muy importante, ya que repercute en la nutrición de las personas, y es mucho más fácil adaptar a los animales al consumo de un nuevo tipo de alimento, que a los seres humanos. Esto plantea la necesidad de abastecer al sector pecuario de insumos estratégicos para su desarrollo, utilizando aquellos recursos naturales existentes que no constituyen un alimento básico en la dieta de la población (38,161).

Y es precisamente ahora cuando el hombre puede utilizar uno de los recursos más importantes con los que cuenta: *el mar*, que aporta innumerables beneficios al hombre, pero ninguno tan grande como el suministro de alimentos (181).

Sin embargo, en la actualidad los océanos aportan solamente el 1 ó 2% de los alimentos del mundo, pero con los nuevos conocimientos y técnicas que se han desarrollado en las últimas décadas, el hombre está comenzando a aprovechar cada vez más las riquezas marinas (181).

Es importante hacer notar que en recursos marinos, México posee un potencial muy grande, pues en números absolutos cuenta con 9,903 km de litorales, 431,051 km de plataforma continental (fondos cercanos a la costa con profundidades no mayores de 200 m), y un zona económica exclusiva de aproximadamente 2,982,000 km que ofrecen al país importantes posibilidades de desarrollo económico (2,10,168).

Uno de los recursos marinos aprovechables como alimento son *las algas*, las cuales hasta la fecha no han tenido una explotación considerable con esa finalidad.

Las algas son plantas primitivas y varían en tamaño, desde células de 1 μ hasta algas gigantes que pueden crecer más de 50 m, y pueden ser autótrofas o heterótrofas obligatorias o facultativas, creciendo en diversos habitats, por lo que su clasificación es muy compleja. En este trabajo, la clasificación que se da es de acuerdo a su coloración (36,50,51,112):

- a) *Cianofíceas* (azul-verde)
- b) *Clorofíceas* (verdes)
- c) *Rodofíceas* (rojas)
- d) *Fecofíceas* (café o pardas)

1.1 Antecedentes generales.

Aunque apenas se ha empezado a aprovechar el potencial comercial de la mayoría de las especies de algas, éstas ya sostienen una industria multimillonaria a nivel mundial.

En muchas partes del mundo, las algas pardas se cosechan y procesan para convertirlas en un polvo de color beige llamado *algina*, sustancia que puede hacer que un litro de agua se ponga tan espeso como la miel. En su calidad de fijador químico o coloide, es capaz de retener la humedad en medicinas y en alimentos preparados, evitar que los productos sintéticos se fragmenten o se desintegren y conservar el escarchado de azúcar de un pastel o la espuma de una cerveza, sin alterar ni el olor ni el sabor (72,98).

En Finlandia, Noruega, Francia e Inglaterra se empleaban comúnmente las algas como alimento para animales, llevándolos a pastar a las costas en las que el mar las había depositado en grandes cantidades. Actualmente, Francia e Inglaterra extraen algina de *Laminaria*, pequeña alga parda que primeramente sirvió para elaborar fertilizantes, alimento de ganado, así como para la obtención de yodo (82,100,176).

De todas las algas, las rodofíceas y las fecofíceas son las que más se han empleado en la alimentación humana en varios países del sudeste de Asia, como Japón, Filipinas, Australia, Hawai, etc.(67).

Mucha gente, particularmente la de las culturas polinesia y asiática, prefieren alimentarse de algas marinas y muchos especialistas en la materia creen que en un mundo que agota rápidamente las fuentes alimentarias tradicionales, las algas desempeñarán un papel muy importante en la alimentación (58,67,101).

Los antiguos hawaianos consumían más de 20 especies de algas marinas, ricas en minerales y nutrientes básicos, para hacer más atractiva su poco variada dieta de pescado.

Los japoneses no se quedan atrás en su afición por las algas marinas. Mucho antes de que se pusiera de moda el vocablo "acuicultura", los japoneses residentes en las costas ya estaban aprendiendo a cultivar el *nori*, alga que se suele vender en hojas prensadas de color púrpura. Estos precursores de la acuicultura primero hacían crecer las plantas jóvenes en estacas de bambú, y luego las trasplantaban a redes que habían extendido horizontalmente sobre el poco profundo lecho marino (99).

En Occidente no se han hecho muchos estudios en cuanto al uso de las algas en la alimentación, por lo que su consumo es muy pobre y generalmente se da en poblaciones cercanas al mar, aunque no es un alimento muy aceptado; sin embargo, en Argentina, López (107) ha estudiado el valor nutritivo de las algas como parte de dietas para animales, llegando a la conclusión de que es factible su empleo en la alimentación de ovinos (67,107).

En Cuba, Díaz-Piferrer empleó algas marinas en forma combinada o como complemento en la alimentación de aves (en proporciones de 5 a 30% de la ración) para aprovechar el alto contenido de vitaminas y minerales, concluyendo que ayudan a la mejor alimentación de estos animales, adquieren una mejor pigmentación, aunque no contribuyen en su aumento de peso (55).

Por otra parte, en Bulgaria, Bratova y Ganovski utilizaron tres especies de algas para alimentar aves de corral y observar si había o no algún beneficio en la producción de huevo, llegando a la conclusión de que el contenido de calcio, carotenos, vitamina A y E en los huevos obtenidos de animales alimentados con algas fue mayor que en aquellos obtenidos de animales sin algas en su alimentación (24).

En Italia, Orandi, Battaglioni y Costantini realizaron algunos experimentos con conejos, alimentándolos con varios tipos de alimentos, entre los cuales usaron algas, concluyendo que son útiles en la alimentación de estos animales, contribuyendo en su mejor desarrollo y aumento de peso (74).

1.1.1 Factores que afectan a las algas.

La estructura, distribución y composición química de varias especies de algas han sido estudiadas en relación a los factores ambientales que pueden afectarles. En algunas regiones del mundo, la distribución de las algas está fuertemente influenciada por diversos factores físicos y biológicos. Los principales factores físicos son (14,35,48,75,105,127):

- *Temperatura del agua*
- *Luz solar disponible*
- *Turbidez*
- *Nutrientes*
- *Movimiento del agua*
- *Tormentas*
- *Salinidad*
- *pH y tensión de Dióxido de Carbono.*

Temperatura .- Los efectos que la temperatura puede tener sobre las algas son diversos. Se han realizado experimentos sometiendo a estas plantas a diferentes temperaturas, las cuales inducen en ellas algunos cambios morfológicos (42,177).

Yamamoto estudió los efectos de la temperatura en las algas, muestreando las frondas y hojas de *Klellmanella crassifolia* durante varios meses, observando que mostraron una correlación negativa con respecto a la temperatura del agua del mar (183).

Por otra parte, se ha observado que en una misma zona, las algas que se desarrollan pertenecen a diferentes especies, según la época del año. En verano, en las costas de Grecia, las comunidades de *Cystoseira crinita* y *C. compressa* se desarrollan en gran cantidad, mientras que *Corrallina officinalis* y *Pterocladia capillacea* dominan en otoño, mismas que presentan una disminución en invierno (78).

Luz solar.- Este factor, combinado con la temperatura, inducen cambios morfológicos en algunas algas, sobre todo cuando el período de luz a la que están expuestas es corto (42).

La radiación solar tiene una relación muy estrecha con la actividad fotosintética en las algas, según la época del año, variando considerablemente entre el verano y el invierno (70).

Rochet, Legendre y Demers observaron las respuestas de algunas microalgas a los cambios en la intensidad de la luz, concluyendo que la actividad fotosintética se duplicó cuando las algas fueron incubadas bajo luz azul comparada con la de algas bajo luz blanca (154).

Turbidez .- La transparencia del agua influye en la disponibilidad de luz solar para las algas y, por lo tanto, en su actividad fotosintética (177).

La turbidez está muy relacionada con la profundidad a que se encuentren las algas, y en función de ésta, dichas plantas ofrecen respuestas negativas o positivas de crecimiento y desarrollo (7).

Por otra parte, la turbidez indica la calidad del agua, así como la cantidad de nutrimentos disueltos en ella y la dinámica de los mismos (48).

Nutrimentos .- Se ha observado que las algas se desarrollan en diferentes lugares, según el tipo de nutrimentos que haya, lo cual depende en gran parte del grado de contaminación en los distintos habitats (71).

Hughes observó que las plantas acuáticas angiospermas se desarrollan ampliamente en aguas ricas en nutrimentos y con sustratos orgánicos. Las algas se desarrollan en mayor cantidad en aguas donde los nutrientes provienen de la descomposición de los sedimentos (84).

Anderson y Kalff, por su parte, probaron la respuesta de una especie de alga al enriquecer su medio con compuestos nitrogenados, siendo dicha respuesta muy significativa y positiva. Por otra parte, al enriquecer el medio con potasio o fósforo, no observaron respuesta positiva (7).

Movimiento del agua .- Este factor es sumamente importante, ya que está íntimamente ligado con la disponibilidad de nutrimentos para la vida submarina, sobre todo en lo que se refiere a nutrimentos de origen mineral, como nitratos, fosfatos y silicatos, desde aguas muy profundas, hasta aguas superficiales (117).

Por otra parte, la hidrodinámica puede ocasionar algunas modificaciones morfológicas y de crecimiento en las algas, como lo comprueba Reiter, ya que la fricción del agua influye en estas plantas (152).

Tormentas .- Este factor influye en el movimiento del agua y en su temperatura, pudiendo afectar el desarrollo de la flora submarina (16).

Salinidad .- Es un factor decisivo en el desarrollo de micro y macroalgas, ya que el exceso de sales minerales en algunas regiones marinas provoca una "deshidratación" de dichas plantas o bien una inhibición de su crecimiento y posterior desarrollo (14,48).

pH y tensión de Dióxido de Carbono .- Livansky y Bartos han estudiado la influencia de estos factores en medios de cultivo para microalgas, concluyendo que son de vital importancia para su desarrollo (105).

Entre los factores biológicos que pueden afectar a las algas se encuentran (55,75,127):

- *Parasitismo*
- *Autosombreado*
- *Competencia*
- *Prensado en el fondo por otras algas*

Parasitismo .- Puede ser de dos tipos: Animal y vegetal.

Con respecto al parasitismo animal, se han reportado la influencia de algunos moluscos que se adhieren a las algas, alimentándose de ellas y comportándose como verdaderas plagas (45).

Por otra parte, también se han reportado algas que se ven afectadas en su crecimiento por otras especies de algas más pequeñas, que se desarrollan en sus frondas o tallos (167).

Autosombreado .- Algunas especies pueden llegar a tener un gran tamaño, y como consecuencia, sus mismas frondas de la parte superior impiden el paso de la luz a las frondas inferiores, afectando así su actividad fotosintética (70).

Competencia .- Este factor no es decisivo en el desarrollo de las algas, por el contrario, se han reportado "asociaciones" entre plantas como un modo de defensa contra el ambiente marino, especialmente contra las especies herbívoras (104).

Sin embargo, el medio ambiente, la intensidad de luz, las fuentes de nutrimentos y la habilidad para la adaptabilidad cromática son factores críticos en la competencia entre las diferentes especies de algas (154).

Prensado en el fondo por otras algas .- Este factor no es decisivo en el desarrollo de las especies algales y es una consecuencia de la competencia entre ellas.

La influencia humana es un factor más a considerar en la supervivencia de los bosques algales. Entre las principales actividades que pueden afectar a las algas están (41,80,97,143):

- Descargas de aguas de desecho
- Cosecha del alga
- Descarga de afluentes calientes por plantas termoeléctricas
- Derrames de petróleo
- Productos de desecho de refinerías

Descargas de aguas de desecho .- Contribuye a la turbidez del agua, disponibilidad de luz y de nutrimentos (7,16,42,70,177).

Algunas aguas de desecho tienen un alto contenido de herbicidas, y el efecto de estos en las comunidades algales ha sido estudiado por Goldsborough y Robinson, los cuales han observado que algunas comunidades de algas han sufrido mermas en su crecimiento (73).

Cosecha del alga .- Para evitar la extinción de los bosques algales, es recomendable cortar solo cierta longitud de sus frondas al cosecharlas, de lo contrario, toda la planta es susceptible de extinguirse (32,41).

Descargas de afluentes calientes por plantas termoeléctricas .- Este factor altera la temperatura del agua y afecta la competitividad entre las especies de algas que se desarrollan en ciertas zonas donde existen dichas descargas (78,177,183).

Derrames de petróleo .- Este factor causa cambios morfológicos y fisiológicos, sobre todo en las microalgas; contribuye a disminuir la disponibilidad de la luz, aumenta la turbidez y reduce también la disponibilidad de los nutrientes (42,48,71,153,154).

Productos de desecho de refinerías .- Este es un factor que en general afecta a toda la vida submarina, ya que altera el hábitat natural de todas las especies.

1.1.2 Composición química.

Las algas marinas, al igual que las plantas terrestres, contienen carbohidratos, proteínas, grasas, sales minerales y vitaminas (26,64,110).

La gran mayoría de las algas marinas, y en especial las pardas, contienen un porcentaje bajo de proteínas (alrededor de un 7.5% del peso seco), de modo que no pueden ser consideradas como una fuente proteica de valor económico, sin embargo, algunas especies de algas rojas, contienen de un 25 a 35% de proteínas y el alga verde-azul *Spirulina* que tiene un valor entre 65 y 70% de proteínas (13,24,67).

Los aminoácidos son similares a los de las plantas superiores, conteniendo además todos aquellos considerados como indispensables tanto para animales monogástricos como para ruminantes (43,67,102,160).

Los carbohidratos en las algas rojas y pardas, están representados por polisacáridos más o menos complejos, denominados ficocoloides, que tienen la propiedad de formar geles o sistemas coloidales cuando se dispersan en el agua, tales como el agar, carragenina, iridoficina, funorina, agaroides en las algas rojas, y laminarina, fucoidina y ácido alginico en las algas pardas (5,176,179).

Respecto a las sales minerales, las algas se caracterizan por su elevado contenido, variando las cenizas de la materia seca de un 10% a un 35% (excepcionalmente hasta un 50%). De esta manera las algas pueden constituir un excelente complemento de algunos minerales dentro de la alimentación animal, ya que muchos pastos pese a ser muy abundantes y ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, no alcanzan a cubrir los requerimientos del ganado en elementos menores. Así, con el uso de las algas, se presentan las ventajas de que en ellas se encuentran todos los elementos traza y en forma orgánica (13,67,155).

Las algas también constituyen una fuente importante de vitaminas. Entre las principales se encuentran: el B-caroteno, considerado como precursor de la vitamina A, vitamina B1, B2, ácido nicotínico, complejo B, ácido fólico, biotina, ácido pantoténico, vitamina B12, vitamina C, D, E y K (67,88,108).

En estado fresco, las algas contienen un 75 a 85% de agua, correspondiendo el resto (15-25%) a compuestos orgánicos y sales minerales (materia seca) (67).

Thomaz y Esteves, por su parte, han determinado el valor energético de diversas algas y los resultados obtenidos mostraron que los valores energéticos de la macrofitas tropicales son similares a aquellos de las algas de regiones templadas (2550 cal / g) (172).

1.1.3 Distribución.

La distribución de las algas a nivel mundial es muy amplia, y existen en el planeta gran cantidad de mantos algales localizados en diversas zonas, dependiendo de las características propias de cada grupo de algas (17,21,49,63,158,181,182).

Así, las algas verde-azules se encuentran en todo el mundo, tanto en aguas dulces y saladas, como en habitats subaéreos y húmedos. Son más abundantes en aguas dulces y cerca de la superficie que en profundidades de unos cuantos metros. Las algas verdes se encuentran de igual forma en aguas dulces, saladas y en muchos habitats subaéreos, principalmente húmedos, incluyendo en la nieve; las especies marinas de estas algas se encuentran generalmente en aguas poco profundas a lo largo de las costas, a menudo adheridas a rocas, donde quedan expuestas durante la marea baja (36,50).

En cuanto a las algas rojas, existen alrededor de 3,500 especies, siendo la mayoría marinas. Se encuentran en todos los océanos, pero son más comunes en regiones tropicales, especialmente en el Hemisferio Sur; casi siempre están fijadas (36).

De las algas pardas, existen cerca de 1,500 especies, casi todas ellas marinas. Son especialmente comunes a lo largo y cerca de las costas, en las partes más frías del mundo, tanto en la zona costera que queda entre las rocas, como sumergidas por completo. Algunas algas pardas son microscópicas y filamentosas, pero la mayoría de ellas tienen un talo más grande y más complejo que varía de unos centímetros, a más de 50 m de largo (46).

Kim, Lee y Lee han estudiado la flora en la costa sur de Corea, encontrando e identificando un total de 84 especies: 8 clorofíceas, 19 feofíceas, y 57 rodofíceas. Se colectaron en tres lugares: En el primero, se recolectaron 65 especies, en el segundo 66 y 61 en el último. La vegetación algal en el primer sitio fué dominada por las especies Sargassum y Ulva en abril, Corallina y Ulva en julio y Chondria y Ulva pertussa en octubre (95).

En el segundo sitio dominó Sargassum, Gigartina y Ulva en abril, Sargassum y Ulva en julio y Chondria y Ulva en octubre, mientras que en el último sitio dominaron Sargassum y Ulva en abril y Chondria en octubre (95).

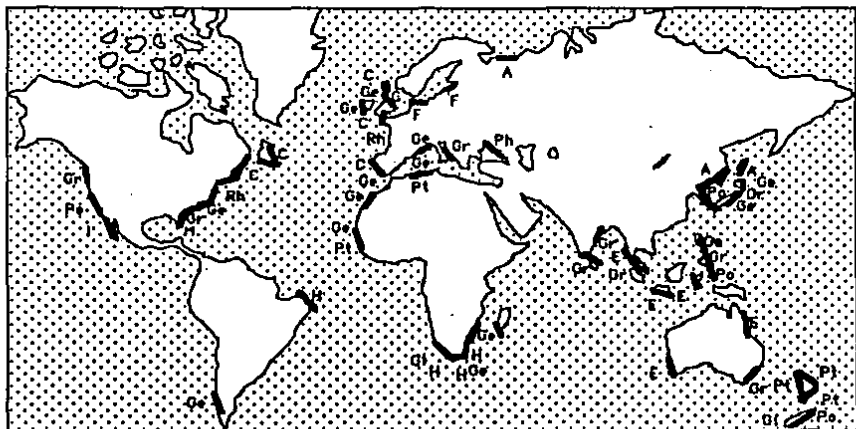
Por su parte, Coutinho y Seeliger han estudiado el desarrollo temporal de 94 especies de algas bentónicas en Brasil. El crecimiento, por temporadas, de algas clorofíceas, feofíceas y rodofíceas está correlacionado con las variaciones mensuales de salinidad, temperatura del agua, duración del día y la energía radiante (44).

En las figuras 1 y 2 se puede observar la localización de los mantos de las algas rojas y pardas a nivel mundial, así como las especies más abundantes de cada grupo (36).

1.1.4 Usos

Las algas marinas son utilizadas de muy diversas formas en los distintos países del planeta, pero actualmente se usan principalmente como fuente de hidrocoloides o gomas, que se utilizan en varios tipos de industrias (36).

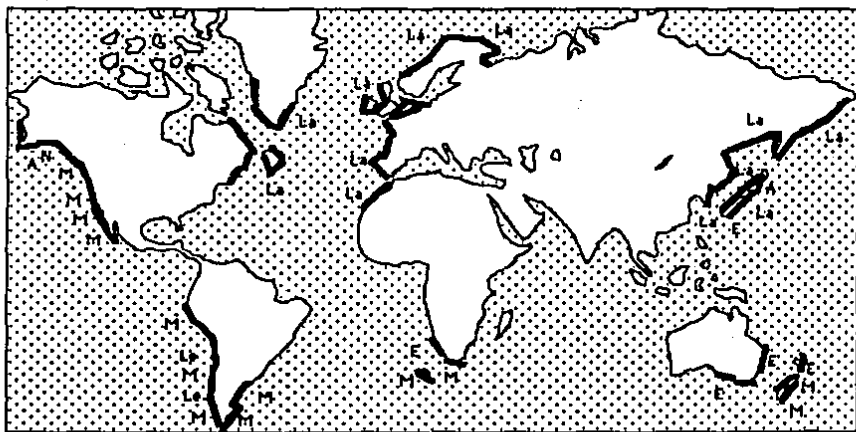
FIGURA 1.
Distribución mundial de los mantos de algas rojas.



<i>Ahnfeltia plicata</i>	A
<i>Chondrus crispus</i>	C
<i>Euclima spp.</i>	E
<i>Furcellaria fastigiata</i>	F
<i>Galidium spp.</i>	Ge
<i>Gigartina spp.</i>	Gt
<i>Gracilaria spp.</i>	Gr
<i>Hypnea musciformis</i>	H
<i>Iridaea flaccidium</i>	I
<i>Phyllophora rubens</i>	Ph
<i>Porphyra spp.</i>	Pe
<i>Pterocladia spp.</i>	Pt
<i>Rhodomenia palmata</i>	Rh

Fuente: Chapman, V.J.: Seaweeds and their uses. Melhuon and Co. London 1970.

FIGURA 2.
Distribución mundial de los mantos de algas pardas.



<i>Ataria</i> spp.	A
<i>Ecklonia</i> spp.	E
<i>Laminaria</i> spp.	La
<i>Lessonia</i> spp.	Le
<i>Macrocystis</i> spp.	M
<i>Nereocystis luetkeana</i>	M

Fuente: Chapman, V.J.: Seaweeds and their uses. Methuen and Co, London 1970.

Según datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), China, por sus esfuerzos para cultivar las algas pardas, es el país que más algas marinas produce: aproximadamente 1.6 millones de toneladas métricas al año (32).

El alga parda se ha constituido en fuente de inspiración para la creación de plantas oceánicas con fines de obtención de energía. En Chicago, el Instituto de Investigaciones sobre el Gas, subsidiado por compañías de gas natural, está estudiando las posibilidades de obtener combustible a partir del alga parda gigante (*Macrocystis pyrifera*). Dicha Institución también patrocina plantaciones experimentales de algas pardas en las costas de California. Así mismo, está evaluando la utilización de por lo menos otras dos clases de algas marinas para elaborar combustible biomásico: *Gracilaria* y *Sargassum*, alga que flota libremente (169).

Las algas también se han estado estudiando en algunos países como posible complemento en la nutrición animal, utilizándolas como fuente de yodo, minerales, vitaminas o para mejorar la pigmentación de aves de corral (9,103,110).

Cabe señalar que en la U.R.S.S., los técnicos del Instituto de Pesca Marina y Oceanografía del Pacífico y del Laboratorio Tecnológico Central de la Industria Elaboradora de Pescado, comenzaron a preparar conservas de subproductos marinos que crearon gran interés debido a su elevado valor nutritivo y propiedades medicinales. Algunos de estos productos son: *Laminaria* con hortalizas en salsa de tomate, berenjenas o calabacín rellenos de algas y pastel de alga relleno de mejillones y arroz (12).

Por otra parte, se han hecho algunas investigaciones con algunas especies de algas que, al parecer, pudieran tener propiedades farmacéuticas, como efectos antituberculares o hipocolesterolémicos (96,151).

Kann ha propuesto el uso de las algas como indicadores de la calidad del agua, ya que ha observado la influencia de diferentes contaminantes en la flora marina (93).

Otro uso que se ha propuesto es el de Yamamoto, Maruyama y Moriguchi, que en sus experimentos las han utilizado como inhibidores de la tumorigénesis en ratas (184).

Aldworth y Van Staden han estudiado la utilización de un alga (*Ecklonia maxima*) en la optimización del crecimiento de legumbres, aplicando un extracto de dicha alga, a las raíces y hojas de las legumbres (4).

Algunas especies de algas pardas han sido utilizadas por su contenido de polisacáridos sulfatados, en la elaboración de sustancias anticoagulantes (178).

Las algas pardas también han sido utilizadas para el tratamiento de la obesidad, encontrándose que el efecto del ácido algnico es más efectivo que el de los componentes del ajo y ginseng, como saponina, alina y escordinina (39).

En Japón, Yamada, Miyoshi y Yoshimura estudiaron la digestibilidad del yodo proveniente de *Undaria pinnatifida* en humanos, para probar su posible utilización como complemento alimenticio (120).

1.2 Antecedentes en México.

Desde tiempos prehispánicos, los habitantes de nuestro país, como los de otras tierras, basaban su dieta en alimentos que ellos consideraban como importantes, aunque, por otra parte, utilizaban algunos otros alimentos secundarios en forma subsidiaria, temporal o complementaria; entre estos alimentos se cuentan *las algas* (31).

Los antiguos mexicanos utilizaban, entre sus viejas prácticas alimenticias, cuatro especies de algas (31):

1) *Espirulina (Athrospira (Spirulina) platensis)* - Llamada Tecuitlatl o Tecuitate entre los antiguos mexicanos. Es un alga que abundaba en el lago de Texcoco. López de Gómara explicó como la recogían y preparaban: "Con redes de malla muy menuda barren en cierto tiempo del año una cosa molida que se cría sobre las lagunas de México y se cuaja, que ni es hierba ni es tierra, sino como cieno. Hay de ello mucho y cogen mucho y en eras, como quien hace sal, lo vacían y allí se cuaja y seca. Hácenlo en tortas como ladrillos, y no solo las venden en el mercado, más llevanlas también a otros fuera de la ciudad lejos. Comen estos como nosotros el queso, y así tiene un saborcillo de sal, que con chilmolli es sabroso" (31,106,139).

2) *Cianofita (Nostoc) comune* - Llamada Amoxtle o Amomoxtili entre los antiguos mexicanos, es otra de las algas cianofíceas que se recogían en la laguna de Zumpango y en Tláhuac (31).

Existe un estudio muy bien documentado de Marta María Ortega sobre el amoxtle y el cocol de agua, maduro, así como sobre los tamales que con ellos se cocinan (139).

3 y 4) *Phormidium tenue* y *Chroococcus turgidus* - Llamadas cuculito del agua, cocol ó cucuilin entre los antiguos mexicanos. En Xaltocan, Estado de México, dicen que "El acocol es espuma que se cría en la superficie del agua, se saca con una canasta, se lava, se muele con epazote y chile seco, se le pone sal y la masa se extiende en hojas de maíz. Luego se cuece al vapor, como los tamales, por eso se llaman tamales de cocol de lodo. Actualmente también los hacen en Tonatitla (31).

Durante muchos años, el tecuitlal se dió por perdido, sin embargo, en 1964, el botánico belga J. Leonard comprobó la similitud de las aguas del lago Chad, de Africa Central, con las de Texcoco y, en 1973, bajo la dirección de Hubert Durand-Chastel (60), los técnicos de Sosa Texcoco lograron producir una tonelada diaria de espirulina. De éste modo, el tecuitlal volvió a la dieta de los mexicanos; alga que no solo es un complemento nutricional, sino que además, tiene propiedades medicinales (31).

A partir de su redescubrimiento, la espirulina ha sido objeto de muchos estudios (13,67,162,163).

Actualmente, en México, son realmente muy pocos los estudios e investigaciones que se han hecho respecto a la posible explotación industrial de las algas para beneficio nacional interno, y solo algunas personas, como Dawson y Huerta, se han limitado al estudio de la identificación y distribución de diferentes especies de algas en nuestro país (51).

Según Rzedowski, Dawson realizó varios estudios sobre la flora marina en el Golfo de Baja California en 1944 y 1958, y en Bahía de San Quintín en 1962; además, menciona que Huerta, por su parte, también realizó algunos estudios sobre la flora marina en los alrededores de Isla Pérez, arrecife Alacranes, y Sonda de Campeche (1961); en la Barra de Tuxpan y en los arrecifes Blanquilla y Lobos (1964); en el litoral del Estado de Campeche (1966) y en la costa del Golfo de Tehuantepec (1970) (156).

Martha M. Ortega ha hecho una recopilación de las diferentes especies de algas distribuidas en México (140).

Por otra parte, Mateo-Cid y Mendoza-González, han reportado la localización de especies poco comunes en las costas del Atlántico y en Bahía de Tortugas, Baja California Sur. Dichas especies incluyen a *Aglaothamnion neglectum*, que solamente era conocida en el Mediterráneo y en Brasil, *Pterochandria woodii* var. *pygmaea* y *Ochtodes secundiramea* (114,115,120). Mendoza-González y Mateo-Cid, también realizaron un estudio acerca de la flora bentónica de la costa noroeste de Sonora. La presencia de esta flora dependió de los sustratos y el habitat. En éste estudio reportaron la presencia de 133 especies: 11 cianofitas, 22 clorofitas, 25 feofitas y 75 rodofitas (121).

En México, de todos los grupos taxonómicos de algas, el más abundante y de mayor importancia por su contenido de productos industrializables (alginatos, yodo, manitol, etc.) es el de las Feofíceas (76).

Dentro de éstas destacan *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* por su amplia distribución, fácil recolección y manejo (75,80,144,156).

1.2.1 *Macrocystis pyrifera*.

1.2.1.1 Antecedentes generales.

Conocida también como " Sargazo gigante"; es un alga macrofita que se desarrolla en profundidades desde 2 ó 3 m hasta 40 m o más .Su posición taxonómica es la siguiente (56,144):

División: *Phaeophyta*

Clase: *Heterogeneratae*

Orden: *Laminariales*

Familia: *Lessoniaceae*

Género: *Macrocystis*

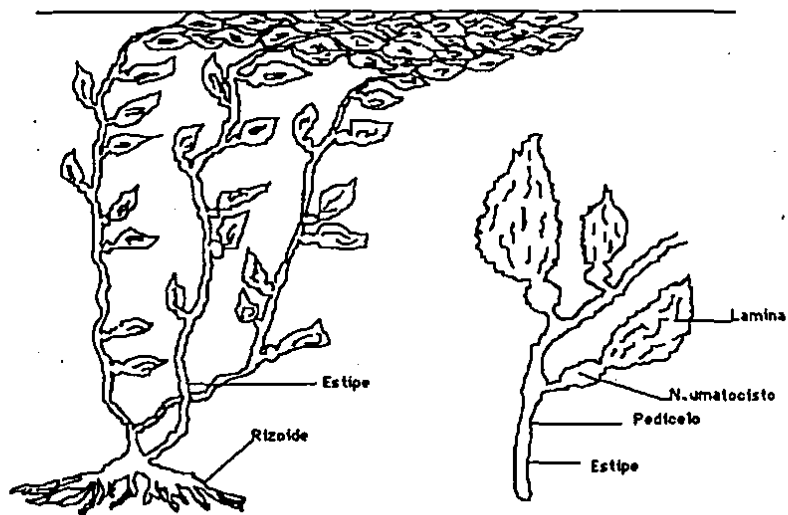
Especie: *Macrocystis pyrifera*

Esta especie llega a alcanzar 50 m de longitud y crece sujeta a sustratos rocosos por medio de una estructura de fijación llamada rizoides. A partir de éste se desprenden varias ramificaciones que se denominan estipes (que tienen la apariencia de tallos correosos), a lo largo de los cuales se encuentran unas estructuras llamadas neumatocistos y a partir de estos se desprenden unas láminas. Cada lámina es sostenida por un pedicelo individual y un neumatocisto. La combinación de estas tres estructuras forman lo que se llama una "hoja". Las hojas maduras son de forma lanceolada y generalmente rugosas con denticulos marginales (figura 3)(29,36,75).

El Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), realizó en 1982 una evaluación de los mantos de esta especie a lo largo de su distribución en la Península de Baja California, donde se encontró que las mayores cosechas calculadas corresponden a la zona sur, la cual abarca desde Punta Prieta hasta Punta María, con 64,727 ton , le sigue en abundancia la zona centro, de Punta María hasta Cabo San Quintín, con 11 ,643 ton y la más pobre es la zona norte con 3,975 ton y comprende la zona entre Cabo San Quintín hasta Tijuana (figura 4)(29).

FIGURA 3

- SARGAZO GIGANTE - (*Macrocystis pyrifera*)



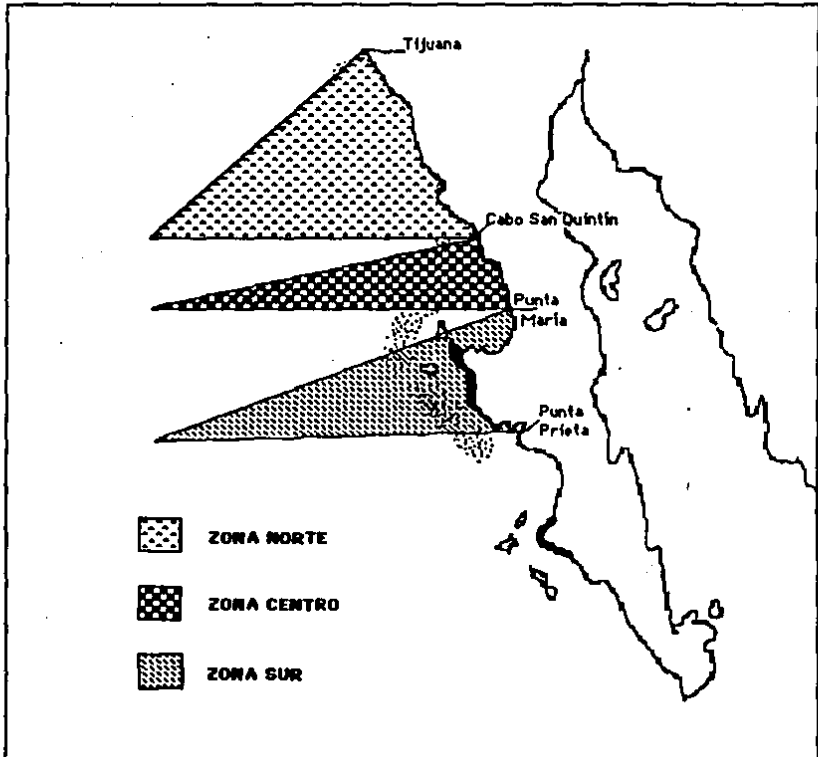
ASPECTO GENERAL

DETALLE DE UN FRONDA

Fuente: Pesquerías Mexicanas. Estrategias para su administración.
Secretaría de Pesca. (1987).

FIGURA 4

Distribución de *Macrocystis pyrifera* en México y cosecha en toneladas de las zonas norte, centro y sur (Verano de 1982)



Fuente : Inv. Mar. CICMAR 2 (1) : 1-27 (1985).

Las estimaciones del potencial cosechable indican una biomasa promedio explotable de 65,000 ton/año y de 147,500 ton/año de máxima biomasa cosechable. La producción anual promedio para el período de 1971-1986 fue de 26,250 ton, registrándose la mayor cosecha en 1986 y la menor en 1983, siendo de 41,830 y 2,980 ton respectivamente (cuadro 1)(29,76,144).

1.2.1.2 Distribución.

En México se distribuye desde las Islas Coronado, en el extremo norte de la Península de Baja California, hasta Punta San Hipólito, Baja California Sur. Aquí existen 19 mantos de explotación, que son: Playas de Tijuana, Islas Coronado, Salsipuedes, Bahía de Todos Santos, Bahía Soledad, Punta Mezquite, San Miguel Sauza, Punta Banda, Santo Tomás, Punta China, Punta San José, Punta San Isidro, Punta San Telmo, Isla San Martín, Bahía de Rosario, Islas Cedros, Punta Eugenia, Isla Natividad y Bahía Tortugas (figura 5)(29,41,76).

1.2.1.3 Factores que afectan a *Macrocystis pyrifera*.

La temperatura y radiación son factores que se correlacionan significativamente con la densidad de esporofitos producidos por esta alga. La temperatura tiene una correlación negativa, y este factor, junto con la disponibilidad de nutrientes, posiblemente son las más importantes en la producción de esporofitos (53,54).

La competencia por la luz significa gran parte del éxito de la amplia distribución de *Macrocystis pyrifera*. Aunque la limitación de nutrientes puede en ocasiones reducir su productividad. La temperatura del agua controla la distribución geográfica a gran escala de *Macrocystis pyrifera*. El movimiento del agua aparentemente no tiene importantes efectos en la competencia, exceptuando la influencia por exposición al oleaje (128).

Los cambios de salinidad pueden controlar la distribución de *Macrocystis pyrifera*, donde existen grandes afluentes de agua dulce, en bahías semicerradas (128).

La sedimentación puede afectar etapas microscópicas en la historia de la vida de esta alga, con diferentes efectos en varias especies competitivas (128).

CUADRO 1.

Producción anual de Macrocystis pyrifera (Sargazo gigante).

Año	Producción total (ton. húmedas)
1971	25 470
1972	30 046
1973	27 648
1974	37 108
1975	27 478
1976	41 569
1977	41 740
1978	30 248
1979	31 046
1980	23 082
1981	21 644
1982	29 718
1983	2 980
1984	19 676
1985	30 382
1986	41 830

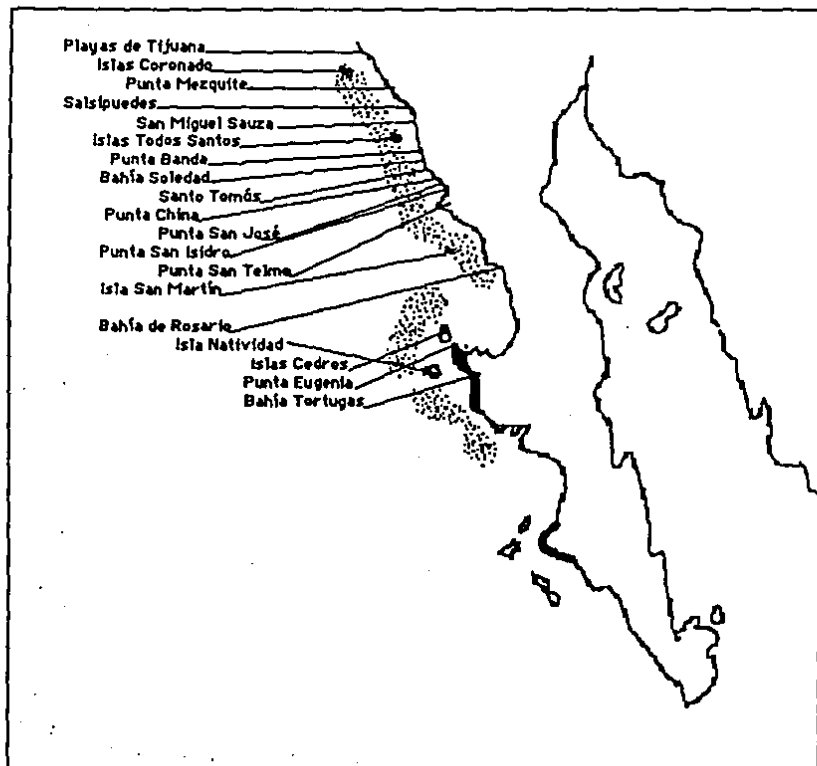
Fuente: Pesquerías Mexicanas. Estrategias para su administración. Secretaría de Pesca. 3 (7): 863-901. México 1987.

FIGURA 5

ÁREAS DE EXPLOTACION DEL ALGA

Macrocystis purifera

UBICACION Y NOMBRES DE LOS MANTOS SARGACEROS.



Fuente : Pesquerías Mexicanas. Estrategias para su administración.
Secretaría de Pesca, 1a. ed. México (1987).

Las "incrustaciones" y el "pastoreo" preferencial pueden afectar la competitividad.

Algunos factores que pueden influir en esta alga y que no han sido estudiados incluyen: enfermedades, edad y algunos aspectos de la nutrición. Las interacciones entre todos estos factores son complejas, pero están siendo investigadas por varias técnicas y algunos hallazgos interesantes pueden ayudar a explicar y comprender la ecología de esta planta tan útil (128).

El parasitismo es otro factor que puede influir de manera crucial en esta especie de alga, aunque no ha sido muy estudiado, se ha reportado la presencia de pequeños moluscos en las frondas y tallos de esta planta, acentuándose esta situación durante el verano y otoño (45).

1.2.1.4 Usos.

En México, esta alga no se utiliza directamente para ningún tipo de industria; simplemente se cosecha en la zona norte de la costa de Baja California desde 1958, y desde 1978 en la parte más al sur de la península. En esta actividad solamente participa una empresa del sector privado, localizada en Ensenada, Baja California Norte, que tiene concesión para cosechar esta alga y exportarla a los Estados Unidos, donde se emplea en la producción de alginatos, pues en México no existen instalaciones adecuadas para su procesamiento (56,144).

La exportación de *Macrocystis pyrifera* para su procesamiento como ácido algínico proporcionó al país un ingreso de \$ 22,778,035.00, según estadísticas de 1981, mismas que indican que México importó de Estados Unidos y otros países, alginatos por un valor de \$ 77, 079,609.00, por lo tanto la balanza económica tuvo un déficit en este ramo de \$ 54,301,574.00 (86).

Casas (28) y Mateus(116), por su parte, han realizado algunos estudios de *Macrocystis pyrifera* como complemento alimenticio para aves, llegando a la conclusión de que es una buena fuente de vitaminas y minerales.

Carrazoni, Casal y García realizaron un ensayo con borregos, con el fin de estudiar la posibilidad de usar el alga *Macrocystis pyrifera* como suplemento alimenticio por lo menos durante el invierno, cuando hay carencia de pastos, llegando a la conclusión de que en una cantidad de 100 a 300 g/día/cabeza no causa trastornos digestivos, aunque las heces producidas son de mayor tamaño. Por otra parte, concluyeron que esta alga no contribuye al aumento de peso de los animales (34).

Por su parte, López Magaldi utilizó *Macrocystis pyrifera* mezclada con otras especies de algas en la alimentación de ovinos concluyendo que, debido a la revelación de un aumento significativo de peso en el lote de animales sometidos a dicha prueba, y la no aparición de casos de litiasis urinaria*, esta alga debe ser utilizada en la alimentación de estos animales, ya que contribuye al abaratamiento y eficacia de la ración a suministrar (34).

Por otra parte, *Macrocystis pyrifera* ha sido objeto de algunos estudios en otras partes del mundo.

Manley y Dastoor estudiaron la producción de metilhaluros a partir de esta alga, llegando a la conclusión de que no es una fuente importante de estos compuestos (111).

Calozzi, Borie y Baherley han propuesto el uso de esta alga como fertilizante, estudiando el comportamiento de su sistema de fósforo. Los resultados obtenidos mostraron que el fertilizante propuesto produce rendimientos acumulativos más altos que el superfosfato (26).

* litiasis urinaria .- formación de depósitos sólidos o pequeñas piedras en los riñones y vías urinarias.

1.2.2 Sargassum sinicola.

1.2.2.1 Antecedentes generales.

Esta especie de alga parda, como otros tantos recursos, no ha sido motivo de mucha atención en nuestro país, aunque en algunos otros países, el género Sargassum ha sido estudiado en muchos aspectos.

Existen aproximadamente 250 especies del género Sargassum, la mayoría se encuentran adheridas a las rocas de las costas y en mares cálidos, principalmente en el Hemisferio Sur (101).

Las algas pardas del género Sargassum son especies comunes en Japón y se han estudiado algunas especies con el objeto de provocar la formación de mantos artificiales desde varios puntos de vista (97,126).

En Japón se realizó un estudio con el fin de clasificar adecuadamente varias especies de este género, ya que se encuentra ampliamente distribuido en varias partes del mundo, dándoles diferentes nombres debido a su morfología y diversos habitats (85,185).

Por otra parte, también en Japón se han hecho estudios sobre las variaciones morfológicas de algunas especies del género Sargassum. Se ha observado que dichas variaciones dependen de la edad y habitats de las plantas (97).

En los litorales de la República Mexicana, particularmente en las costas de Baja California, se reproducen con gran abundancia diferentes especies de algas de este género, y entre ellas, la más importante por su distribución es el alga Sargassum sinicola; se encuentra tanto en forma fija, a lo largo de las playas, como flotando libremente a mar abierto. El talo de esta alga es complejo y está dividido en porciones semejantes a tallos y hojas con ramas fructíferas especializadas, su organización es radial (figura 6)(46,50,156).

Su posición taxonómica es la siguiente:

División: Phaeophyta

Clase: Cyclospora

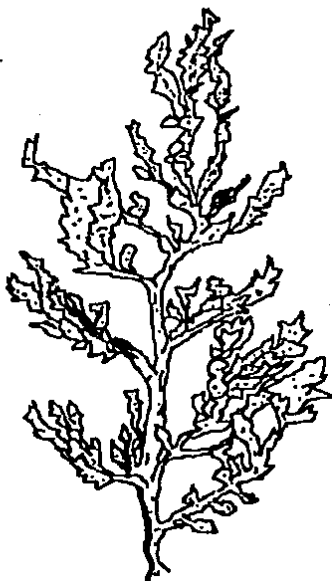
Orden: Fucales

Género: Sargassum

Especie: Sargassum sinicola

FIGURA 6

Sargassum sinicola.



Fuente: Dibujo de foto tomada durante la colecta de Sargassum sinicola en Bahía Magdalena, Baja California Sur, Octubre de 1987.

1.2.2.2 Composición química.

Se han realizado algunos estudios en este aspecto con el objeto de hallar alguna utilidad a este género de alga.

En Arabia, Khafaji determinó la composición de alginatos y laminarina en una especie de Sargassum, hallando que, junto con otras dos especies de algas pardas, su contenido de ácido alginico era mayor que el de laminarina (94).

Por su parte, Czezcuga y Taylor han determinado el contenido de carotenoides en algunas especies de feofitas y rodofitas, entre ellas Sargassum, y encontraron la presencia de carotenoides como alfa-caroteno, β -caroteno, gamma-caroteno, epsilon-caroteno, β -criptoxantina zeaxantina, epóxido de luteína, fucoxantol, fucoxantina, diatoxantina, anteraxantina, neoxantina, violaxantina y auroxantina (47).

En Japón se realizó una investigación para determinar el contenido de fucosa en varias especies de algas pardas, dentro de las que se encontraban algunas especies del género Sargassum, obteniendo como resultado niveles de 0.5% hasta 10%. El contenido de polisacáridos de fucosa en las algas tendió a ser mayor en las plantas que se desarrollaron en la zona superior intertidal, donde se encuentran más expuestas a la luz solar por mayor tiempo (125).

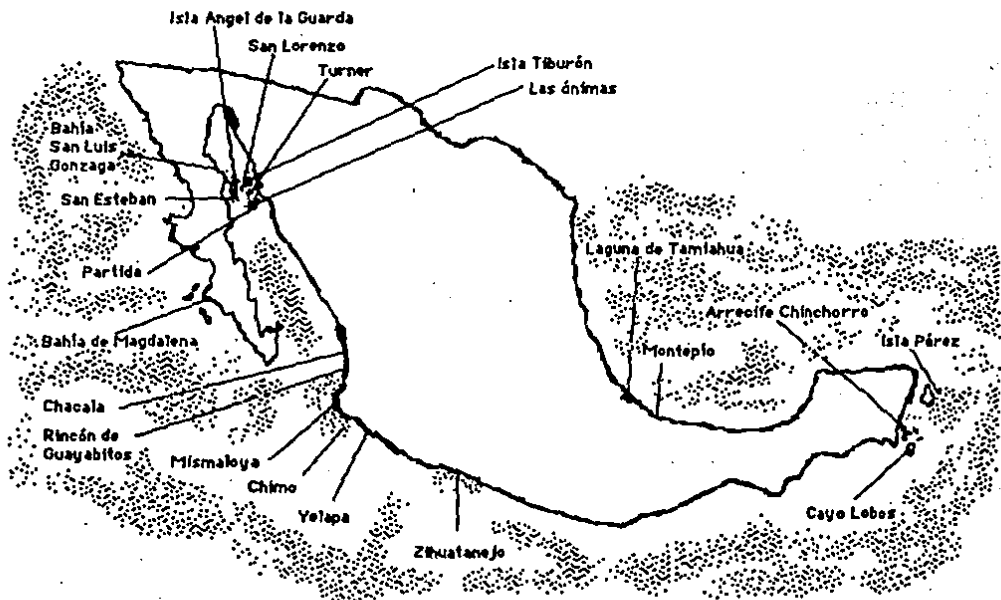
En Florida, Dawes realizó una investigación sobre el comportamiento fisiológico de dos especies de Sargassum así como su variación en composición química con la estación del año. Observó que en forma general, los niveles de lípidos son bajos y no mostraron una variación con el cambio de estación (49).

1.2.2.3 Distribución.

En México, el género Sargassum está ampliamente distribuido, sobre todo en la costa del Golfo de México y del Mar Caribe, en algunas lagunas, como la de Tamiahua; en Montepío Veracruz, en el Cayo Lobos del arrecife Chinchorro de Quintana Roo, en la Isla Pérez de Cozumel, en el Golfo de California, especialmente en la región de las grandes islas del norte y centro, como Angel de la Guarda, Tiburón, Turner, San Esteban, San Lorenzo, Partida, Las Animas y en la costa adyacente a estas islas, como en la Bahía de San Luis Gonzaga y por la parte de afuera de Baja California Sur se encuentra Bahía de Magdalena. También se encuentra en las costas de Nayarit y Jalisco, en Rincón de Guayabitos, Bahías rocosas como Chacala, Mismaloya, Yelapa, Chimo y en la Bahía de Zihuatanejo (figura 7) (156).

En Japón, Ikehara estudió la distribución de varias especies de algas flotantes del Mar de Japón, encontrando que el género Sargassum representó el 96% del total de algas recolectadas (85).

FIGURA 7
DISTRIBUCION DE MANTOS DEL GENERO
Sargassum
EN LA REPUBLICA MEXICANA.



Fuente : Rzedowski. : Vegetación de México. Editorial Limusa. México, 1981.
 Moller, H.: México Desconocido. Editorial Harry Moller, S.A.
 3-65 (1977).

1.2.2.4 Factores que afectan al género Sargassum.

Se han reportado algunos cambios fisiológicos en algunas especies de Sargassum, sobre todo en lo que se refiere a su aumento de crecimiento, contenido de agua, nutrimentos orgánicos y minerales, actividad respiratoria y fotosintética (92).

Las variaciones morfológicas en hojas, ramas y vesículas dependen de la edad y habitat de las plantas (165).

La fijación de nitrógeno es un aspecto importante en el desarrollo de comunidades de Sargassum. Dicha fijación la realizan dos especies de cianobacterias (Calothrix y LPP). La actividad asociada con las especies bentónicas de Sargassum filipendula muestran una variabilidad significativa según la época del año (146).

En su experimento, Dawes expuso a dos especies de Sargassum a diferentes temperaturas y grados de salinidad, observando una gran tolerancia a estos factores. También observó que estas algas disminuyeron sus respuestas fotosintéticas al alcanzar la madurez durante el verano y al iniciar su reproducción en el otoño (49).

Por su parte Ogawa estudió el desarrollo de Sargassum horneri al someterla a diferentes temperaturas y grados de salinidad, concluyendo que el mayor desarrollo de ésta alga fué cuando la temperatura era de 15 grados centígrados y la salinidad de 32% (138).

1.2.2.5 Usos.

En general, el género Sargassum ha sido utilizado como alimento para animales en varios países, y en algunas ocasiones como alimento humano (36,82).

Se ha reportado la utilidad de este género para la degradación selectiva de alginatos, carboximetilcelulosa y agar, ya que se han aislado algunas bacterias capaces de llevar a cabo esta función, de los tejidos de algunas especies de Sargassum (147).

Recientemente, El-Shayeb, Mabrouk y El-Refai utilizaron una especie de Sargassum en la alimentación de aves con el fin de evitar el desarrollo de Aspergillus flavus, productor de aflatoxinas, en los alimentos de estos animales (61).

1.3 Justificación.

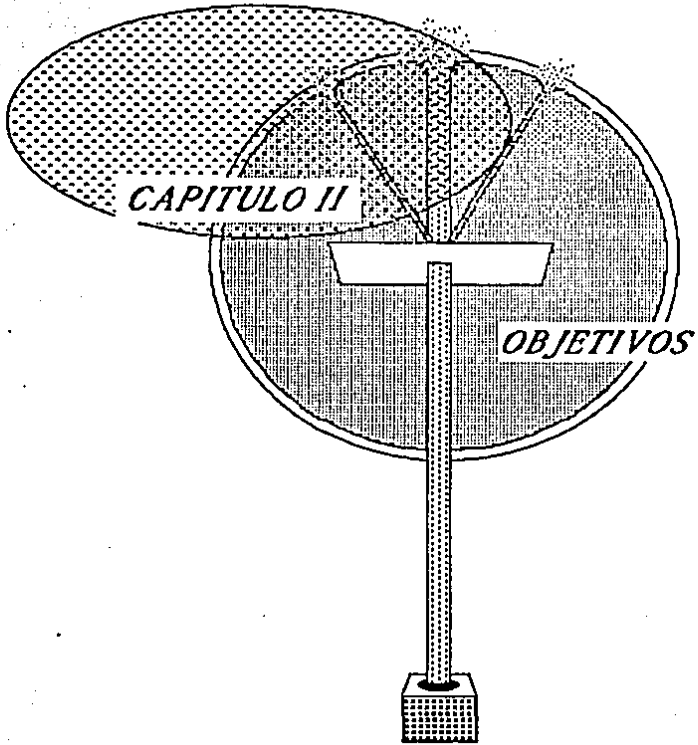
Como se ha expuesto anteriormente, las algas representan un importante recurso, susceptible de ser aprovechado en muy diversas formas (4,61,93,96,151,173,178,184).

En México, con la creciente demanda de alimentos básicos y la mala distribución de los mismos, es necesario hechar mano de todos los recursos que se encuentren disponibles; uno de muchos recursos son las algas, debido a su amplia distribución y a que se ha comprobado el valor nutricional de algunas especies de estas, en otros países (9,39,103,110,120).

El presente trabajo tiene la finalidad de estudiar 2 especies de la gran cantidad de algas que existen en México; Macrocystis pyrifera y Sargassum sinicola. La primera, ha sido objeto de investigación en muchos países, pero sobre todo, se le explota para la obtención de alginatos. La segunda es un alga que no ha sido utilizada con ningún fin en especial, ni ha sido motivo de investigaciones en México.

En consecuencia, se analizarán estas dos algas para conocer su composición química general y determinar su valor nutricional, llevando a cabo una evaluación biológica.

Finalmente, se espera que los resultados de ésta investigación sean positivos y aplicables a la alimentación humana o animal, y den pauta para la realización de investigaciones más extensas sobre estos recursos.



II. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo general.

Evaluar la composición química de las algas Macrocystis pyrifera y Sargassum sinicola lavadas y sin lavar, para determinar su posible uso en la alimentación humana y animal.

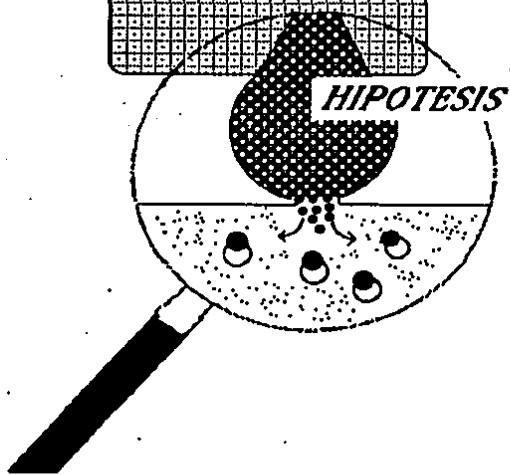
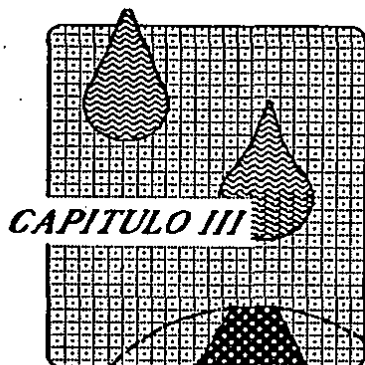
2.2 Objetivos particulares.

2.2.1) Elaborar una harina de cada alga y determinar su composición química .

2.2.2) Determinar si la composición química entre las algas lavadas y sin lavar varía significativamente.

2.2.3) Determinar la digestibilidad "in situ" e "in vitro" de las algas en rumiantes.

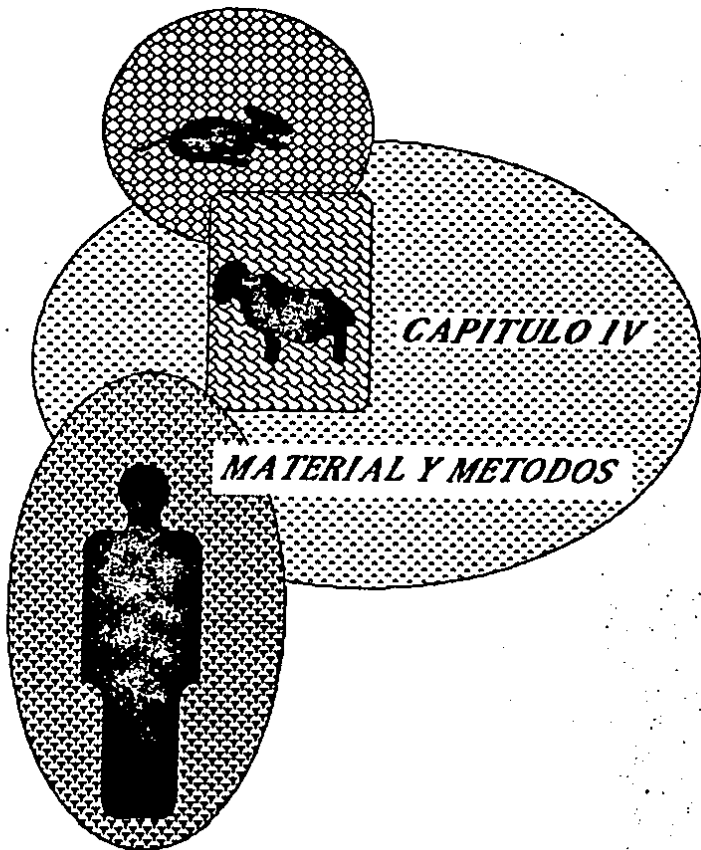
2.2.4) Determinar la proporción óptima de inclusión de las algas en la dieta de animales monogástricos, utilizando ratas, mediante una evaluación biológica.



III. HIPOTESIS.

a) *Al someter a las algas Macrocystis pyrifera y Sargassum sinicola a una operación de lavado, la composición química y valor nutrimental de ellas variará significativamente.*

b) *Por su naturaleza química y física, estas algas no pueden ser consumidas como alimento único en la dieta de animales monogástricos, por lo que es necesario incorporar diferentes proporciones de estas en la dieta de animales de laboratorio para encontrar la proporción adecuada de inclusión en dichas dietas.*



CAPITULO IV

MATERIAL Y METODOS

IV. MATERIAL Y METODOS.

4.1 Metodología.

El presente trabajo se realizó en el Departamento de Nutrición Animal de la División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán.

El empleo de las algas marinas en cualquier aspecto, implica toda una serie de operaciones tales como la recolección, transporte, lavado, desecación, molienda, etc., que deben realizarse a gran escala para que esta industria adquiera una importancia económica favorable (figura 8).

4.1.1 Colecta.

La recolección de las algas fue realizada por personal de CICIMAR y del Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán de la siguiente forma:

a) Macrocystis pyrifera. - Julio de 1987 en Bahía de Tortugas, Baja California Sur. La colecta fue realizada en forma manual y únicamente se cortó la parte flotante del alga en los mantos sargaceros, empleándose una lancha de fibra de vidrio.

b) Sargassum sinicola. - Octubre de 1987 en Bahía Magdalena, Baja California Sur. La colecta también se realizó en forma manual, tanto en los mantos sargaceros, como de las playas, donde las algas son depositadas por el oleaje.

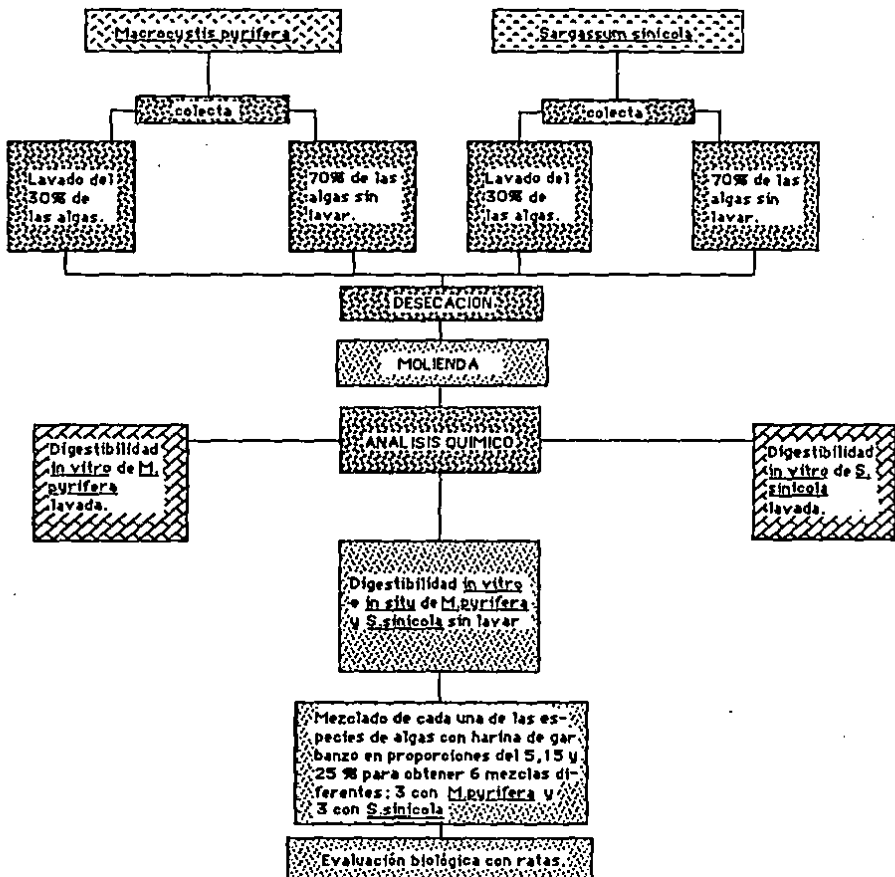
Cabe mencionar que al ser colectadas las algas, contienen un alto porcentaje de humedad, que origina una merma del 10% entre el volumen recolectado y el desembarcado, en los procesos de transformación y secado, se pierde otro 60% más de la humedad, lo que hace que el producto real que se obtiene represente solamente un 30% del peso original capturado aproximadamente, pero ésto se compensa con la gran distribución del producto, así como su rápida reproducción (33).

4.1.2 Lavado.

Esta operación se realizó con el objeto de eliminar residuos adheridos a las algas que pudieran de alguna forma alterar su composición química por exceso de sales minerales o de algún otro compuesto de origen biológico (organismos, caracoles, etc.).

FIGURA 8.

Representación esquemática de las Operaciones Realizadas durante el estudio de las Algas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola*.



Aproximadamente el 30% de cada una de las dos especies de las algas recolectadas, fue sometida a un lavado con agua dulce, dejando el 70% restante sin lavar. Debido a la realización de esta operación, se formaron 4 lotes diferentes:

Macrocystis pyrifera lavada Mpl
Macrocystis pyrifera sin lavar Mpsl
Sargassum sinicola lavada Ssl
Sargassum sinicola sin lavar Sssl

El lavado de Sargassum sinicola se realizó con el uso de mangueras y tinacos, mientras que en el caso de Macrocystis pyrifera se utilizaron solamente tinacos llenos de agua debido a su gran tamaño.

4.1.3 Desecación.

Esta operación se realizó con el objeto de obtener las algas en cuestión en forma seca y poder elaborar una harina a partir de ellas. De esta manera, durarían más y se comportarían de una forma más estable para someterlas a los experimentos posteriores (33).

Este comportamiento estable, como se sabe, se debe a la reducción de la humedad y de la actividad de agua, evitando así que las algas se descompongan a causa de microorganismos (11).

Los 4 lotes de algas se secaron extendiéndolas sobre una superficie extensa, expuestas al sol y al aire, hasta que se humedad descendió, aproximadamente a 14%.

4.1.4 Molienda.

La molienda de las algas se realizó por dos razones :

1) Para obtener un producto homogéneo que pudiera ser manejado sin ningún problema durante los análisis y elaboración de las dietas,

2) Aparentemente, la acción mecánica de fragmentar estos productos naturales tiene algún efecto sobre el valor nutritivo de los mismos, mejorando su digestibilidad y degradabilidad en el tracto digestivo de rumiantes (90).

La operación se realizó de la siguiente forma :

a) Macrocystis pyrifera.- Se molió previamente en La Paz, Baja California, debido a su gran tamaño, utilizando un molino de martillos para forrajes. Posteriormente fue trasladada en bolsas de polietileno al Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán en el D.F., donde se sometió a una segunda molienda, utilizando un molino de cuchillas (Marca Thomas-Wiley, modelo 12), para obtener una partícula de 1 mm.

b) Sargassum sinicola.- Se molió directamente en el Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, con un molino de cuchillas usado anteriormente, obteniéndose una partícula de 1 mm.

Después de estas operaciones, las harinas obtenidas de los 4 lotes de algas fueron empacadas en bolsas de polietileno de color negro, perfectamente cerradas y debidamente etiquetadas, guardándose en un almacén de materias primas. De estos lotes se fueron tomando muestras para realizar los análisis químicos, las pruebas de digestibilidad con rumiantes y para la preparación de dietas para los animales de laboratorio.

4.1.5 Análisis químico.

Para evaluar la composición química de las harinas elaboradas con algas, se hicieron los siguientes análisis :

4.1.5.1 Análisis químico aproximado.

Para poder llevar a cabo el estudio de la calidad nutricional de cualquier tipo de alimento, es necesario en primer lugar realizar el análisis químico aproximado, ya que sirve como base para los análisis subsiguientes y para establecer las cantidades de nutrimentos en las dietas problema.

El análisis químico aproximado de los 4 lotes de algas constó de las siguientes determinaciones:

Humedad.- Se llevó a cabo por un método de desecación, que es de los más comunes para valorar el contenido de humedad en los alimentos.

Este método se fundamenta en conocer el peso inicial de una cantidad de muestra problema, someter a desecación dicha muestra por calentamiento bajo condiciones normalizadas (110° C), dejar enfriar la muestra en un desecador para posteriormente pesarla a temperatura ambiente (peso final).

La diferencia entre el peso inicial y el peso final de la muestra, dividida entre el peso inicial y multiplicada por 100, da el % de humedad en la muestra.

Este método tiene la desventaja de que al someter la muestra a temperatura de secado, algunos compuestos volátiles aparte del agua, son eliminados de la misma; por otra parte, esta temperatura también provoca la aceleración de algunas reacciones de oxidación, como es el caso de los lípidos, lo cual hace que la muestra "aumente" de peso (130,141).

Extracto étereo .- Se llevó a cabo por extracción directa de los lípidos en la muestra con un disolvente.

Esta técnica se fundamenta en la extracción de la fracción lípídica y liposoluble de la muestra por medio de la acción de lavado con un disolvente no polar (hexano, éter, etc.) sobre una cantidad de muestra cuyo peso se conoce. El disolvente extrae de manera continua a los lípidos y sustancias liposolubles, como algunas vitaminas y pigmentos, en un aparato provisto con un sistema de destilación (131,141).

Fibra cruda .- La fibra cruda contenida en un alimento es un índice de la cantidad de materia indigerible. Se determina por una digestión ácida, que disuelve parte de las hemicelulosas, y una digestión alcalina, que disuelve parte de la lignina (132,141).

Proteína cruda .- En general, este método determina la materia nitrogenada total, que incluye tanto al nitrógeno proteico como al no proteico.

Este método consta de las siguientes etapas :

- Digestión en ácido sulfúrico; durante la cual, la muestra es sometida a ebullición con ácido sulfúrico concentrado y mezcla digestora, conteniendo sulfato sódico, sulfato de potasio y óxido de selenio. Este paso provoca que todo el nitrógeno en la muestra se convierta en sulfato de amonio.

- Destilación; en esta etapa, el sulfato de amonio obtenido en la etapa anterior se destila con exceso de hidróxido de sodio, formando hidróxido de amonio volátil, el cual es recibido en ácido bórico.

- Titulación; en esta etapa, por último se cuantifica el amoniaco obtenido con ácido sulfúrico o clorhídrico valorado (133,141).

Cenizas .- Esta determinación se basa en la calcinación de toda la materia orgánica contenida en la muestra para cuantificar el residuo inorgánico (minerales) sometiendo dicha muestra a temperaturas muy elevadas (134,141).

Extracto libre de nitrógeno .- Esta determinación se obtiene por diferencia de la sumatoria de los porcentajes obtenidos de las anteriores determinaciones, de 100%.

4.1.5.2 Determinación de aminoácidos.

Una determinación importantísima en la evaluación de la calidad nutricia de las algas fue, sin duda, la cuantificación de aminoácidos.

Para la determinación del *aminograma* se utiliza una técnica que se basa en la separación de los aminoácidos a través de resinas de polímeros de estireno sulfonados, de intercambio iónico, empacados en columnas de un autoanalizador de aminoácidos marca Beckman, modelo 119CL y eluidos por soluciones reguladoras de diferente pH y concentración. Posteriormente se forma un complejo colorido con la ninhidrina, que reacciona a temperatura de ebullición y se cuantifica espectrofotométricamente (15,118).

4.1.5.3 Determinación de energía bruta.

Se determinó mediante el uso de un calorímetro o bomba calorimétrica marca Parr.

El combustible o alimento se sitúa en un cilindro de acero, lleno de oxígeno. La reacción se inicia con un alambre de platino, que se calienta mediante una corriente eléctrica. El calor originado en el proceso se comunica a una cantidad de agua, pesada previamente, que rodea al cilindro. Conociendo el peso o volumen exacto del agua y el aumento de la temperatura, puede calcularse rápidamente el calor producido por el combustible o alimento y medirlo en kilocalorías (11,52,79).

4.1.5.4 Cuantificación de minerales.

La cuantificación de estos nutrientes se realizó mediante dos técnicas:

a) **Colorimétrica** .- Esta técnica se utilizó para la cuantificación de fósforo, la cual se basó en la medición espectrofotométrica de la intensidad de color formado al hacer reaccionar un extracto obtenido de la muestra problema con reactivos preparados con Hidroquinona, Molibdato de amonio y Sulfato de sodio. La lectura obtenida se interpola en una curva patrón preparada previamente (149).

La formación de color en esta reacción se debe a que los fosfatos de la muestra reaccionan con los molibdatos, produciendo sales del ácido fosfomolibdico, $H_7P(Mo_2O_7)_6$, complejo en solución que contiene ácidos minerales.

La reacción es extremadamente sensible, pues se forman productos azules (el azul de la hidroquinona y el molibdeno) dicha formación de compuestos equivale a la cantidad de fósforo presente, por lo cual, la intensidad del color puede ser medida con un espectrofotómetro (65,135,136,141).

b) *Espectroscopía de absorción atómica* .- Esta técnica se utilizó para la cuantificación de potasio, sodio, magnesio, calcio, plomo y manganeso.

Se basa en la absorción de luz visible o ultravioleta por átomos en estado gaseoso. La conversión (cuando menos parcial) de la muestra a vapor atómico se logra rociando una solución a la llama. Como fuente luminosa se emplea una lámpara de cátodo hueco que contiene al elemento que se va a determinar. Los átomos de este elemento en la flama absorben precisamente a la misma longitud de onda que emite la fuente luminosa. La amplitud de la longitud de onda es extremadamente angosta tanto para la línea de emisión de la fuente luminosa como para la línea de absorción del mismo elemento en la llama. Por este motivo, las probabilidades de interferencia por absorción de líneas espectrales de otros elementos es casi nula (69,136,137,149,164).

4.1.5.5 Factores antinutricios.

a) Factores antifisiológicos:

a.1) *Inhibidor de Tripsina* .- (Método cuantitativo,técnica de Kakade *et al.*).

Su determinación se fundamenta en la medición de la actividad de una mezcla de reactivos conteniendo solución sustrato, un amortiguador y una cantidad determinada de tripsina, en ausencia (blanco) y presencia de un extracto de la muestra problema. El extracto se puede utilizar concentrado o diluido, dependiendo de la cantidad de inhibidor presente. La actividad se mide con la presencia de una coloración amarillenta, en el caso de la mezcla sin inhibidor (blanco) y se lee en el espectrofotómetro (91).

a.2) *Hemaglutininas* .-(Método cualitativo, técnica de Jaffé).

La determinación de estas proteínas se basa en la exposición *in vitro* de eritrocitos de sangre humana, de conejo y de bovino, a la acción de un extracto obtenido de la muestra problema, el cual se usa concentrado y en varias disoluciones, para determinar si causa la aglutinación de los glóbulos rojos (87,166,174).

b) *Factores que alteran la digestión:*

b.1) *Saponinas* .-(Método cualitativo de Monroe, modificado por Waaly Roland).

La determinación de estas sustancias se basa en su propiedad para formar espuma (jabones). Se somete a agitación un poco de muestra en solución de fosfato de potasio , si se presenta la formación de espuma, hay presencia de saponinas (124,166).

b.2) *Taninos* .-(Método cuantitativo).

Una mezcla de reactivos que consta de tungstato de sodio, ácido fosfomolibdico, ácido fosfórico y carbonato sódico se usa para detectar la presencia de taninos, los cuales son sustancias reductoras, que producen un color azul. La prueba no es específica para algún tipo especial de taninos. El pH se regula con carbonato de sodio y la cantidad de color se mide en un espectrofotómetro. Dicha lectura se interpola con las lecturas obtenidas para una curva patrón previamente preparada con ácido tánico (83,129,142).

c) *Factores tóxicos:*

c.1) *Glucósidos cianogénicos* .-(Método cualitativo).

Su determinación se basa en la exposición de una tira de papel filtro impregnada de picrato de sodio (color amarillo), a la acción de los vapores desprendidos de una mezcla de cloroformo y una glucosidasa a una temperatura de 38°C; a esta mezcla se le adiciona un poco de muestra problema. En caso de que los vapores desprendidos por dicha mezcla contengan ácido cianhídrico, la tira de papel adquiere una coloración rojiza, lo cual revela la presencia de glucósidos cianogénicos en la muestra. La intensidad del color depende de la cantidad de glucósidos presentes en el material que se analiza, esta coloración se compara con la coloración de una tira de papel con picrato de sodio (patrón) expuesta a los vapores desprendidos por una solución de KCN (8,40,166).

c.2) *Alcaloides* .- (Método cualitativo).

La determinación de estos compuestos se basa en la reacción entre una cantidad de extracto obtenido de la muestra y unas gotas de diferentes reactivos preparados, como: cloruro mercúrico y yoduro potásico (reactivo de Mayer), nitrato de bismuto y ácido nítrico (reactivo de Dragendorff), yodo y yoduro de potasio (reactivo de Wagner) y ácido fosfomolibdico (reactivo de Sünnesschein), los cuales, en caso de que haya presencia de estas sustancias, forman precipitados de diferentes colores, aprovechando que se comportan como bases alcalinas, es decir, como hidróxido de sodio o potasio. Como todos los alcaloides tienen uno o más anillos heterocíclicos de nitrógeno, se clasifican e identifican en base a la complejidad de su estructura (18,180).

4.1.5.6 *Determinación de digestibilidad.*

a) *Digestibilidad in situ* .- Esta prueba se fundamenta en la desaparición de materia seca en el tracto digestivo de rumiantes al colocar en el líquido ruminal de borregos fistulados, bolsas de nylon con una cantidad conocida de muestra seca durante un período determinado de tiempo (68,170). Se utilizaron para la determinación 2 borregos criollos de 42 Kg de peso y 2 jaulas metabólicas.

b) *Digestibilidad in vitro* .- Esta prueba consiste en simular la digestión del alimento problema en el rumen, en el laboratorio. Se utiliza líquido ruminal, soluciones amortiguadoras, una solución con pepsina, una cantidad conocida de muestra y dejando en incubación por un período determinado de tiempo (68,170).

4.1.5.7 *Elaboración de las mezclas de algas con harina de garbanzo.*

Para la elaboración de las mezclas, solamente se utilizaron dos lotes de algas (Mpsl y Sssl), las cuales se mezclaron con harina de garbanzo crudo en una mezcladora de pantalón marca Pat.Kel.. Posteriormente diferentes dietas para la evaluación biológica, debido a que las algas no se emplearán como alimento único y a que el garbanzo es un alimento de consumo humano, de bajo costo.

La harina de garbanzo se utilizó para esta evaluación biológica porque, bajo el punto de vista alimenticio, el garbanzo es un producto de gran valor, con las cualidades y defectos de todas las leguminosas. Su composición química es la siguiente (145):

Materia seca	85.8 %
Proteína cruda	22.5 %
Extracto etéreo	4.5 %
E.L.N.	50.8 %
Fibra cruda	5.5%
Cenizas	2.5 %

Se puede afirmar que su digestibilidad es buena (78 %); el tratamiento con el agua salada (agua de mar) durante dos o más días facilita su digestibilidad (145).

Investigaciones efectuadas en el Rockefeller Center han puesto de relieve que los garbanzos pueden representar una óptima fuente de lisina; el contenido de aminoácidos limitantes ha resultado ser de un 0.23 % en metionina, 0.19 % en cistina y 1.32 % en lisina (145).

Además, las leguminosas son importantes en la alimentación del ganado en las regiones mediterráneas, en donde la falta de subproductos industriales queda compensada por las grandes cantidades de leguminosas (145).

Las materias nitrogenadas están constituidas en su mayor parte por una proteína pura, la *legumina*, de un buen valor biológico. Los garbanzos, cuando son rotos, aplastados o reducidos a harina, se prestan muy bien para mejorar las raciones en donde faltan proteínas. Las harinas de garbanzo son bien aceptadas por los animales; engordan muy bien e influyen favorablemente en la producción y buena calidad de la leche (145).

En las aves, según investigaciones efectuadas en el Rockefeller de México, se puede usar en las formulaciones comerciales con ventaja económica, mejorando el contenido en lisina. Según Kling, su contenido en carotenos contribuye a la acción vitamínica A, y se le puede considerar como un alimento óptimo en pigmentos naturales (145).

Cada una de las algas se mezcló en las siguientes proporciones con la harina de garbanzo :

- 5% de Mpsl con 95% de harina de garbanzo
- 15% de Mpsl con 85% de harina de garbanzo
- 25% de Mpsl con 75% de harina de garbanzo
- 5% de Sssl con 95% de harina de garbanzo
- 15% de Sssl con 85% de harina de garbanzo
- 25% de Sssl con 75% de harina de garbanzo

Posteriormente, se realizó el análisis químico aproximado de la harina de garbanzo sola y de las seis mezclas obtenidas, para conocer la composición de cada una de estas mezclas.

4.1.5.8 *Evaluación biológica.*

Los métodos biológicos para evaluar la calidad proteínica de los alimentos, generalmente miden la capacidad de una proteína para constituir una mezcla de aminoácidos que promuevan el crecimiento, mantenimiento y funcionamiento de los tejidos en un organismo vivo; por cuestiones éticas y prácticas la mayoría de los bioensayos se realizan en animales, tales como ratas, ratones, etc. (113).

Los bioensayos realizados en este trabajo son los siguientes :

1.- *Relación de eficiencia proteínica (PER).*

Consiste en medir la tasa de crecimiento de animales jóvenes alimentados con la dieta sometida a prueba, relacionando la ganancia de peso con la cantidad de proteína consumida, el índice obtenido es denominado Relación o Índice de Eficiencia Proteínica (PER) (122).

$$PER = \text{Ganancia de peso} / \text{Proteína consumida.}$$

donde :

Ganancia de peso= Peso corporal final - Peso corporal inicial

Proteína consumida= (g consumidos de dieta)(%Proteína de la dieta)/100

2.- Utilización Neta de la Proteína (NPU).

Consiste en medir el nitrógeno que se ha depositado en el cuerpo de los animales después de haber sido alimentados con una dieta con 10% de proteína durante un período de 10 a 28 días (en este trabajo fue de 28 días). La energía de la dieta debe ser suficiente para que el animal no utilice a la proteína como fuente calórica. Muestra el nitrógeno retenido en relación al ingerido (113,122).

$$NPU = \frac{NTCf(g) - NTCi(g)}{NTI(g)} \times 100$$

donde :

NTCf = Nitrógeno Total corporal final (Nitrógeno corporal de la rata problema)

NTCi = Nitrógeno Total corporal inicial (Nitrógeno corporal de la rata blanco)

NTI = Nitrógeno Total Ingerido = g de dieta consumida x Nitrógeno de la dieta.

3.- Digestibilidad Aparente (DA).

Consiste en relacionar el nitrógeno fecal total entre el nitrógeno total dietético ingerido. Indica la proporción de proteína cruda que se absorbió respecto a la que se ingirió sin considerar pérdidas por metabolismo endógeno (113).

$$DA = \frac{NI - NF}{NI} \times 100$$

donde :

NI = Nitrógeno Ingerido

NF= Nitrógeno Fecal

La composición de la dieta base usada para las pruebas biológicas es:

Proteína	10 %
Grasa (aceite de maíz).....	20%
Mezcla de minerales	5%
Mezcla de vitaminas	1%
Fibra (celulosa).....	4%
Carbohidratos (glucosa, sacarosa y almidón).....	60 %

Con las mezclas obtenidas anteriormente con las algas y garbanzo se prepararon 8 dietas, utilizando una mezcladora de paletas marca Hobart:

a) 2 dietas testigo, una de caseína y otra con harina de garbanzo como fuente de proteína.

b) 6 dietas problema (3 con Mpsl y 3 con Sssl) en proporciones de 5, 15 y 25% de harina de algas mezclada con harina de garbanzo.

Posteriormente se hizo el análisis químico aproximado de cada una de las dietas, para ajustarlas a los parámetros dados por la dieta base, de forma que se obtuvieron 8 dietas isoproteicas e isocalóricas.

Los animales empleados para estos bioensayos fueron ratas blancas cepa Wistar de 21 a 23 días de nacidas, recién destetadas, con un peso entre 35 y 45 g . El 50% de las ratas eran machos y las restantes hembras (108,113).

Las ratas se pesaron, registrando su peso y se colocaron en jaulas individuales distribuyéndose en lotes de 10 ratas (5 machos y 5 hembras) cuyo peso promedio fué igual o muy parecido . De manera que un lote fue para cada dieta. De la misma manera se escogieron 6 ratas como blanco registrándose su peso.

Las 86 ratas se sometieron a depleción (ayuno) durante 24 horas, suministrándoles únicamente agua. Pasado este tiempo se pesaron nuevamente, registrando este peso como peso inicial.

A las 80 ratas de los 8 lotes se les proporcionó alimento y agua diariamente. Se registró el peso del alimento consumido cada tercer día y semanalmente el peso corporal de cada rata. El tiempo de duración de la prueba fue de 4 semanas.

La temperatura del medio ambiente del cuarto del bioterio fue de 22-24 °C y la humedad relativa entre 50 y 60 % (113).

Al inicio de la prueba, después del día de ayuno, se sacrificaron las 6 ratas blanco. Se utilizó cloroformo para matarlas y se les realizó una incisión longitudinal-ventral, se les seco en estufa a 60°C hasta peso constante, el peso final seco se registró; las ratas se molieron y se tomaron muestras de cada una para determinar su contenido de nitrógeno total por el método de Kjeldahl.

Transcurrido el tiempo de duración del bioensayo, las 80 ratas se sacrificaron y procesaron de igual forma que las ratas blanco, obteniéndose el valor de nitrógeno total corporal final (NTCF) (113,122).

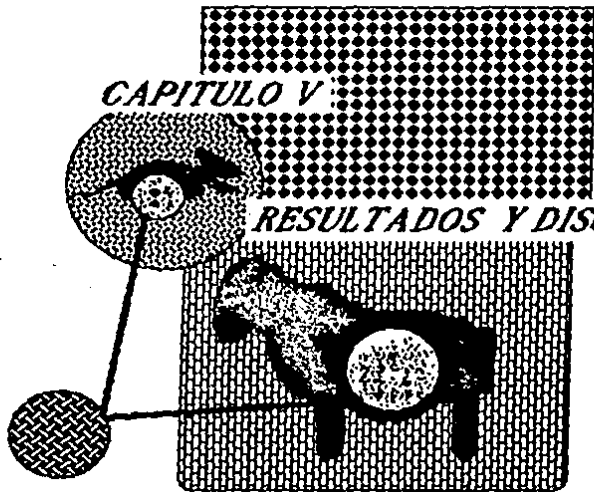
La técnica para determinar la digestibilidad aparente consistió en recolectar la materia fecal de cada rata durante una semana (la tercer semana de prueba) se usó el marcador fecal rojo carmín para indicar el comienzo y fin de la recolección y se registró la cantidad de alimento ingerido en el mismo período.

La materia fecal de cada rata se secó, pesó y molió por separado y se le determinó el contenido de nitrógeno por el método de Kjeldahl; de igual forma se determinó el contenido de nitrógeno en el alimento ingerido. Los datos de nitrógeno ingerido se obtuvieron multiplicando el % de nitrógeno de la dieta por los gramos consumidos de dieta. El nitrógeno fecal se obtiene multiplicando el % de nitrógeno determinado en las heces por el peso de las heces secas (113,122).

Al término de la prueba con los resultados obtenidos se sacaron los valores de PER, NPU y DA para cada dieta con las fórmulas antes descritas y estos valores fueron analizados estadísticamente con el análisis de varianza (ANDEVA)(119).

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION



V. RESULTADOS Y DISCUSION.

5.1 Análisis químico aproximado .- En los cuadros 2 y 3 se pueden observar los resultados del análisis químico aproximado y de energía bruta de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* lavadas y sin lavar, comparados con otra alga del mismo género.

Como se puede apreciar, los carbohidratos y los minerales son los componentes que predominan en las dos algas estudiadas. Para los carbohidratos (E.L.N.) se obtuvieron valores de 46.57 % para Mpl, 46.25% para Mpsl, 35.40 % para Ssl y 37.98 % para Sssl, siendo ligeramente altos comparados con los reportes de Mateus Valdés (116) para *Macrocystis pyrifera* (43.81 %) en promedio.

Estos carbohidratos se encuentran principalmente en forma de gomas o hidrocoloides, que se usan ampliamente en la industria alimentaria para controlar las propiedades reológicas de muchos productos (27). Probablemente contribuyen en pequeña proporción al valor nutritivo de los alimentos, ya que los seres humanos son capaces de hidrolizar algunos de estos carbohidratos parcialmente. Algunos animales también poseen enzimas (propias o de origen microbiano) capaces de hidrolizar estos carbohidratos para obtener monosacáridos (123).

La cantidad de energía bruta que Mpl, Mpsl, Ssl y Sssl aportan (2.222, 2.201, 2.110 y 2.150 kcal/g, respectivamente) es aproximadamente la misma que la de otros alimentos, como la cebada (2.64 kcal/g) y la avena (2.51 kcal/g) (145). Sin embargo, como se mencionó antes, la energía proveniente de los carbohidratos de estas algas, no puede ser aprovechada tan fácilmente como en el caso del almidón y otros carbohidratos más simples que se encuentran en los otros alimentos citados.

Los carbohidratos complejos en las algas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola*, por otra parte, presentan la ventaja de que dan la sensación de saciedad, resultando conveniente su consumo por parte de las personas obesas o diabéticas, para un mejor control de su dieta (36,39).

Macrocystis pyrifera es rica en alginatos (38.04 %) mientras que las algas del género *Sargassum* contienen una menor cantidad de ellos (15.28%), los cuales están mezclados con algunos otros hidrocoloides, generalmente en forma de sales (27,94,178).

En cuanto al contenido de cenizas, se encontraron los siguientes resultados: 34.22 % para Mpl, 36.67 % para Mpsl, 43.30 % para Ssl y 37.25 % para Sssl, siendo valores muy significativos y mayores que los de otras algas, como *Enteromorpha* (16.5 %), *Halieteria* (16.7%) y *Laminaria hypochorea* (20.3%) (90,100). La diferencia del contenido de cenizas entre Ssl y Sssl se discute en la sección 5.3 (cuadro 9).

CUADRO 2.

ANALISIS QUIMICO APROXIMADO Y ENERGIA BRUTA
DE LAS HARINAS ELABORADAS DE
Macrocystis pyrifera
LAVADA Y SIN LAVAR (Base seca, g/100g)

	M.p.l.	M.p.s.l.	<i>M. pyrifera</i> * Mateus(1972)	Laminaria** <i>Anodosum</i> .
<i>Humedad</i>	-	-	-	-
<i>Cenizas</i>	34.22 ± 0.32 ^a	36.67 ± 0.86 ^b	38.86	17 - 20
<i>Extracto Etéreo</i>	0.52 ± 0.04 ^a	0.56 ± 0.06 ^c	1.29	2 - 4
<i>Fibra Cruda</i>	8.53 ± 0.45 ^d	7.74 ± 0.49 ^d	5.18	8.0
<i>Proteína Cruda (N x 6.25)</i>	10.06 ± 0.32 ^e	8.76 ± 1.69 ^f	10.83	5 - 10
<i>E.L.N.</i>	46.57 ± 0.62 ^g	46.25 ± 0.62 ^g	43.81	45 - 60
<i>Energía Bruta</i> kcal/g	2.222 ± 0.055 ^h	2.201 ± 0.087 ^h	-	-

Cada resultado es promedio de 10 determinaciones.

^{a,b,c,d,e,f,g,h}Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. (P < 0.01)

* Fuente : Mateus, V. : Estudio Integral Tecnológico sobre el Aprovechamiento de *Macrocystis pyrifera* como Complemento Alimenticio Aviar. UABC, Esc.Sup. de Ciencias Marinas. Ensenada, Baja California, 1972.

** Fuente : Larsen, B. : The Distribution of Iodine and Other Constituents in Stipe of *Laminaria hyperborea*. *Marine Botanic*. 2(34) : 250-254. Germany, 1961.

CUADRO 3.
ANALISIS QUIMICO APROXIMADO Y ENERGIA BRUTA
DE LASHARINAS ELABORADAS DE
Sargassum sinicola
LAVADA Y SIN LAVAR (Base seca, g/100g)

	S.s.l	S.s.s.l	Laminaria ** <u>Anodosum.</u>
<i>Humedad</i>	-	-	-
<i>Cenizas</i>	43.30 ± 0.32 ^a	37.25 ± 0.86 ^b	17 - 20
<i>Extracto Etéreo</i>	1.02 ± 0.08 ^a	0.58 ± 0.06 ^a	2 - 4
<i>Fibra Cruda</i>	9.12 ± 1.70 ^c	11.75 ± 1.61 ^c	9.0
<i>Proteína Cruda</i> (N x 6.25)	11.14 ± 1.28 ^d	12.42 ± 1.08 ^d	5 - 10
<i>E.L.N.</i>	35.40 ± 2.43 ^e	37.98 ± 1.71 ^e	45 - 60
<i>Energía Bruta</i> kcal/g	2.110 ± 0.03 ^f	2.150 ± 0.032 ^f	-

Cada resultado es promedio de 10 determinaciones.

^a promedio de dos determinaciones

a,b,c,d,e,f Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. (P < 0.01)

** Fuente : Larsen, B. : The Distribution of Iodine and Other Constituents in Stipe of Laminaria hyperborea. Marine Botanic. 2(34) : 250-254. Germany, 1961.

El contenido de fibra cruda en estas algas (8.5 % para Mpl, 7.7 % para Mpsl, 9.1 % para Ssl y 11.8 % para Sssl) es ligeramente más alto que el de algunos alimentos de consumo común, como el maíz (2.6 %), el trigo (2.6 %), la cebada (6.8 %) , la hierba de prado (4.2 %) y la harina de soya de extracción (6.0%) así como otras especies de algas, como *Ascophyllum nodosum* (8.0%), *Spirulina gleitieri* (2.8 %) y *Laminaria sp.* (6.2 %) (13,88,145,161). Debido a esto y a la cantidad de ácido algínico, constituyen una gran ventaja para los adultos interesados en regular su consumo de energía sin tener que limitar el volumen total de su dieta. Sin embargo, el consumo limitado de energía representa un serio problema en el caso de los niños pequeños (36,39).

El contenido de proteínas determinado en Mpl, Mpsl, Ssl y Sssl (10.06 %, 8.76 %, 11.14 % y 12.42 %, respectivamente), es similar al reportado para *Macrocystis pyrifera* (10.83 %) por Mateus Valdés (116) en 1972, mientras que el de *Sargassum sinicola* es mayor al reportado para el género *Sargassum* (4.8 %) por Johnston (89).

Comparando con la proteína contenida en otras algas, como *Ascophyllum nodosum* (5.0 %), *Codium sp.* (2.34 %) y *Padina pavonia* (6.3 %), el resultado obtenido fue alto (88). Una excepción es la comparación con *Spirulina gleitieri* (65 %), ante la cual *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* resultan ser muy pobres en su contenido proteico (13,23,66,89).

Si se compara el contenido proteico de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* con otros alimentos (cuadro 4), como trigo (12.60 %), garbanzo (21 %), frijol amarillo (14.2 %), harina de soya (37.3 %), resulta ser bajo, por lo cual no puede considerárseles como una fuente importante de este nutriente; lo que podría, en todo caso, considerarse de importancia es su contenido de aminoácidos indispensables para humanos y animales, pero esto se discutirá más adelante (145).

El contenido de extracto etéreo, al igual que en la mayor parte de los vegetales de consumo común, es bajo (0.52 % para Mpl, 0.56 % para Mpsl, 1.02 % para Ssl y 0.58 % para Sssl) aunque es posible que los ácidos grasos existentes en la fracción lipídica sean insaturados, lo cual es deseable, ya que su consumo podría contribuir a la prevención de trastornos vasculares (36,151).

Los resultados obtenidos para *Macrocystis pyrifera* comparados con los reportados por Mateus Valdés (116), fueron menores para las algas lavadas y sin lavar, exceptuando los resultados de fibra cruda y E.L.N., en donde fueron mayores (cuadro 2).

Según el análisis de varianza, Mpl y Mpsl son significativamente diferentes en su contenido de cenizas y proteína cruda. Por otra parte, Ssl y Sssl son significativamente diferentes en su contenido de cenizas y extracto etéreo. Esta diferencia en la composición química de las algas lavadas y sin lavar indica que la operación de lavado es muy importante para eliminar residuos orgánicos e inorgánicos para la utilización de las algas como alimento.

CUADRO 4.

Comparación entre el Análisis Químico Aproximado de las Algas

Macrocystis pyrifera y Sargassum sinicola

con algunos alimentos de uso común .

MUESTRA	PROTEINA CRUDA	EXTRACTO ETereo	EXTRACTO LIBRE DE N ₂	FIBRA CRUDA	CENIZAS	ENERGIA Kcal/g
M.p.l.	10.06	0.52	46.57	8.53	34.22	2.22
M.p.s.l.	8.76	0.56	46.25	7.74	36.67	2.20
S.s.l.	11.14	1.02	35.40	9.12	43.30	2.11
S.s.s.l.	12.42	0.58	37.98	11.75	37.25	2.15
*Maíz	8.00	4.00	71.50	2.60	1.20	3.41
*Trigo	12.60	1.40	71.00	2.60	1.40	3.07
*Cebada	7.50	1.40	70.20	6.80	3.00	2.64

* Fuente: Picotón, M. : Diccionario de Alimentación Animal. Ed. Acribia, Zaragoza, España, 1970.

5.2 Factores antinutricios .- En el cuadro 5 se muestran los valores obtenidos en la determinación de estas sustancias.

5.2.1 Alteradores de la digestión .- Las saponinas son glucósidos formados por sapogenina y diversos carbohidratos. Tienen la propiedad de producir espuma, disminuir la tensión superficial y ser hemolíticas. No existe ningún paralelismo entre la cantidad de espuma producida y la acción hemolítica (57). Esta prueba fué cualitativa y no se encontraron saponinas presentes en ninguna de las muestras de estas algas.

Por otra parte, los taninos son polifenoles que tienen la propiedad de combinarse con las proteínas y otros polímeros, como la celulosa y la pectina; además inhiben la actividad de algunas enzimas y son de sabor astringente (11). En el rumen, disminuyen al RNA, DNA y ácidos grasos volátiles, aumentan la proteína en el fluido ruminal e inhiben el crecimiento bacteriano, haciendo que el valor nutritivo de los alimentos se reduzca (37,66).

Price menciona que en la dieta para pollos de 7 semanas de edad, un contenido del 2 % de taninos retrasa su crecimiento (148).

En los seres humanos no se han registrado niveles tóxicos de taninos, ya que existen reportes en donde se menciona un consumo de 1500 a 2500 mg de taninos al día, por habitantes de países como la India, sin que ésto tenga un efecto tóxico (23,83,150).

Los resultados de ácido tánico obtenidos en la determinación de las muestras de Mpl y Mpsl (31.15 mg/g y 34.20 mg/g respectivamente), es alto comparado con lo reportado por Price para el consumo de pollos (148). Sin embargo, estos valores son similares al de algunos alimentos, como *Cajanus cajan* (31.82 mg/g) según Sandoval (157), el cual es consumido por pollos en 7.5 %, 15 % y hasta 30 % en la dieta, sin ser tóxico o alterar la eficiencia alimenticia (62,148,175).

Por otra parte, el contenido de taninos en Ssl y Sssl (1.5 mg/g y 1.67 mg/g respectivamente) es muy bajo, reduciéndose el riesgo, si lo hay, en su consumo en la dieta normal de animales y humanos.

5.2.2 Factores tóxicos .- Los glucósidos cianogénicos son potencialmente tóxicos para los humanos y los animales, por la producción de ácido cianhídrico (HCN), pero su efecto es mínimo en los microorganismos anaerobios, como las bacterias del rumen, las cuales, pueden utilizarlo como una fuente de nitrógeno (40,175).

No se detectó la presencia de estas sustancias en *Macrocystis pyrifera* ni en *Sargassum sinicola*.

CUADRO 5.
FACTORES ANTINUTRICIOS EN Macrocystis pyrifera y
Sargassum sinicola LAVADAS Y SIN LAVAR. (base seca)

Alteradores de la digestión	Mp.l	M.ps.l.	S.s.l.	S.s.s.l.
<i>Saponinas</i>	-	-	-	-
<i>Acido Tánico (mg/g)</i>	31.15 ± 2.11 ^a	34.20 ± 1.65 ^a	1.50 ± 0.13 ^b	1.67 ± 0.09 ^b
Factores tóxicos				
<i>Glucósidos cianogénicos</i>	-	-	-	-
<i>Alcaloides</i>	-	-	-	-
Factores antifisiológicos				
<i>Hemaglutininas</i>	-	-	-	-
<i>Inhibidor de Tripsina</i>	*	*	-	-

Cada resultado es promedio de 12 determinaciones.

- no detectado

* no se pudo determinar

^{a,b} Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. (P < 0.01)

Por otra parte, los alcaloides tienen la particularidad común de contener nitrógeno en su estructura molecular. Son sustancias cuantiosas y tienen poco efecto como drogas o acción inhibitoria en la digestión de los forrajes (57,175).

No se detectaron alcaloides en ninguna de las dos algas.

5.2.3 Factores antifisiológicos .- Las hemaglutininas son proteínas que tienen la capacidad de unirse a ciertos azúcares presentes en las glicoproteínas y aglutinar eritrocitos. Además, tienen actividad antigénica y estimulan la mitosis de los leucocitos (11,23). No se detectaron en ninguna de las algas estudiadas.

Los inhibidores de tripsina son proteínas que inhiben la acción de la tripsina en el tracto digestivo. Se ha visto que deprimen el crecimiento de los roedores y producen hipertrofia pancreática* como esfuerzo compensatorio. Sin embargo, la mayoría son termolábiles y al parecer, la tripsina humana no es tan sensible a estas sustancias como la de la rata, y de hecho, no es común ver en la especie humana la hipertrofia pancreática mencionada, por lo que se diría que se ha exagerado la importancia de éste factor para el organismo humano (23).

En el caso de *Macrocystis pyrifera* no se pudo determinar con certeza si había o no presencia de algún inhibidor de tripsina, por la siguiente posible razón:

"La concentración presente de goma en esta alga interfiere en la técnica que se usó para su detección"

Esta hipótesis está basada en los siguientes puntos:

a) En la técnica que se utilizó, se considera que el medio en que se lleva a cabo la reacción para la cuantificación para la actividad de tripsina, es acuoso, y al añadir, aunque sea pequeñas cantidades de muestra (extracto de harina de Mpl o Mpsl) la solución adquiere una consistencia coloidal, debido al contenido de ácido algínico de esta alga, haciendo que el medio no sea adecuado para que la reacción se lleve a cabo en forma completa.

b) Para eliminar este factor de error, el extracto de la muestra problema se diluyó de tal forma que la actividad de la tripsina pudiera ser medida. Sin embargo, las gomas o hidrocoloides de origen natural, como es el caso del ácido algínico en esta alga, siguen siendo muy efectivas en su poder espesante, aún en concentraciones muy bajas (0.4 % en peso) provocando una viscosidad aparente de hasta 11 cp** en esta concentración; esta viscosidad, comparada con la de un medio acuoso (alrededor de 1 cp) es hasta 10 veces mayor (6,11).

* hipertrofia pancreática .- crecimiento anormal del páncreas.

** cp .- centipoise. medida del grado de viscosidad. 1 poise = 1 g/cm seg.

Este aumento de viscosidad está en relación inversa con el grado de interacción entre las sustancias en solución en las reacciones enzimáticas, ya que las enzimas son polímeros de aminoácidos, las cuales necesitan de condiciones óptimas para poder interactuar con su sustrato correspondiente. Al existir otro polímero, como el ácido algnico, en la solución, se puede provocar una interferencia en la reacción entre la tripsina y el sustrato, por las siguientes razones:

1) El ácido algnico, aunque es insoluble en agua, reduce la disponibilidad de ésta en el medio, absorbiéndola (11,25).

2) El ácido algnico posee grupos $-COOH$, provenientes del ácido D-manurónico y L-gulurónico, los cuales pueden liberar iones H^+ en un medio acuoso, y alterar el microambiente óptimo que necesita la tripsina que es utilizada en la técnica para la detección del inhibidor de tripsina (25).

3) Los iones H^+ liberados por el ácido algnico pueden interferir con la acción de la tripsina, ya que esta enzima actúa sobre sustratos básicos, como la arginina, lisina, y en el caso de la técnica de laboratorio, sobre el clorhidrato de benzoil-DL-arginin-p-anilida. Este último, en lugar de actuar solamente con la tripsina, actúa también con los grupos $-COOH$ del ácido algnico, provocándose un efecto de "inhibición competitiva", entre la tripsina y el ácido algnico (79).

De todo lo anterior, se podría concluir que el inhibidor de tripsina en este caso, sería el propio ácido algnico, aunque por otra parte, una vez en el tracto digestivo de animales o humanos, el ácido algnico no actuaría como los inhibidores de tripsina que se conocen, ya que esta goma podría ser degradada y metabolizada por los microorganismos en el rumen o en el intestino de los seres humanos.

La degradación del ácido algnico en el tracto digestivo de los humanos, sin embargo debe descartarse, ya que los enlaces entre los monómeros de esta goma son β -1-4, que no son hidrolizados por las enzimas de los seres humanos y por lo tanto, el efecto del consumo de ácido algnico en la dieta debe ser similar al de la fibra.

Por otra parte, en *Sargassum sinicola* no se detectó la presencia de inhibidor de tripsina.

5.3 Cuantificación de minerales .- En el cuadro 6 se observa el contenido de minerales en Mpl y Mpsl, comparado con resultados reportados en trabajos anteriores (116). Estos resultados muestran una marcada diferencia en cuanto al contenido de calcio, sodio, potasio y magnesio, ya que Mateus (1987), reportó un contenido de calcio casi cuatro veces mayor al que se determinó en el presente trabajo; el contenido de sodio reportado por Mateus (1987) y Kirby (1951) representa el doble o un poco más que el reportado en este trabajo.

Los resultados de magnesio reportados por Mateus y Kirby (116), que no tienen mucha diferencia entre sí, son mucho menores que los resultados reportados aquí.

Estas diferencias pueden deberse a las siguientes razones:

a) La composición química de las algas en general, varía con la estación y con el hábitat en que se desarrollan, pudiendo influir en forma importante éste factor en el contenido mineral de las mismas (80).

b) Los métodos utilizados para la cuantificación de minerales, varían en exactitud, además de que se requiere una total limpieza del material utilizado en dicha cuantificación. Por ejemplo, la espectroscopía de absorción atómica es mucho más exacta y sensible que los métodos volumétrico y gravimétricos.

c) El hecho de haber sometido a las algas a la operación de lavado pudo haber alterado su composición en algunos minerales, disminuyendo la cantidad de los mismos en ellas.

Por otra parte, aunque no se hicieron un gran número de determinaciones para la cuantificación de los diferentes minerales en Mpl y Mpsl, los resultados no muestran una gran diferencia entre sí, pudiendo afirmar que la composición de estos minerales en Mpl y Mpsl no es diferente.

En el cuadro 7 se puede observar el contenido de algunos minerales en *Macrocystis pyrifera* y otras algas. *Laminaria* muestra valores más bajos que *Macrocystis pyrifera*, mientras que las cantidades en esta última se encuentran dentro del rango reportado para *Ascophyllum nodosum*, con excepción del potasio y magnesio, cuyos niveles son notoriamente superiores.

En el cuadro 8 se dan los resultados obtenidos para los minerales en Ssl y Sssl. En forma general, y como es de esperarse, las cantidades de minerales en Ssl son menores que las de Sssl, ya que durante la operación de lavado se elimina una gran cantidad de residuos de origen marino, como son: materia en suspensión, sólidos disueltos, sulfuro, cloruros, sílice, etc..

CUADRO 6.

CONTENIDO DE MINERALES EN *Macrocystis purifera*
(Lavada y sin lavar). Comparación con resultados de
otros autores. (Base seca).

MINERAL	Mpl	Mpsi	<i>Macrocystis</i> <i>purifera</i> . (Mateus 1987)	<i>Macrocystis</i> <i>purifera</i> . (Kirby 1951)
Fósforo	3.22	2.57	5.4	3.2
Calcio	14.22	12.44	45.7	14.10
Sodio	31.11	31.11	61.3	71.0
Potasio	53.33	55.55	141	137.5
Magnesio	54.72	49.16	10.0	7.9
Manganeso	*	*	9.2	9.0
Plomo	*	*	*	*
Cobre	7.22	4.7	2.5	3.0

 partes por millón

 mg/g de muestra

* no detectable

**Fuente : Johnston, H. W. : The Biological and Economic Importance of Algae.
Part 2. Victoria Univ. of Wellington 14 30-63 (1980).
Mateus, V. H. : Estudio Integral Tecnológico sobre el Aprovechamiento
de *Macrocystis purifera* como Complemento Alimenticio Aviar.
UABC. Ensenada, B.C. , 1972.

CUADRO 7.

Comparación del contenido de algunos minerales de Macrocystis pyrifera con el de otras algas.
(Base seca, mg/g).

<i>MINERAL</i>	<i>Mpi</i>	<i>Mpsl</i>	<u>Laminaria</u> *	<u>Arceuthium</u> * <u>nodosum</u>
<i>Fósforo</i>	3.22	2.57	0.6	1 - 1.5
<i>Calcio</i>	14.22	12.44	13.1	10 - 30
<i>Sodio</i>	31.11	31.11	21.5	30 - 40
<i>Potasio</i>	53.33	55.55	29.3	20 - 30
<i>Magnesio</i>	54.72	49.16	9.8	2 - 9

* Fuente: Larsen, B. : The Distribution of Iodine and Other Constituents in Stipe of Laminaria hyperborea. Marine Botanic, 2 (3/4) : 250 - 54, Germany, 1961.

CUADRO 8.

**CONTENIDO DE MINERALES EN *Sargassum sinicola*
(Lavada y sin lavar) (Base seca).**

<i>MINERAL</i>	S s 1	S s s 1
<i>Fósforo</i>	23.26	27.55
<i>Calcio</i>	2.20	38.66
<i>Sodio</i>	22.22	38.88
<i>Potasio</i>	22.20	33.30
<i>Magnesio</i>	133.33	121.66
<i>Manganeso</i>	116.1	104.4
<i>Plomo</i>	*	*
<i>Cobre</i>	20	11.11

 partes por millón

 mg/g de muestra

* no detectable

En lo que se refiere al sodio y potasio, es de esperarse un nivel menor en Ssl, ya que el agua de mar en Sssl dejó impregnado a esta alga de cloruros de sodio y potasio, y al lavarla, estos son eliminados eficazmente.

Por otro lado, el nivel de calcio en Ssl (2.2 mg/g) es muy bajo comparado con el de Sssl (38.66 mg/g). Esto se debe posiblemente a que el agua de mar donde se recolectó esta alga tenía un grado de dureza determinado, que contribuyó al aumento de calcio en Sssl. Al haber sometido a la operación de lavada a esta alga, su nivel de calcio se redujo drásticamente, como se observa en el cuadro 8. Esto remarca la importancia del lavado de las algas para la eliminación de impurezas.

Otra posibilidad es que la muestra analizada no haya sido tomada de una harina bien homogenizada, ya que la composición del tejido periférico y del talo es muy diferente en cuanto a su contenido de minerales, como se puede ver en el ejemplo del cuadro 9.

De los resultados obtenidos para Ssl y Sssl se puede afirmar que la composición de minerales es diferente.

En el cuadro 10 se establece una comparación entre la composición de algunos minerales de *Sargassum sinicola* y otras algas. El contenido de fósforo de Ssl y Sssl es superior que el de las otras algas aquí citadas, pudiendo considerárseles como una buena fuente de este mineral.

Por otra parte, el resultado de calcio en Ssl es el que podría tomarse en cuenta de forma más confiable para consumo humano, ya que el valor para Sssl es consecuencia, posiblemente, de la impureza del agua de mar; en este caso, el nivel de calcio en esta alga es muy bajo con respecto al de las demás algas.

El nivel de potasio en *Sargassum sinicola* es muy parecido al de *Ascophyllum nodosum* y *Laminaria*, pero bajo comparado con el de *Macrocystis pyrifera* y *Fucus*.

En el cuadro 11 se puede apreciar la comparación entre el contenido de algunos minerales en la harina de Mpl, Ssl y otros alimentos de consumo común en animales y humanos. Aquí se resalta la importancia como fuente potencial de calcio, sodio, potasio y magnesio de *Macrocystis pyrifera* y de fósforo, magnesio, sodio y potasio de *Sargassum sinicola*, ya que superan considerablemente en su contenido a los alimentos aquí citados.

CUADRO 9.

Composición mineral de tejidos formados durante el mismo año, de la parte mediana e inferior de Laminaria hyperborea.

<i>Tejido</i>	<i>% cenizas</i>
Periférico (hojas)	18.6
Talo: corteza externa	32.6
corteza interna	34.0

Fuente : Larsen, B.: The Distribution of Iodine and Other
Constituents in Stipe of Laminaria hyperborea,
Marine Bot. 2 (3/4): 250-54, Germany, 1961.

CUADRO 10.

Comparación del contenido de algunos minerales de Sargassum sinicola con el de otras algas.
(Base seca, mg/g).

<i>MINERAL</i>	Ssl	Sssl	Evmsz.*	Mpl	Laminaria* Laminaria	Arcothulium* Redesum
<i>Fósforo</i>	23.26	27.55	2.0	3.2	0.6	1 - 1.5
<i>Calcio</i>	2.20	38.66	15.0	14.2	13.1	10 - 30
<i>Potasio</i>	22.20	33.30	49.0	53.3	29.3	20 - 30

* Fuente : Larsen, B. : The Distribution of Iodine and Other Constituents
in Stipe of Laminaria hyperborea, Botánica Marina, 2 (3/4):
250-54, Alemania, 1961.

CUADRO 11.

Comparación del contenido de algunos minerales de las algas Macrocystis purifera y Sargassum sinicola con el de algunos alimentos de consumo común en animales y humanos. (Base seca, mg/g).

<i>MINERAL</i>	Ssl	Mpl	** Alfalfa	** Maíz	** Arroz	** Zanahoria	** Espinazas
<i>Fósforo</i>	23.26	3.2	2.0	10.5	2.3	0.33	0.52
<i>Calcio</i>	2.20	14.2	12.0	0.3	10	0.52	1.28
<i>Sodio</i>	22.22	31.1	1.0	0.1	0.2	0.83	0.86
<i>Potasio</i>	22.20	53.3	*	3.5	2.4	2.67	6.21
<i>Magnesio</i>	133.3	54.7	1.5	1.7	0.8	0.16	0.62

* Datos no reportados.

** Fuente : Schupan, W. : Calidad y Valor Nutritivo de los Alimentos Vegetales. Ed. Acribia, Zaragoza, España. 1968.

5.4 Aminograma .- Como se dijo anteriormente, las algas no contienen una gran cantidad de proteínas, pero su contenido en diversos aminoácidos indispensables para el hombre y los animales, es variado, como se puede observar en el cuadro 12, donde se compara el contenido de aminoácidos de estas algas con las cantidades establecidas por el patrón FAO/OMS 1973.

Con los resultados en dicho cuadro, también se puede afirmar que no hay una diferencia significativa entre las algas lavadas y sin lavar, tomando en cuenta que en esta determinación no se analizó un número lo suficientemente grande de muestras como para someter los resultados a un análisis de varianza, por lo que durante la presente discusión no se hará distinción entre las algas lavadas y sin lavar.

En el caso del contenido de lisina y fenilalanina-tirosina, *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* superan ligeramente a las cantidades establecidas por el patrón.

Por su parte, *Macrocystis pyrifera* supera a las cantidades que establece el patrón en lo que se refiere a cisteína-metionina y treonina, mientras que podría considerarse que *Sargassum sinicola* iguala al patrón en la cantidad de treonina, por lo que puede ser una buena fuente de este aminoácido. *Macrocystis pyrifera* con respecto al patrón iguala la cantidad de leucina, valina y triptófano, pudiendo también considerársele como una buena fuente de estos aminoácidos. *Sargassum sinicola* supera ligeramente la cantidad establecida por el patrón para triptófano, pudiendo ser una buena fuente de este aminoácido.

Por otra parte, *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* contienen niveles ligeramente menores de isoleucina que los establecidos en el patrón. Además *Sargassum sinicola* es ligeramente deficiente en su contenido de cisteína-metionina y valina.

Sin embargo, para poder considerar a las proteínas de las algas en cuestión, como una fuente importante de algunos aminoácidos indispensables, es necesario calcular la relación que existe entre estos y con respecto a los del patrón aquí citado. Lo anterior se establece mediante los siguientes cálculos y recibe el nombre de *Cuenta Química* :

$X = (\text{g de aminoácido indispensable en el patrón} / \text{suma de los aminoácidos indispensables en el patrón}) \cdot 100$

$Y = (\text{g de aminoácido indispensable en el problema} / \text{suma de los aminoácidos indispensables en el problema}) \cdot 100$

$C.Q. = (Y / X) \cdot 100$ *Cuenta Química*.

Al obtener la *Cuenta Química* de cada aminoácido en las algas estudiadas se puede determinar si sus proteínas contienen uno o más aminoácidos limitantes.

Los datos obtenidos de estos cálculos para las dos especies de algas estudiadas se muestran en el cuadro 13.

CUADRO 12.
Comparación de aminoácidos indispensables en
***Macrocystis purifera* y *Sargassum sinicola*.**
(Lavadas y sin lavar). (Base seca, g/100g proteína).

Aminoácido	Patrón FAO/ OMS 1973	M.p.l.	M.p.s.l.	S.s.l.	S.s.s.l.
<i>Isoleucina</i>	4.0	3.67	3.55	3.44	3.64
<i>Leucina</i>	7.0	7.17	6.40	5.99	6.19
<i>Lisina</i>	4.0	6.13	5.61	5.09	4.33
<i>Fenilalanina+</i> <i>Tirosina</i>	6.0	7.80	7.18	6.85	6.52
<i>Cisteína+</i> <i>Metionina</i>	5.5	5.94	5.78	2.17	2.53
<i>Treonina</i>	4.0	6.01	5.31	3.83	4.23
<i>Triptófano</i>	1.0	0.94	1.10	1.29	1.15
<i>Valina</i>	5.0	5.61	4.94	4.46	4.32
INDISPENSABLES PARA POLLOS Y CERDOS					
<i>Histidina</i>	-	1.93	1.44	1.56	1.50
<i>Glicina</i>	-	5.80	5.37	4.63	4.64
<i>Arginina</i>	-	2.52	4.24	7.05	4.08

CUADRO 13.

Cuenta Químico de los aminoácidos indispensables contenidos en las algas

Macrocystis pyrifera y *Sargassum sinicola*

(Lavadas y sin lavar). (g / 100 g proteína).

Aminoácido	M.p.l.	M.p.s.l.	S.s.l.	S.s.s.l.
<i>Isoleucina</i>	77.39	81.24	94.77	100.92
<i>Leucina</i>	86.40	83.69	94.29	98.07
<i>Lisina</i>	129.27	128.38	140.22	120.05
<i>Fenilalanina+ Tirosina</i>	109.66	109.54	125.81	120.51
<i>Cisteína+ Metionina</i>	91.10	96.20	43.48	51.01
<i>Treonina</i>	126.74	121.52	105.51	117.27
<i>Triptófano</i>	79.29	100.69	142.51	127.53
<i>Valina</i>	94.64	90.44	98.29	95.82



Primer aminoácido limitante.



Segundo aminoácido limitante.

En la alimentación animal, *Sargassum sinicola* resulta mejor fuente de arginina que *Macrocystis pyrifera*, aunque esta última contiene cantidades ligeramente mayores de glicina, que es de suma importancia para los pollos en crecimiento.

El contenido de histidina en ambas especies de algas es muy parecido, aunque suficiente para satisfacer los requerimientos de cantidad por kg en cerdos, conejos y aves (cuadro 14).

Este cuadro, también muestra claramente que los requerimientos de los demás aminoácidos indispensables por kg de peso corporal de cerdos, conejos, y aves son superados por el contenido de aminoácidos en las algas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola*, si estas son agregadas en cantidades suficientes a la ración diaria de los animales citados.

En el cuadro 15 se muestra el contenido de aminoácidos en varias especies de algas, comparando con el contenido de estos en Mpl, Mpsi, Ssl y Sssl. Aquí también se aprecia que los niveles de aminoácidos en *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* son muy superiores a los de las demás algas, demostrando ser una buena fuente de los aminoácidos aquí citados.

En el cuadro 16 se muestra la *Cuenta Química* de algunos alimentos de consumo común, indicándose sus aminoácidos limitantes.

Estos datos sugieren que las algas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola*, adicionándolas en una proporción adecuada a la ración diaria, pueden ser utilizadas en la alimentación humana o animal, complementándose con otros alimentos, compensando de esta forma las cantidades de aminoácido limitante y aumentando su *Cuenta Química*.

De cualquier forma que sean utilizadas, por los resultados en el contenido de aminoácidos de *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola*, estas podrían ser un alimento de origen vegetal con un buen contenido de aminoácidos indispensables.

CUADRO 14.

Contenido de proteína y aminoácidos indispensables en las algas
Macrocystis pyrifera y Sargassum sinicola
 comparado con los requerimientos para algunos animales.

	MUESTRA				REQUERIMIENTOS POR Kg [®] DE PESO CORPORAL		
	M. p. l.	M. p. s. l.	S. s. l.	S. s. s. l.	Cerdos en crecimiento	Conejos	Aves ponedoras
Proteína	10.06	8.76	11.14	12.42	12.00	16.00	15.00
Aminoácidos (g/100 g proteína)							
Arginina	2.52	4.24	7.05	4.08	-----	0.60	0.92
Histidina	1.93	1.44	1.56	1.50	0.15	0.30	0.28
Glicina	5.80	5.37	4.63	4.64	-----	-----	0.60
Isoleucina	3.67	3.55	3.44	3.64	0.37	0.60	0.55
Leucina	7.17	6.40	5.99	6.19	0.42	1.10	1.20
Lisina	6.13	5.61	5.09	4.33	0.43	0.65	0.77
Metionina	5.94	5.78	2.17	2.53	0.23	0.60	0.30
Fenilalanina	7.80	7.18	6.85	6.52	0.52	1.10	0.50
Treonina	6.01	5.31	3.83	4.23	0.34	0.60	0.50
Triptofano	0.94	1.10	1.29	1.15	0.09	0.20	0.17
Valina	5.61	4.94	4.46	4.32	0.46	0.70	0.60

® Fuente: Scheider, W.L.: Nutrición. Conceptos Básicos y Aplicaciones. Mc.Graw-Hill, México, 1985.

CUADRO 15.

Contenido de algunos aminoácidos en diversas algas marinas.
(% sobre base seca).

Aminoácidos	<i>Microspora</i> <i>(loososa)</i> *	<i>Ulva</i> <i>lactuca</i> *	<i>Sargassum</i> <i>tenerrimum</i> *	<i>Dicelysta</i> <i>maxima</i> *	Mpl	Mpsl	Ssl	Ssdl
Arginina	0.200	-	-	-	0.252	0.424	0.705	0.408
Cisteína	-	-	-	-	0.594	0.578	0.217	0.253
Leucina	0.081	0.026	-	-	0.717	0.640	0.599	0.619
Lisina	0.140	-	-	0.0079	0.613	0.561	0.509	0.433
Fenilalanina	0.120	0.042	0.014	-	0.790	0.718	0.685	0.652
Valina	0.097	0.030	0.0084	-	0.561	0.494	0.448	0.432

- Datos no reportados.

*Fuente: Lewis, E.J. y Gonzales, E.A.: Studies on the Free Aminoacid Content of Some Marine Algae from Bombay. *J. of the Univ. of Bombay, Biol. Sci.* 28 (46):1-5 (1959).

CUADRO 16.

Comparación entre la cuenta química de aminoácidos indispensables de las algas
Macrocystis purifera y Sargassum sinicola
 con algunos alimentos de uso común. (g / 100 g proteína).

MUESTRA	Isoleucina	Leucina	Lisina	Fenilalanina	Metionina	Treonina	Triptófano	Valina
M. p. l.	77.39	86.40	129.27	109.66	91.10	126.74	79.29	94.64
M. p. s. l.	81.24	83.69	128.38	109.54	96.20	121.52	100.69	90.44
S. s. l.	94.77	94.29	140.22	125.81	43.48	105.51	142.15	98.29
S. s. s. l.	100.92	98.07	120.05	120.51	51.01	117.27	127.53	95.82
Garbanzo	76.96	138.13	159.84	85.51	20.09	86.33	75.97	91.96
Aceugas	148.65	107.77	136.50	75.95	7.07	144.19	138.93	109.34
Espinacas	122.64	131.75	100.56	98.11	24.97	120.18	156.97	94.18
Arroz	113.99	127.21	96.90	89.59	38.76	96.65	124.44	130.77



Primer aminoácido limitante.



Segundo aminoácido limitante.

5.5 Digestibilidad *in vitro* e *in situ* .- Esta prueba se realizó en pequeños rumiantes (borregos).

El estómago compuesto de los rumiantes es tan complicado, que una fotografía o un diagrama de él, es de pequeña ayuda para comprender la relación existente entre sus cuatro compartimentos. Mediante el uso de este órgano digestivo relativamente grande, con su microflora y microfauna, los rumiantes domesticados convierten mucho material alimenticio, que de otra forma no estaría disponible como alimento para humanos, en productos alimenticios de origen animal disponibles (carne y leche). Además, los alimentos así formados, son enriquecidos en su contenido vitamínico, debido a las fermentaciones que ocurren en el rumen del animal. De aquí la importancia de la medición de la digestibilidad de los alimentos potenciales, ya que dicha digestibilidad indica la porción aprovechable del alimento en cuestión (123).

En el cuadro 17 se muestran los resultados obtenidos para la digestibilidad *in situ* e *in vitro* de las algas en cuestión.

En lo que se refiere a la digestibilidad *in vitro*, según el análisis de varianza, no hubo diferencia significativa entre las algas lavadas y sin lavar, aunque aparentemente, la digestibilidad *in vitro* de Mpsl fue ligeramente mayor que la de Mpl. Esta diferencia aparente se debe a la distinta proporción de materia inorgánica existente entre las muestras de algas sin lavar y las lavadas, ya que las algas sin lavar contienen residuos sólidos orgánicos e inorgánicos provenientes del agua de mar que alteran, aunque en poca cantidad, la composición química y física de estas.

Los resultados de digestibilidad dan una idea de los nutrimentos de las algas que son o que pueden ser aprovechados por los rumiantes (123).

Para ésto, en primer lugar se deben someter a los animales a un período de acostumbramiento con el alimento que se va a evaluar, se debe conocer la composición química del alimento en cuestión, para finalmente recolectar, pesar y analizar las heces excretadas para obtener los datos de digestibilidad aparente de cada nutrimento en el alimento (123).

No se pudo determinar la digestibilidad aparente de cada nutrimento en las algas estudiadas porque no se contó con la cantidad suficiente de ellas para alimentar a los animales durante un período adecuado.

Por otra parte, la digestibilidad *in vitro* de Mpsl (90.34 %) mostró ser ligeramente mayor que su digestibilidad *in situ* (83.24 %); sin embargo, el análisis de varianza mostró que dicha diferencia no es significativa. De la misma forma, la digestibilidad *in vitro* de Sssl (24.68 %) comparada con su digestibilidad *in situ* (27.54 %) no es significativamente diferente.

CUADRO 17.

**Digestibilidad in vitro e in situ de Macrocystis pyrifera
y Sargassum sinicola (BASE SECA)**

D. <u>in vitro</u>	M.p.l	M.p.s.l.	S.s.l	S.s.s.l.
Materia seca desaparecida(%)	82.77 ± 7.01 ^a	90.34 ± 4.01 ^a	29.01 ± 1.76 ^b	24.68 ± 3.19 ^b
Materia orgánica desaparecida (%)	68.81 ± 7.01 ^c	77.66 ± 4.01 ^c	20.87 ± 1.76 ^d	12.80 ± 3.19 ^d
D. <u>in situ</u>				
Materia seca desaparecida (%)	*	83.24 ± 6.20 ^a	*	27.54 ± 5.66 ^b

Cada resultado es promedio de 25 determinaciones.

* valores no determinados

a, b, c, d Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. (P < 0.01)

Si se comparan los resultados de digestibilidad *in situ* de las dos especies de algas (83.24 % para Mpsl y 27.54 % para Sssl) con la digestibilidad de *Laminaria sp.* (15.9%), heno (37.80 %), avena (43.40 %), centeno (53.20 %), hierba de arroz (38.30 %), paja de cebada (42.20 %), trébol (43.40%), salvado de malta de cebada (65 %) y harina de soya (70 %) (1), se observa lo siguiente:

La digestibilidad de Mpsl resultó ser muy superior a la de cualquiera de los alimentos antes citados, lo cual hace pensar que el aprovechamiento de los nutrimentos en esta alga por parte de los rumiantes puede ser óptima, ya que el porcentaje de los nutrimentos digeribles es alto, y el aprovechamiento de los mismos dependerá de su disponibilidad biológica, así como de su absorción gastrointestinal, la cual depende, a su vez, del tiempo de contacto del nutrimento con la mucosa intestinal, del área de superficie disponible para la absorción, de la actividad dinámica de las células de la mucosa, de la actividad de la superficie y de agentes emulsificantes (como el ácido algínico de estas algas) que mejoran la absorción; el tamaño de partícula y la competencia de los microorganismos gastrointestinales con el huésped, por el material nutritivo (123).

La digestibilidad de Sssl (27.54%) resultó ser baja con respecto a los alimentos anteriormente citados, con excepción de *Laminaria sp.* (15.9%), ante la cual presentó una digestibilidad ligeramente superior. La baja digestibilidad que Sssl presentó frente al resto de los alimentos se debió posiblemente a que durante la realización de esta investigación no se contó con la cantidad suficiente de esta alga para someter a los animales utilizados en la prueba a un período de acostumbramiento adecuado, lo cual no les permitió desarrollar la flora microbiana para la digestión de esta alga (123).

Por lo tanto, el resultado de digestibilidad *in situ* de Sssl hace pensar que la proporción de nutrimentos aprovechables en esta alga, es baja. Sin embargo, se hace necesario un estudio más a fondo de la digestibilidad de esta alga bajo condiciones óptimas.

5.6 Evaluación biológica .- En el cuadro 18, se dan los resultados de la evaluación biológica realizada con ratas. En forma general, se observa que el PER descendió al aumentar la proporción de las algas en las dietas. En el caso de *Macrocystis pyrifera*, el PER de las dietas con algas (0.59 para el 15 % y 0.51 para el 25 %) fue menor que el obtenido para el garbanzo (0.95) alcanzándose un valor máximo de 1.01 para el 5%, que resultó prácticamente igual al del garbanzo, según se confirmó con el análisis de varianza (115).

Por otra parte, *Sargassum sinicola* mostró un PER de 1.4 para el 5%, demostrando que sí hubo ventajas al adicionar esta alga a la dieta. Al aumentar la proporción de las algas, el PER disminuyó de igual forma que en el caso de *Macrocystis pyrifera*, obteniéndose valores de 1.07 y 0.77, prácticamente igual al obtenido para el garbanzo.

El PER de *Macrocystis pyrifera* disminuyó considerablemente por las siguientes posibles razones:

a) El contenido de goma en las dietas con *Macrocystis pyrifera*, hizo que los animales tuvieran la sensación de " saciedad " y consumieran una menor cantidad de alimento: Este hecho se puede observar claramente en el cuadro 19, donde los gramos de alimento consumido en las dietas con algas disminuye al aumentar la concentración de las mismas.

Esto no sucede con *Sargassum sinicola*, la cual, como se había mencionado anteriormente, contiene una menor cantidad de gomas. El ácido algínico se ha usado en algunos experimentos para controlar la obesidad y quizás tuvo un efecto similar durante la presente investigación (39).

b) El contenido de taninos afectó posiblemente la disponibilidad de las proteínas en la dieta y, por lo tanto, el aumento de peso de las ratas en función de las proteínas. Por otra parte, cabe mencionar que el aumento de peso no está solamente en función del consumo y absorción de proteínas, por lo que este factor puede no ser definitivo.

El PER de *Sargassum sinicola* disminuyó al aumentar la proporción de algas en las dietas, aunque resultó mayor que el presentado por *Macrocystis pyrifera*; ésto se debió posiblemente a :

a) Que el contenido de gomas es menor en *Sargassum sinicola* que en *Macrocystis pyrifera*, por lo tanto, la sensación de saciedad que las gomas provocan no se presentó en los animales que consumieron esta dieta (cuadro 19).

b) El contenido de taninos en *Sargassum sinicola* también fue mucho menor que en *Macrocystis pyrifera*. lo que disminuye la probabilidad de interferencias en la disponibilidad de proteínas (por lo tanto de aminoácidos) en el tracto digestivo.

CUADRO 18.

RESULTADOS DE LA EVALUACION BIOLÓGICA DE Macrocustis purifera y Sargassum sinicola.

Dieta	PER	PER respecto a Caseína (%)	NPU	NPU respecto a Caseína (%)	\bar{x} DA
Caseína	2.31 ±0.16 ^a	100	45.09 ±1.35 ^e	100	98 ±1.00 ^j
Garbanzo	0.95 ±0.19 ^b	41.13	18.44 ±1.19 ^f	40.90	79 ±2.00 ^k
G/Mpsl al 5%	1.01 ±0.26 ^b	43.72	12.33 ±0.87 ^g	27.34	76 ±2.00 ^k
G/Mpsl al 15%	0.59 ±0.24 ^o	25.54	10.04 ±2.52 ^g	22.26	72 ±3.00 ^l
G/Mpsl al 25%	0.51 ±0.14 ^o	22.07	5.85 ±1.88 ^h	12.97	73 ±4.00 ^l
G/Sssl al 5%	1.40 ±0.05 ^d	60.60	19.83 ±0.57 ⁱ	43.98	88 ±1.00 ^m
G/Sssl al 15%	1.07 ±0.11 ^b	46.32	19.01 ±1.42 ^f	42.16	83 ±2.00 ⁿ
G/Sssl al 25%	0.77 ±0.25 ^b	33.33	18.23 ±1.50 ^f	40.43	77 ±2.00 ^k



Dietas testigo



Dietas de garbanzo con diferentes proporciones de Macrocustis purifera.



Dietas de garbanzo con diferentes proporciones de Sargassum sinicola.

Cada resultado es promedio de 10 determinaciones.

a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. (P < 0.01)

CUADRO 19.**Alimento total consumido por las ratas durante la evaluación biológica.**

<i>Dieta</i>	<i>gramos de alimento</i>
Caseína	235.07 ± 11.45 a
Garbanzo	261.98 ± 5.52 b
Mpsl al 5 %	178.10 ± 9.94 c
Mpsl al 15 %	165.10 ± 4.86 d
Mpsl al 25 %	158.70 ± 4.60 e
Sssl al 5 %	188.20 ± 4.20 f
Sssl al 15 %	187.80 ± 3.70 f
Sssl al 25 %	179.42 ± 4.40 e

Cada resultado es promedio de 10 determinaciones.

a,b,c,d,e,f Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. ($P < 0.01$)

Al determinar el porcentaje del PER de cada uno de los lotes de ratas con respecto al de caseína, se observa que la única dieta que mostró un nivel satisfactorio fue la de Sssl al 5% (60.6%), seguida por la de Sssl al 15% (46.32%). Lo anterior sugiere que la proporción adecuada de inclusión de harina de esta alga en la dieta de animales de laboratorio es del 5%.

En el cuadro 20, se dan los datos de ganancia de peso de las ratas, así como del consumo total de proteína al final de la evaluación biológica, y en las figuras 9 y 10, se pueden apreciar las gráficas obtenidas con los datos anteriores. Aquí se establece la comparación entre el aumento de peso en las ratas, por consumo de la misma cantidad de proteína (10g), proveniente de las diferentes dietas utilizadas, apreciándose que para Mpsl al 5%, el aumento fue ligeramente mayor que para el garbanzo (figura 9), mientras que el aumento de peso por consumo de 10g de proteína de las dietas con Sssl al 5% y 15%, fue mayor que el del garbanzo (figura 10). Estos resultados indican que la proporción adecuada de inclusión de harina de algas es del 5% para Macrocystis pyrifera y Sargassum sinicola y del 15% para Sargassum sinicola.

CUADRO 20.

Ganancia total de peso vs proteína total consumida para la determinación de la gráfica de PER en ratos.

Dietas	Ganancia total de peso (g)	Proteína total consumida (g)
Caseína	54.70 ±2.80 a	23.51 ±1.14 a
Garbanzo	21.48 ±1.90 b	26.28 ±0.55 b
Mpsl al 5%	18.58 ±1.80 b	17.81 ±0.99 c
Mpsl al 15%	11.48 ±2.00 c	16.51 ±0.49 d
Mpsl al 25%	7.68 ±2.50 c	15.87 ±0.46 e
Sssl al 5%	25.88 ±2.10 d	18.82 ±0.42 f
Sssl al 15%	19.98 ±1.70 b	18.78 ±0.37 f
Sssl al 25%	13.18 ±1.80 c	17.94 ±0.44 e

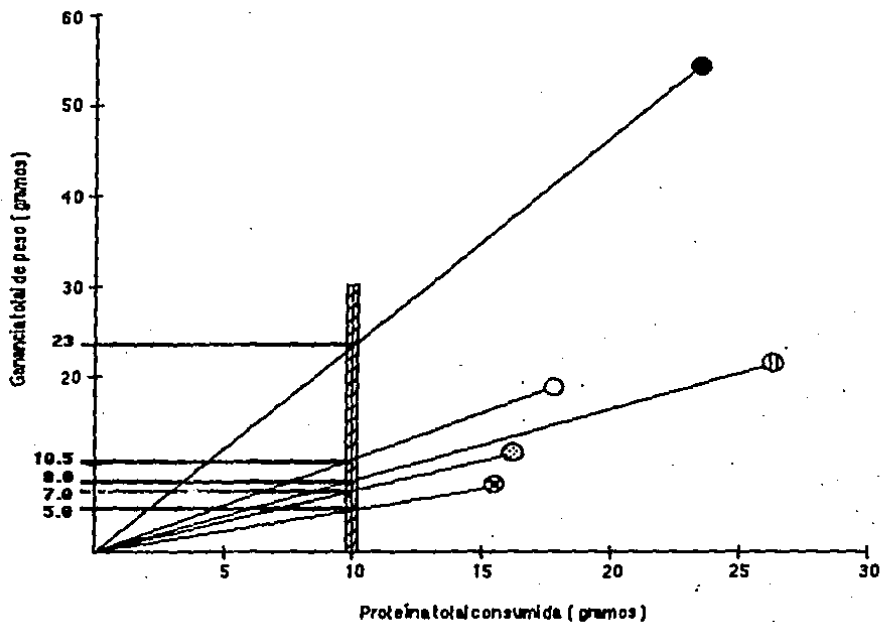
Cada resultado es promedio de 10 datos.

a,b,c,d,e,f Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. (P < 0.01)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

FIGURA 9.

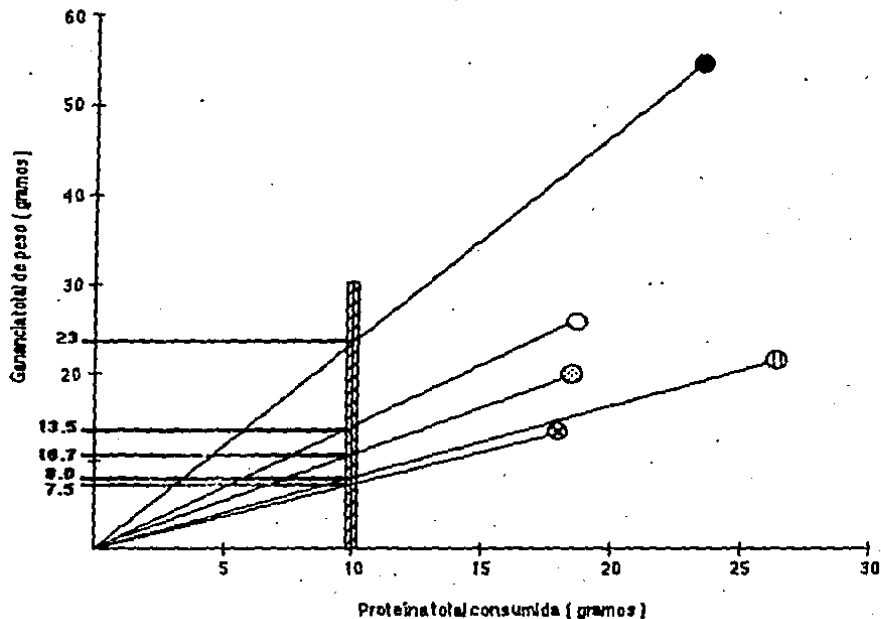
Gráfica de Relación de Eficiencia Proteica para
Macrocyctis pyrifera
(ganancia total de peso vs proteína total consumida).



- Dieta de caseína
- Ⓜ Dieta de garbanzo
- Dieta de garbanzo con 5% de *M. pyrifera*
- ⊙ Dieta de garbanzo con 15% de *M. pyrifera*
- ⊙ Dieta de garbanzo con 25% de *M. pyrifera*

FIGURA 10.

Gráfica de Relación de Eficiencia Proteica para Sargassum sinicola (ganancia total de peso vs proteína total consumida).



- Dieta de caseína
- Ⓜ Dieta de garbanzo
- Dieta de garbanzo con 5% de S. sinicola
- ⊗ Dieta de garbanzo con 15% de S. sinicola
- ⊙ Dieta de garbanzo con 25% de S. sinicola

Por otra parte, los datos de NPU muestran lo siguiente :

a) Todas las dietas elaboradas con *Macrocystis pyrifera* provocaron la obtención de valores de NPU menores que el obtenido para la dieta con harina de garbanzo. Cabe señalar que los valores de NPU son más dependientes de la disponibilidad de las proteínas que los valores de PER, por lo que los valores de NPU para esta alga confirman las posibles razones por las cuales hubo una disminución en el valor de estos datos.

b) Los taninos contenidos en *Macrocystis pyrifera* posiblemente también influyeron en la disponibilidad y utilización de las proteínas en estas dietas.

c) La dieta con 5% de *Sargassum sinicola* mostró un valor de NPU ligeramente mayor al del garbanzo, según se observó con el análisis de varianza, confirmando que sí hubo beneficio al incluir en la dieta esta proporción de algas.

d) Las dietas con 15% y 25% de *Sargassum sinicola* mostraron valores de NPU muy parecidos al del garbanzo, según el análisis de varianza, pudiendo decirse que la inclusión de estas proporciones de algas a las dietas no perjudica a los animales.

Al determinar el porcentaje de NPU de las diferentes dietas respecto al de caseína se observa que, aunque no son muy elevados, las dietas con 5% y 15% de Sssl mostraron los valores más elevados (43.98% y 42.16%, respectivamente), sugiriendo que éstas son las proporciones adecuadas de inclusión de harina de *Sargassum sinicola* en la ración diaria de animales de laboratorio.

En forma general, la digestibilidad de las dietas con las algas disminuyó al aumentar su proporción en el alimento, posiblemente debido a la naturaleza de la fibra en estas plantas, a la naturaleza de los componentes existentes en esas algas (ácido alginico) o en el caso de *Macrocystis pyrifera* a su alto contenido de taninos (11,39).

Además, como se puede ver en el cuadro 18, los valores de la digestibilidad de *Sargassum sinicola* al 5% y 15% (88 y 83 %, respectivamente), fueron ligeramente mayores que el presentado por el garbanzo (79 %). Estos resultados confirman que las proporciones adecuadas de inclusión de harina de *Sargassum sinicola* en la ración diaria de animales de laboratorio son del 5% y 15% .

En el cuadro 21 y las figuras 11 y 12, se observa el comportamiento de los diferentes lotes experimentales, en cuanto a la utilización de la proteína. En este caso, al haber consumido 2 g de nitrógeno proteico, los animales alimentados con las diferentes dietas experimentaron un grado de retención de nitrógeno diferente, lo cual dependió en gran medida de la disponibilidad biológica de las proteínas en la dieta, o bien de la cantidad de sustancias presentes en dichas dietas que pudieran haber interferido con el aprovechamiento de los aminoácidos, como es el caso del elevado contenido de taninos en *Macrocystis pyrifera* (la cantidad de taninos varió significativamente al aumentar la proporción de esta alga en las dietas, y pudo haber interferido con el aprovechamiento de los nutrimentos), presentando valores de nitrógeno retenido menores al del garbanzo (0.28g). Mientras que *Sargassum sinicola* presentó valores de 0.48 y 0.38 g de nitrógeno retenido al consumir las ratas 2 g de las proporciones del 5% , 15% y 25% de Sssl , respectivamente (figura 12) .

Dichas curvas, muestran que al consumir las dietas con *Macrocystis pyrifera* en diferentes proporciones, los animales retuvieron menos cantidad de nitrógeno que los de la dieta con garbanzo, haciendo ver que esta alga interfirió con el aprovechamiento de nutrimentos (figura 11). Por su parte, en forma general, solo los animales alimentados con *Sargassum sinicola* al 5% experimentaron una retención de nitrógeno mayor que los animales alimentados con dieta de garbanzo (figura 12) , lo que sugiere que es factible incluir 5% de esta alga en la ración de animales.

CUADRO 21.

Nitrógeno total retenido vs nitrógeno total ingerido para la determinación de la gráfica de NPU en ratos.

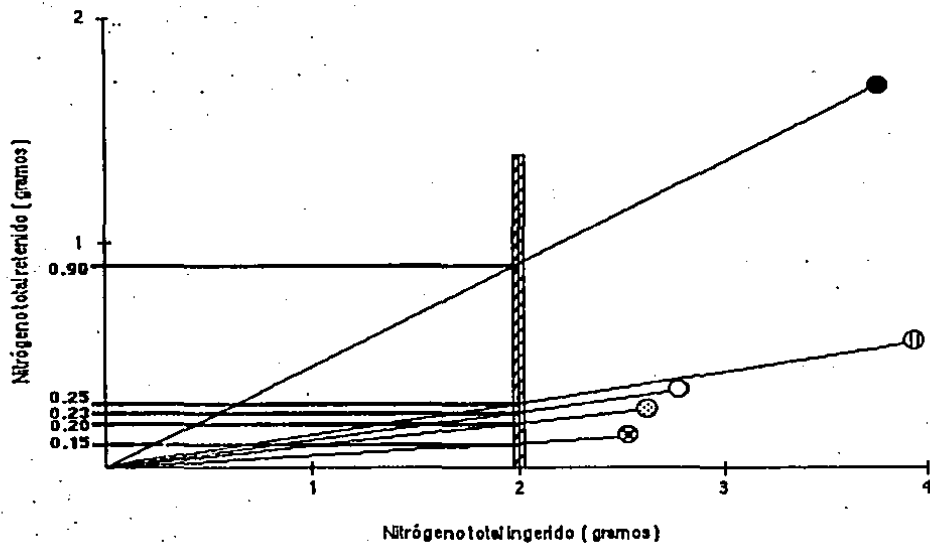
Dietas	Nitrógeno total retenido (g)	Nitrógeno total ingerido (g)
Caseína	1.70 ±0.06 a	3.76 ±0.18 a
Garbanzo	0.59 ±0.07 b	4.19 ±0.09 b
Mpsl al 5%	0.35 ±0.08 c	2.85 ±0.16 c
Mpsl al 15%	0.27 ±0.07 c	2.64 ±0.08 d
Mpsl al 25%	0.15 ±0.08 d	2.54 ±0.07 e
Ssxl al 5%	0.60 ±0.03 b	3.01 ±0.07 f
Ssxl al 15%	0.57 ±0.04 b	3.08 ±0.06 f
Ssxl al 25%	0.52 ±0.04 b	2.87 ±0.07 e

Cada resultado es promedio de 10 datos.

a, b, c, d, e, f Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. (P < 0.01)

FIGURA 11.

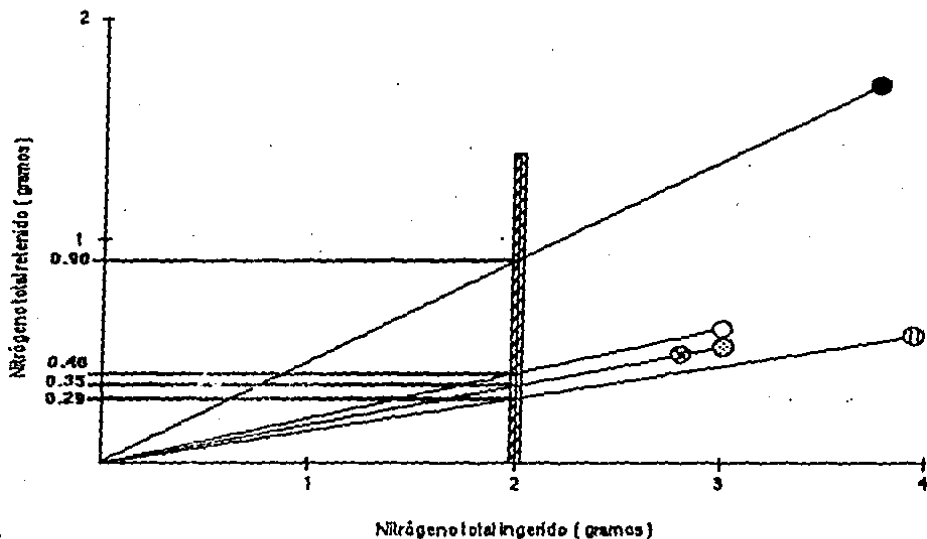
Gráfica de Utilización Neta de Proteína para Macrocyctis pyrifera
(Nitrógeno total retenido vs Nitrógeno total ingerido).



- Dieta de caseína
- ⊕ Dieta de garbanzo
- Dieta de garbanzo con 5% de M. pyrifera
- ⊗ Dieta de garbanzo con 15% de M. pyrifera
- ⊙ Dieta de garbanzo con 25% de M. pyrifera

FIGURA 12.

Gráfica de Utilización Neta de Proteína para Sargassum sinicola
(Nitrógeno total retenido vs Nitrógeno total ingerido).



- Dieta de caseína
- ⊕ Dieta de garbanzo
- Dieta de garbanzo con 5% de S. sinicola
- ⊗ Dieta de garbanzo con 15% de S. sinicola
- ⊙ Dieta de garbanzo con 25% de S. sinicola

En el cuadro 22 , se dan los datos de peso corporal de las ratas durante la evaluación biológica, y en las figuras 13 y 14, se pueden comparar las curvas de crecimiento de estos animales con las diferentes dietas. En estas figuras se dan los valores de la pendiente global de cada una de las curvas, mostrando de forma palpable que en el caso de *Mactocystis pyrifera* , todas las dietas con diferentes proporciones de harina de esta alga, contienen una proteína de menor calidad que la de garbanzo y caseína.

Durante la segunda semana, se observó que los animales alimentados con *Macrocystis pyrifera* al 25%, experimentaron ligeras reducciones de peso, para finalmente, en la tercera y cuarta semanas recuperar el peso perdido y aumentar por encima de 7 g. su peso inicial (cuadro 23). Esto se debió posiblemente, a que el ácido algínico de *Macrocystis pyrifera* , ejerció un efecto parecido al de las dietas bajas en calorías, o bien , causó sensación de saciedad, lo cual hizo que los animales bajo esta dieta, no consumieran los nutrimentos que requieran para su crecimiento.

Para *Sargassum sinicola* , la pendiente global de las curvas de crecimiento de las dietas con 5% y 15% de harinas de esta alga, fue mayor que la del garbanzo, sugiriendo entonces que la proteína proveniente de esta dieta es ligeramente de mejor calidad.

CUADRO 22.

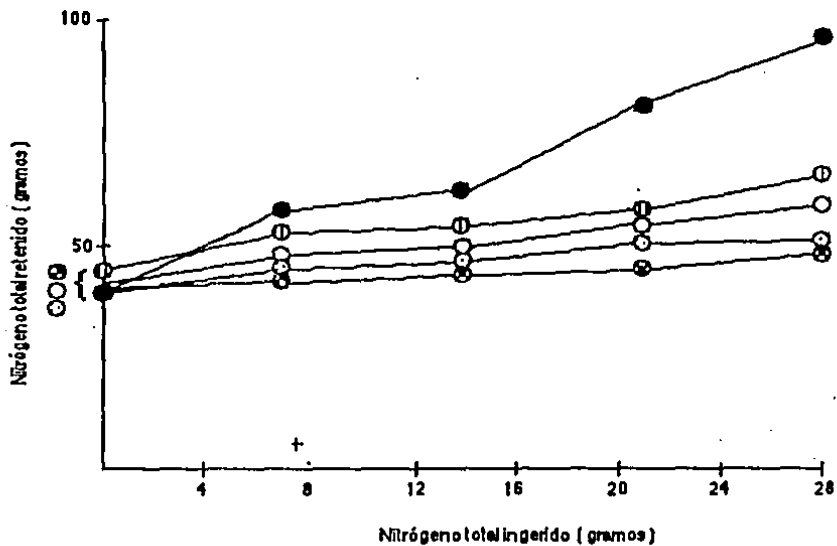
Gancia de peso de las ratas vs tiempo para determinar la curva de crecimiento.

Dieta	Peso Corporal (gramos)	Tiempo (días)
Caseína	39.70 ±3.56	0
	56.18 ±3.70	7
	62.80 ±3.74	14
	78.50 ±4.01	21
	94.40 ±5.53	28
Garbanzo	44.50 ±7.38	0
	53.87 ±7.28	7
	54.20 ±7.07	14
	57.50 ±7.30	21
	65.90 ±7.95	28
Mpsl al 5 %	48.10 ±3.07	0
	48.98 ±3.54	7
	49.78 ±3.06	14
	54.40 ±3.06	21
	58.60 ±3.68	28
Mpsl al 15 %	39.90 ±3.70	0
	47.72 ±3.46	7
	47.10 ±4.15	14
	50.40 ±3.26	21
	51.30 ±3.49	28
Mpsl al 25 %	48.40 ±3.37	0
	45.48 ±3.59	7
	44.00 ±3.72	14
	44.68 ±3.37	21
	48.00 ±3.33	28
Sosl al 5 %	42.40 ±2.41	0
	52.50 ±2.23	7
	57.30 ±2.43	14
	62.54 ±2.69	21
	68.20 ±2.48	28
Sosl al 15 %	42.00 ±2.94	0
	51.60 ±3.15	7
	55.10 ±3.41	14
	58.40 ±3.42	21
	61.90 ±2.68	28
Sosl al 25 %	41.60 ±2.55	0
	50.90 ±2.49	7
	51.90 ±2.58	14
	53.20 ±2.69	21
	54.70 ±2.97	28

Cada resultado es promedio de 10 datos.

FIGURA 13.

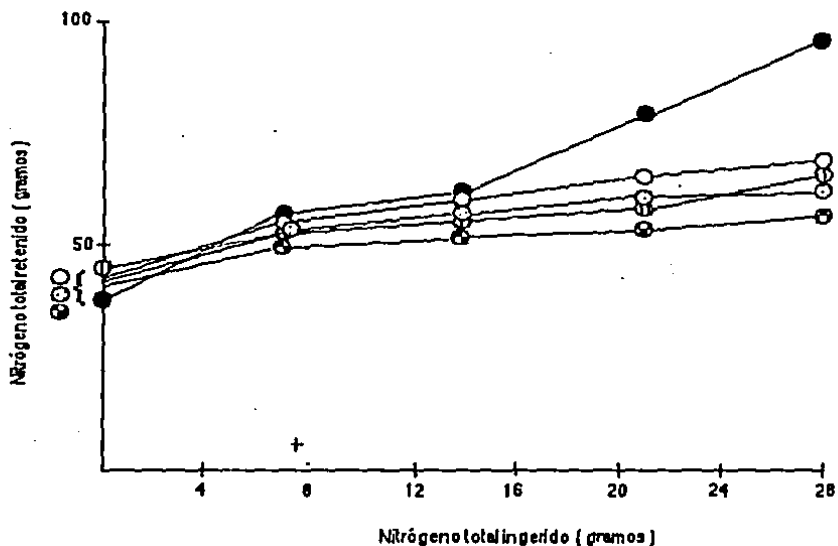
Curvas de crecimiento de los animales sometidos a la evaluación biológica para Macrocystis pyrifera.



- Dieta de caseina $m = 1.88$ $b = 39.61$ $p_{max.} = (28, 92.5)$
- ⊖ Dieta de garbanzo $m = 0.66$ $b = 45.91$ $p_{max.} = (28, 64.48)$
- Dieta de garbanzo con 5% de *M. pyrifera* $m = 0.61$ $b = 41.87$ $p_{max.} = (28, 58.84)$
- ⊕ Dieta de garbanzo con 15% de *M. pyrifera* $m = 0.36$ $b = 42.19$ $p_{max.} = (28, 52.38)$
- ⊗ Dieta de garbanzo con 25% de *M. pyrifera* $m = 0.21$ $b = 41.63$ $p_{max.} = (28, 47.39)$

FIGURA 14.

Curvas de crecimiento de los animales sometidos a la evaluación biológica para Sargassum sinicola.



- Dieta de caseína $m = 1.88$ $b = 39.81$ $p_{max.} = (28, 92.5)$
- Dieta de garbanzo $m = 0.66$ $b = 45.91$ $p_{max.} = (28, 64.48)$
- Dieta de garbanzo con 5% de S. sinicola $m = 0.88$ $b = 44.26$ $p_{max.} = (28, 68.92)$
- ⊕ Dieta de garbanzo con 15% de S. sinicola $m = 0.67$ $b = 44.48$ $p_{max.} = (28, 63.12)$
- ⊕ Dieta de garbanzo con 25% de S. sinicola $m = 0.41$ $b = 44.76$ $p_{max.} = (28, 56.16)$

CUADRO 23.**Ganancia total de peso de las ratas alimentadas con distintas dietas al término de la evaluación biológica.**

Dieta	Ganancia total de peso (g) corporal
Cascina	54.70 ± 2.80 a
Garbanzo	21.40 ± 1.90 b
Mpsl al 5%	18.50 ± 1.80 b
Mpsl al 15%	11.40 ± 2.00 c
Mpsl al 25%	7.60 ± 1.50 c
Sasl al 5%	25.80 ± 2.10 d
Sasl al 15%	19.90 ± 1.70 b
Sasl al 25%	13.10 ± 1.80 c

Cada resultado es promedio de 10 datos.

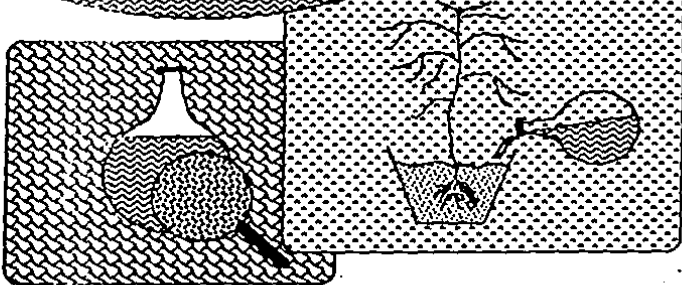
a,b,c,d Datos con letras iguales son estadísticamente iguales. (P < 0.01)

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES



VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones.

En base a los resultados de este estudio, se puede decir que *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* no son una buena fuente de proteínas, ya que son deficientes en algunos aminoácidos respecto al patrón FAO/OMS 1973, siendo sus limitantes: Isoleucina para *Macrocystis pyrifera* y metionina para *Sargassum sinicola*; pero en cambio, son abundantes en minerales y carbohidratos, aunque estos últimos se encuentran principalmente en forma de gomas o hidrocoloides, que no son fácilmente digeribles por los humanos.

Por su parte, *Macrocystis pyrifera* no es influida significativamente en su composición química por el lavado, rechazando la hipótesis a. Es una buena fuente de fósforo, calcio, sodio y potasio. Además, en relación a algunos alimentos de origen vegetal, resulta una buena fuente de aminoácidos como lisina, fenilalanina-tirosina, leucina, valina y triptofano, indispensables para consumo humano y glicina e histidina que son indispensables para consumo animal. Su digestibilidad en rumiantes es buena en comparación con la de algunos otros alimentos vegetales. Sin embargo, su alto contenido de taninos y de gomas (ácido algínico) reducen su valor nutricional, lo que se refleja al incluir proporciones del 5, 15 y 25 % de harina de esta alga en la dieta de animales de laboratorio, con lo que se obtienen valores de PER, NPU y DA muy bajos respecto a los de caseína. Estas sustancias interfieren en la determinación de la proporción adecuada de inclusión de la harina de esta alga en la dieta de animales, por lo que se sugiere que dicha proporción sea del 5 %.

Sargassum sinicola se ve afectada significativamente por el lavado (confirmando la hipótesis a), sobre todo en su contenido de calcio, sodio y potasio. No obstante, esta alga lavada resulta ser una buena fuente de fósforo, sodio, potasio y magnesio, mientras que sin lavar, para consumo animal es una buena fuente de estos minerales y de calcio. Su contenido en lisina, fenilalanina-tirosina, treonina y triptofano la hacen ser un buen complemento alimenticio vegetal para consumo humano; su contenido en histidina y arginina la favorecen como un buen complemento en la alimentación animal. Aunque su digestibilidad es ligeramente menor que la de algunos otros alimentos vegetales de consumo común, el hecho de no contener factores antinutricionales ayudan a que su valor nutricional no se reduzca; este hecho se comprobó al incluir diferentes proporciones de harina de esta alga en la dieta de animales de laboratorio (5, 15 y 25%), obteniéndose valores de PER, NPU y DA ligeramente mayores que los de la dieta patrón (harina de garbanzo) para las proporciones del 5 % y 15 %, resultando ser las proporciones adecuadas de inclusión de harina de esta alga en la dieta; con estos resultados se confirma la hipótesis b.

6.2 Recomendaciones.

a) Para consumo humano, es necesario someter a las algas a la operación de lavado, ya que, debido al medio en que se encuentran, es fácil su contaminación por cualquiera de los factores mencionados durante la introducción.

b) Para consumo animal, es recomendable el uso de estas algas sin lavar.

c) Se recomienda realizar la prueba de digestibilidad *in situ* e *in vitro* con *Sargassum sinicola* habiéndolo sometido a los animales experimentales a un período de adaptación adecuado.

d) Es necesario medir la digestibilidad aparente de cada uno de los nutrimentos presentes en *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola*, en rumiantes.

e) Se recomienda la realización de una evaluación biológica con estas algas en rumiantes.

f) Resulta recomendable realizar otras evaluaciones biológicas utilizando a *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* combinadas entre sí o con otras especies de algas, complementando a otros alimentos de mayor valor nutricional que la harina de garbanzo.

g) Se recomienda la adición de aminoácidos a las algas para compensar la cantidad de los limitantes y así mejorar su calidad nutritiva.

h) Se recomienda evaluar el tratamiento de las algas por medio de enzimas, para mejorar su digestibilidad y calidad nutritiva.

i) Se sugiere determinar y cuantificar la presencia de vitaminas u otros componentes en estas algas (ver literatura citada y recomendada), de esta forma se podrá determinar si estas algas pueden ser explotadas a nivel industrial.

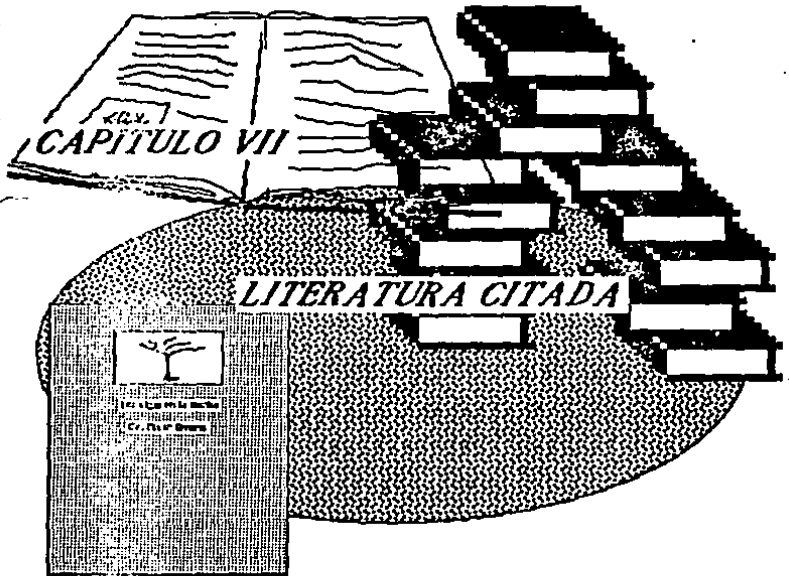
j) Se recomienda someter a las algas a algunos tratamientos adicionales como desalado, escaldado, enlatado, etc. para mejorar su digestibilidad y aceptabilidad por parte de los seres humanos.

k) Se recomienda ampliar el estudio sobre la posible aplicación de *Macrocystis pyrifera* en productos dietéticos.

l) Se recomienda realizar estudios microbiológicos en estas y otras especies de algas.

m) Se invita a alguna empresa a considerar la explotación de estas u otras algas a nivel industrial, con tecnología aplicada para el beneficio de México.

n) Es necesario que en el país se realicen otros estudios más amplios sobre este tipo de recursos, para así poderlos explotar adecuadamente.



VII. LITERATURA CITADA.

- (1) Abrams, J.T.: Nutrición Animal y Dietética Veterinaria. Ed. Acribia. Zaragoza, España, 1965.
- (2) Agenda de Pesca. Secretaría de Pesca, México 1985.
- (3) Agricultural Research Council : Necesidades Nutritivas de los Animales Domésticos. II. Rumiantes. Ed. Academia León. España, 1968.
- (4) Aldworth, S.J. y Van Staden, J.: The Effect of Seaweed Concentrate on Seedling Transplants. S. AFR. J. BOT. **53**(3) : 187-189, Republic S. Afr. (1987).
- (5) American Chemistry Society: Seaweed Chemical Balms Ulcers. Chemical and Engineering News. **37** (38):37-38 (1959).
- (6) Ander, P. y Sonnessa, A.J.: Principios de Química. Introducción a los Conceptos Teóricos. Ed. Limusa. 707- 709. México, 1985.
- (7) Anderson, M.R. y Kalff, J. : Nutrient Limitation of Myriophyllum spicatum Growth in situ . FRESHWATER BIOL. **16** (6): 735-744, Canada (1986).
- (8) AOAC. Official Methods of Analysis. Washington, D.C. método 26.113:341 (1975).
- (9) Asif, M.: Use of a Protein Biomass from Marine Algae in Feeding of Broiler Chickens. Ref. Z. Inst. Vet. Leningrado **58** (67) : 88-92 (1983).
- (10) Ayala, C.A.: Las Ciencias del Mar y el Desarrollo de México. En : Ciencia y Desarrollo. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología **43** : 21 (1983).
- (11) Badui, S.: Química de los Alimentos. Alhambra. México, 1981.
- (12) Pautbalanov, K.A.: Conservas de Subproductos Marinos. Kh. **35** (5) : 57-61. Rybnoe, 1959.
- (13) Barragán, M.D.: Efecto y Evaluación del Alga Espirulina (Spirulina selecta) como Fuente de Proteína para Rumiantes. Tesis Lic. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. México 1975.
- (14) Bates, S.B. y Cota, G.F. : Fluorescence Induction and Photosynthetic Responses of Arctic Ice Algae to Sample Treatment and Salinity . J. PHYCOL. **22** (4) :421-429 (1986).
- (15) Beckman Ins.: Manual Beckman de Técnicas. Spinco Div. Beckman Ins. Inc. 94 , 304. Palo Alto, California. Junio, 1979.

- (16) Belkhir, M. : Dynamics of Algal Populations in the Lake of Tunis. BULL. INST. NATL. SCI. TECH. OCEAN. PECHE SALAMMBO. 11(0): 41-70 (1984).
- (17) Bell, R.A., Athey, P.V. y Sommerfeld, M. R. : Cryptoendolithic Algal Communities of the Colorado Plateau. J. PHYCOL. 22(4):429-435, USA (1986).
- (18) Bentley, K.W.: The Alkaloids. Wiley, N.Y., 1957.
- (19) Blackburn, S.: Aminoacid Determination. Methods and Techniques. MDI Dekker, England, 1968.
- (20) Bo Göhl.: Piensos Tropicales. Colección FAO: Producción y Sanidad Animal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 12. Roma, 1982.
- (21) Boisset, F. : Contribution on the Study of Algae from the Eastern Coast of Spain. ACTA BOT. MALACITANA. II(0) : 3-8, Spain (1986).
- (22) Bold, H.C.: El Reino Vegetal. 2a edición. UTHEA, México 1980.
- (23) Bourges, R.H.: Las Leguminosas en la Alimentación Humana. 2a parte. En: Cuadernos de Nutrición. INNSZ. Conasupo y E.I. 10 (2): 17-23 (1987).
- (24) Bratova, K. y Ganovski, Kh.: Chemical Composition of the Most Common Black Sea Algae and Their Effect on Egg Production in Hens. Vel. Nauk 20 (7): 83-88 (1983).
- (25) Braverman, J.B.S. y Berk, Z.: Bioquímica de los Alimentos. Ed. El Manual Moderno, México, 1980.
- (26) Cnizozzi, M., Bonic, B.G., Baherley, V.M., Matus, R. y Zambrano, M.K. : Using Seaweed as a Matric Device for Slow Release Fertilizers : I. Study of the Behavior of the Macrocyctis pyrifera. Phosphorus System. AN. EDAFOL AGROBIOL. 44 (11/12) : 1717-1726, Chile (1985).
- (27) Casas, V.M.: Cuantificación y Caracterización Parcial de Alginatos de algunas Especies de Algas Feofitas de las Costas de México. Inf. Mar. CICIMAR. 2 (1): 46 - 57 (1985).
- (28) Casas, V.M. : Uso del Alga Macrocyctis pyrifera como Complemento Alimenticio para Aves de Engorda. CICIMAR. Contribución técnica.
- (29) Casas, V.M., Hernández, C.G., Torres, V.J. y Sánchez, R.F.: Evaluación de Mantos de Macrocyctis pyrifera "Sargazo gigante" en la Península de Baja California. (verano 1982). CICIMAR. 2(1) : 1-17 (1985).

- (30) Carbayo, R.E.: Chemical Composition of the Algae Used as Fertilizers in Rio Grande. Annals Assoc. Brazil Quím. 12: 181-187 (1953).
- (31) Castelló, Y.T. y Piña, L.I. : Presencia de la Comida Prehispánica. Fomento Cultural Banamex A.C. México, 1987.
- (32) Centro de Comercio Internacional.: Estudio Piloto sobre la Industria y el Comercio Mundiales de Algas. UNCTAD/GATT. Ginebra, 1981.
- (33) Centro de Investigación de Biología Marina: Características del Secado de las Algas, Especie Macrocystis pyrifera . Contribución técnica No.6. Buenos Aires, Dic. (1978).
- (34) Centro de Investigación de Biología Marina: Algas Marinas Bentónicas como Suplemento en la Alimentación Animal. III. Ensayos con Bovinos. Revisión bibliográfica. CIBM, 15-17 (1979).
- (35) Chang, M. y Jaelt, S.: A Study on the Phytoplankton of the Yellow Sea (Korea) in Spring, 1984. Ocean Res. 8 (1): 1-12, Seoul (1986).
- (36) Chapman, V.J. : Seaweeds and Their Uses . 2nd. edition. Methuen and Co., L.F.D. London , 1970.
- (37) Chavan, J.K., Kadam, S.S., Ghonsikar, C.P. y Solunkhe, D.K.: Removal of Tannins and Improvement of in vitro Protein Digestibility of Sorghum Seeds by Soaking in Alkali. J.Food Sci. 44 : 1319 - 1321 (1979).
- (38) Chávez, A. : La Alimentación y los Problemas Nutricionales. Div.de Nut. INNSZ 1-39 : 1 - 43 (1982).
- (39) Choi, Jin-ho, Jae-sue choi, Dae-sesk Byun y Dal-sun Yang. : Basic Studies on the Development of Diet for the Treatment of Obesity. II. Comparison of the Inhibitory Effect of Algae and Crude Drug Components on Obesity . BULL KOREAN FISH SOC. 19 (5) : 485-492, Korea (1986).
- (40) Coln, E.E.: Cyanogenic Glycosides. J. Agric. Food Chem. 17 (3): 519 USA, 1969.
- (41) Cooperativas Pesqueras : Organo Informativo. Importante Estudio sobre las Algas Marinas. Secretaría de Pesca, 24 (3). 1987.
- (42) Correa, J., Noaczek, I. y Mc. Lachlan, J. : Effect of Temperature and Day Length on Morphogenesis of Scytosiphon lomentaria (Scytosiphonales, Phaeophyta) from Eastern Canada . Phycol. 25 (4) : 469-475 (1986).

- (43) Coulson, C.V.: Aminoacid of Marine Algae. Chem. and Ind. 16.(7): 971-972. 1973.
- (44) Coutinho, R. y Ulrich, S. : Seasonal Occurrence and Growth of Benthic Algae in the Patos Lagoon Estuary, Brazil. ESTUARINE COASTAL SHELF SCI. 23 (6) : 889-900, USA (1986).
- (45) Coyer, J.A. : The Mollusk Assemblage Associated with Fronds of Giant Kelp (*Macrocystis pyrifera*) off Santa Catalina Island, California. BULL. SOUTH CALIF. ACAD. SCI. 85(3): 129-138, USA (1986).
- (46) Cronquist, A.: Introducción a la Botánica. 2a edición. Compañía Editorial Continental S.A., México, 1977.
- (47) Czezcuga, B. y Taylor, F.J. : Carotenoid Content in some Species of the Brown and Red Algae from the Coastal Area of New Zealand. Biochem. Syst. Ecol. 15(1):5-8, Polonia (1987).
- (48) Davis, G.J., Bradshaw, H.D., Brinson, M.M. y Lekson, G. M.: Salinity and Nutrient Dynamics in Jacks, Jacobs and South Creeks in North California. J. Elisha Mitchell Sci. Soc. 101 (2): 37 - 51, USA (1985).
- (49) Dawes, C.J.: Physiological Ecology of Two Species of *Sargassum* on the West Coast of Florida. Bull. Mar. Sci. 40.(2) : 198-209 Tampa, 1987.
- (50) Dawson, Y.E.: How to Know the Seaweeds. W.M.C. 1966.
- (51) Dawson, Y.E.: Marine Botany. An Introduction. Richard and Winston. USA. 1966.
- (52) D.C.T.A., D.N.E.C.A.: Manual de Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. INNSZ. P.L. 63, 153 - 157. México, 1984.
- (53) Deysher, I.E. y Dean, T.A.: Interactive Effects of Light and Temperature on Sporophyte Production in the Giant Kelp *Macrocystis pyrifera*. Mar. Biol. 23 (1) : 17-20 USA, 1984.
- (54) Deysher, I.E. y Dean, T.A. : In situ Recruitment of Sporophytes of the Giant Kelp, *Macrocystis pyrifera* (L.) C.A. Agardh : Effects of Physical Factors. J. EXP. MAR. BIOL. ECOL. 103(1-3):41-64, Encinitas, Calif. (1986).
- (55) Díaz-Piferer, M.: Taxonomía, Ecología y Valor Nutricional de Algas Marinas Cubanas. II. Utilización de Algas en la Alimentación de Aves. Instituto Cubano de Investigación Tecnológica. 16: 1-87 (1960).

- (56) Dirección General de Planeación Informática y Estadística : Diagnóstico de las Principales Pescas Tradicionales de Exportación. Algas Marinas y Sargazos. DGPPE, 5 (9) : 85-94 (1979).
- (57) Domínguez, X.A.: Método de Investigación Fitoquímica. Ed. Limusa, México, 1973.
- (58) Duckworth, J.: Value of Certain Agricultural Marine and Industrial Products and By-products in Lifestock Feeding. J.Sc.Food.Ag.G., 27(12):177-185 (1985).
- (59) Duce, A.L.: Características del Secado de Algas. Especie *Macrocystis pyrifera*. Centro de Investigación de Biología Marina. Contribución técnica 6. Buenos Aires, 1978.
- (60) Durand-Chastel, H. : Algas Alimenticias. Información Científica Tecnológica, CONACYT, 4 (62), México, 1982.
- (61) El-Shayeb, N.M.A. y Mabrouk, S.S.: New Strategies in Search of Control of Aflatoxin Formation in Poultry Feeds by Marine Algae. Nutrition Reports Internat. 32 (5): 1021-1027 Egypt, 1985.
- (62) Embong, W.M. y Ravof, A.A.: Investigation of Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) as a Lume Forage. In: Feedingsuffs for Livestock in South East Asia. Devendra C., Hutagalung R.I. 51 (3): 75 - 85 (1981).
- (63) Eston, V.R.: Vertical Distribution of Benthic Marine Organisms on Rocky Coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). Bol.Inst.Ocean. 34 (0) : 37-54 (1986).
- (64) Extramural Research: Algal Chemistry. Algal Polysaccharides. Inst. of Seaweed Research 1959: 12-13.
- (65) Feigl, F. y Vinzenz, A.: Pruebas a la Gota en Análisis Inorgánico. El Manual Moderno. México, 1980.
- (66) Fernández, M.J.: Cuantificación de Taninos en Muestras de Sorgo (*Sorghum vulgare*) procedentes de varios Estados de la República Mexicana. Tesis Lic.Fac.de Med. Vet y Zoot.UNAM. México, 1983.
- (67) Fertig, D.S.: Las Algas como Alimento. Centro de Investigación de Biología Marina. Contribución técnica 10: 5-28. Buenos Aires 1976.
- (68) Finna, L.R., Teresa, G.W. y Bartley, E.E.: An Artificial Rumen Technique for Studying Rumen Digestion *in vivo*. J. Anim.Sci. 17: 667 (1958).
- (69) Fritz, J.S. y Schenk, G.H.: Química Analítica Cuantitativa. Ed. Limusa. 3a edición, México, 1979.

- (70) Gaxiola, G.C. y Alvarez, S.B. : Photosynthesis- Irradiance Relationship for Winter Phytoplankton in Pacific waters off Mexico. OCEANOL ACTA 2(4) : 497-502, Ensenada, Baja California (1986).
- (71) Gerlach, S.A. : Trends of Winter Water Nutrient Concentrations, and Data for a Nutrient Budget of Kieler Bight. MEER 31(2) : 153-174, Germany (1986).
- (72) Glicksman, M.: Gum Technology in the Food Industry. Academic Press, N.Y. 1969.
- (73) Goldsborongh, L.G. y Robinson, G.G.C. : Changes in Periphytic Algal Community Structure as a Consequence of Short Herbicide Exposures. HYDROBIOL 139(2) : 177-192, USA (1986).
- (74) Grandi, A., Battaglini, M. y Costantini, F.: Alternative Feed Sources for Rabbits. Conjelicultura 23(6) : 42-45 (1986).
- (75) Guzmán del Proo, S.: Las Algas Marinas como Recurso Explotable en México. CICIMAR 7(13) : 130 (1967).
- (76) Guzmán del Proo, S., Casas, V., Díaz, C. y Díaz, L.: Diagnóstico sobre las Investigaciones y Explotación de las Algas Marinas en México. CICIMAR 3: 11-18 (1986).
- (77) Guzmán del Proo, S., de la Campa, J.L. y Granado, G.: El Sargazo Gigante y su Explotación en B.C. Sociedad Mexicana de Historia Natural 32: 15-49, México, 1971.
- (78) Haritonidis, S., Nicolaidis, G. y Tsekos, I. : Seasonal Variation in the Biomass of Marine Macrophyta from Greek Coasts. MAR ECOL 7(4): 359-370 (1986).
- (79) Harrow, B. y Mazur, A.: Tratado de Bioquímica. Ed. Interamericana, 288-289. México, 1957.
- (80) Hernández, C.G.: Variación Estacional del Contenido de Alginatos de Tres Especies de Fecfitas en Baja California Sur. Centro Interdisc. de Ciencias Marinas 2(1): 29-45 (1985).
- (81) Hernández, M., Chávez, A. y Bourges, H.: Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. Tablas de Uso Práctico. Publ. D.N. INNSZ 1-12. 10a edición. México, 1987.
- (82) Hoic, J.: Experiments with Algae Flour in Rations of Animals. J. Of. Agr. 35: 121-169. 1966.

- (83) Horowitz, R.M.: Biochemistry of Phenolic Compounds. Academic Press, Londres, 1964.
- (84) Hughes, J.M.R. : The Relations Between Aquatic Plant Communities and Lake Characteristics on MacQuaire Island (South Pacific Ocean). N.Z.J.BOT. 24 (2) : 271-275. Australia (1986).
- (85) Ikehara, K. y Osamu, S.: Distribution and Species Composition of Floating Seaweeds collected in the Sado Straits of the Sea of Japan. Bull. Jpn. Sea Reg. Fish. Res. Lab. 0(36): 59-76 (1986).
- (86) Instituto Mexicano de Comercio Exterior: Anuario Estadístico 1970-1980. IMCE. México 1981.
- (87) Jaffé, L.A.: Hemagglutinins. In: Toxic Constituents of Plants Foodstuffs. 2nd edition. Academic Press, 73-98, USA, 1970.
- (88) Jensen, A.: The Nutritive Value of Seaweed Meal for Domestic Animals. In: Nisizawa K. Proc. Intl. Seaweed Symp. 7: 7-14 (1972).
- (89) Johnston, H.W.: The Biological and Economic Importance of Algal. Part 2. Botany Dep. Victoria University of Wellington. 14 30 - 63 (1980).
- (90) Jones, A.S.: The Effect of Mechanical Processing of Grass on the Nutritive Value of Forage for Ruminants and the Degradability in the Rumen. In: Forage Protein Conservation and Utilization. Griffiths TV, Maguire MF Commission of the European communities 1982 : 47-54.
- (91) Kakade, M.L.: Determination of Trypsin Inhibitors Activity of Soy Products. Cereal Chem. 51 (3): 376-382 (1974).
- (92) Kamnev, A.N., Zolotukhina, Y.E. y Burdin, K.S. : Age-related Changes in some Physiological Characteristics of the Brown Alga Sargassum patulum. FIZIOL. RAST. 33(5) : 930-934, Moscu (1986).
- (93) Kann, E. : Could Benthic Algae be Used as Water Quality Indicators. ARCIL HYDROBIOL. SUPPL. 73(3) : 405-424, Germany (1986).
- (94) Khafaji, A.K. : Alginate and Laminarin Composition of some Brown Algae from Red Sea near Jeddah, Saudi Arabia. PARK. J. BOT. 18 (2): 351-354 (1986).
- (95) Kim, E.A., Lee, H.B. y Lee, I.N. : Marine Algal Vegetation of Samchonpo, South Coast of Korea. KOREAN J. BOT. 29(3): 175-184, Seoul (1986).

- (96) Klein, S.: New Antitubercular Substance. Inf Pharmacy. New Jersey, 1963.
- (97) Komatsu, T. y Hidea, K.: Diurnal Changes of pH Distribution and the Cascading of Shore Water in a Sargassum Forest. J. Ocean. Soc. Jpn. 42 (6) : 447-458 (1986).
- (98) Krumel, K.L.: Flow Properties of Gums. Useful to the Food Industry. Food Tech. 29 (4): 36-45 (1975).
- (99) Kurogi, M.: Recent Laver Cultivation in Japan. Fishing News Internat. July/Sept: 4-8 (1963).
- (100) Larsen, B. : The Distribution of Iodine and Other Constituents in Stipe of Laminaria hyperborea. Botánica Marina 2 (34): 250-254. Londres, 1961.
- (101) Leuring, H.S.: Marine Algae. A Survey of Research and Utilization. Cruyter and Co. 1970.
- (102) Lewis, E.J. y Gonzalves, E.A.: Studies on the Free Amino Acid Content of some Marine Algae from Bombay. Biological Sciences 28 46: 1-5 (1959).
- (103) Lipstein, B. y Talpaz, H.: Sewage-grown Algae as a Source of Pigments for Broilers. British Poultry Science 25 (2): 159-165 Israel, 1984.
- (104) Littler, M.M., Taylor, P.R. y Littler, D.S. : Plants Defense Associations in the Marine Environment. CORAL REEFS, 5(2):63-72, Wash, D.C. (1986).
- (105) Jivansky, K. y Jiri, B. : Relationship Between Carbon Dioxide Tension and pH in a Medium for Algal Culture. ARCH. HYDROBIOL. SUPPL. 23(3): 425-432, Czechoslovakia (1986).
- (106) López de Gómara, F. : Historia de la Conquista de México. Ed. Pedro Robredo, México, 1943.
- (107) López, M.M.: Algas Marinas como Suplemento Alimenticio. Campo Moderno y Chacra, 24 Nov. 1987.
- (108) Lubitz, J.A.: The Protein Quality, Digestibility and Composition of Algae. J. Food Science 28: 229-232 (1963).
- (109) Mc. Innes, A.A.: Seaweed for Stockfeeding. 2nd. Internat. Symp. Peru. Press. N.Y. 1955.

- (110) Mageswaran,R. y Sivasubramaniam,S.: Preliminar Studies on the Iodine Content of some Marine Algae from Coastal Areas of Jaffna Peninsula. J.of the Nat.Science Council of Sri Lanka 12 (2) : 173-178 (1984).
- (111) Manley,S.L. y Minou,N.D.: Methyl Halide (CH₃X) Production from the Giant Kelp, *Macrocystis*, and Estimates of Global CH₃X Production by Kelp. J. IMNOL. OCEANOGR. 32(3):709-715, USA (1987).
- (112) Martinell, B. L. : Las algas. Gaceta UNAM 2: 55 (1984).
- (113) Martínez,S.N.A. : Evaluación de la Calidad Proteínica de 3 insectos Comestibles de México. Tesis Biólogo U.N.A.M. México,D.F. 1980.
- (114) Mateo-Cid, L.E. y Mendoza-González, C.: Uncommon Marine Algae of the Mexican Coast. I I. Phytol 60, (6): 434 - 436, México (1986).
- (115) Mateo-Cid, L.E. y Mendoza-González, C.: Uncommon Marine Algae of the Mexican Coast. I. Phytol 60, (6): 428 - 433, México (1986).
- (116) Mateus,V.H.: Estudio Integral Tecnológico sobre el Aprovechamiento de *Macrocystis pyrifera* como Complemento Alimenticio Aviar. UABC. Escuela Superior de Cienc. Mar. Ensenada, B.C. 1972.
- (117) Matsunaga, K., Toya, K., Masuda,K., Kobayashi, G. y Megura, T. : Transport of Nutrients from Deeper Waters in the North Pacific Subarctic Sea. BULL. FAC FISH HOKKAIDO UNIV. 37(3): 222-229(1986).
- (118) Meits, L.: Handbook of Analytical Chemistry. Mc Graw Hill New York, 1961.
- (119) Mendenhall, W. y Reinmuth,J.E. : Estadística para Administración y Economía. WADSWORTH INTERNATIONAL/IBEROAMERICA. 3a. ed. 413-422, México,1978.
- (120) Mendoza-González,A.C. y Mateo-Cid,L.E. : Uncommon Marine Algae of the Mexican Coasts: III. PHYTOL 60(6):437-442 , México (1986).
- (121) Mendoza-González,A.C. y Mateo-Cid,L.E. : Marine Benthic Flora from the Northwest Coast of Sonora. PHYTOL. 60 (6):414-427, México (1986).
- (122) Miller, D.S.: A Procedure for Determination of NPU Using Rats Body N Technique. C.P.M. Food and Chem. board. Publ. 1100. Wash., 1963.
- (123) Mitchell, H.H.: Comparative Nutrition of Man and Domestic Animals. Academic Press. 2. USA, 1964.

- (124) Monroe, E.E., Wall, E. y Rolland, M.L.: Detection and Estimation of Steroidal Sapogenins in Plant Tissue. Analytical Chemistry 8 (24): 1337-1341 (1952).
- (125) Nishide, E., Hiroshi, A. y Naoyuki, U.: A Comparative Investigation on the Contents of Fucose-Containing Polysaccharides from Various Japanese Brown Algae. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 53 (6): 1083-1088 Japan, 1987.
- (126) Nishino, T. y Terukazu, N.: Sugar Constituents and Blood-Anticoagulant Activities of Fucose Containing Sulfated Polysaccharides in Nine Brown Seaweed Species. NIPPON NOGEIKAGAKU KAISHI 61(3) : 361-364, Japan (1987).
- (127) North, J.W.: The Biology of Giant Kelp Beds (Macrocystis) in California. Nova Helwigia 103. Germany, 1971.
- (128) North, J.W., Jackson, G.A. y Manley, S.L. : Macrocystis and Its Environment . Knowns and Unknowns. AQUAT. BOT. 26 (1/2) : 9-26, Pasadena, Ca. (1986).
- (129) Official Methods Analysis of the Association of Analytical Chemistry. 11th edition. AOAC, Washington, D.C. Meth. 9.081: 154 (1970).
- (130) Official Methods Analysis of the Association of Analytical Chemistry. 12th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. Meth 14.004:222 (1975).
- (131) Ibid. Meth. 7.045:135
- (132) Ibid. Meth. 7.045:137
- (133) Ibid. Meth. 2.049:15
- (134) Ibid. Meth. 14.006:222
- (135) Official Methods Analysis of the Association of Analytical Chemistry. 13th edition. AOAC, Washington, D.C. Meth. 7.096: 136 (1980).
- (136) Ibid. Meth. 7.118: 139
- (137) Ibid. Meth. 7.107: 138
- (138) Ogawa, H.: Combined Effects of Temperature and Salinity on the Early Development of Marine Algae. II. Rhizoid Development of Sargassum horneri. Jpn. J. Phycol. 34(2): 137-141 (1986).
- (139) Ortega, M.M. : Estudio de las Algas Comestibles del Valle de México. Revista Latinoamericana de Microbiología. Inst. de Biol. UNAM, México, D.F. 1972.

- (140) Ortega, M.M. : Catálogo de Algas Continentales Recientes de México. UNAM, 1a. ed. México, 1984.
- (141) Pearson, D. : Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. Acribia, España, 1976.
- (142) Pearson, D. : The Chemical Analysis of Foods. 6th edition. J. and Churchill, London, 1975.
- (143) Perelval, E. y Mc. Dowell, R.H.: Chemistry Enzimology of Marine Algal Polysaccharides. Academic Press, London, 1967.
- (144) Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su Administración. Secretaría de Pesca, 3 (7): 863-901. México 1987.
- (145) Piccioni, M.: Diccionario de Alimentación Animal. Ed. Acribia, Zaragoza, España, 1970.
- (146) Philips, E.J., Willis, M. y Verchick, A. : Aspects of Nitrogen Fixation in Sargassum Communities off the Coast of Florida. J. EXP. MAR. BIOL. ECOL. 102 (2/3) : 99-120 (1986).
- (147) Preston, J.F., Romeo, T. y Bromely, J.C. : Selective Alginate Degradation by Marine Bacteria Associated with the Algal Genus Sargassum. J. IND. MICROBIOL. 1 (4) : 235-244, Gainesville, USA (1986).
- (148) Price, M.L., Hagerman, A.E. y Butler, L.C.: Tannin Content of Cow Peas, Chick Peas, Pigeon Peas and Mongbeans. J. Agr. Food Chem. 28: 459-461 (1980).
- (149) Pro, M.A.: Manual de Procedimientos Analíticos para Alimentos de Consumo Animal. Colegio de Postgraduados, INIP, México, 1979.
- (150) Reddy, N.R. y Pierson, M.D.: Dry Bean Tannins. A Review of Nutritional Implications. J.A.O.C.S. 62 (3): 679 - 698 (1985).
- (151) Reiner, E., Topliff, J. y Wood, J.D.: Agentes Hipocolesterolémicos Derivados de los Esteroles de las Plantas Marinas. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology 40: 1401-1406 (1962).
- (152) Reiter, M.A. : Interactions Between the Hydrodynamics of Flowing Water and the Development of a Benthic Algal Community. J. FRESHWATER ECOL. 3(4):511-518, Charlottesville (1986).
- (153) Riguelme, C.E. y García-Tello, P. : Effects of Oil Contamination on Colonization of Marine Periphytic Microflora. J. OCEANOGR. SOC. JPN. 42 (4) : 294-298, Japan (1986).

- (154) Rochet, M., Legendre, L. y Demers, S. : Photosynthetic and Pigment Responses of Sea-Ice Microalgae to Changes in Light Intensity and Quality. J. EXP. MAR. BIOL. ECOL. 101 (3) : 211-226, Quebec (1986).
- (155) Rojkind, A.R.: Algas Marinas Bentónicas como Suplemento en la Alimentación Animal. Ensayo con Pollos y Gallinas Ponedoras. Centro de Investigación de Biología Marina. Contribución técnica 19 : 1-25, Buenos Aires, 1977.
- (156) Rzedowski, J. : Vegetación de México. Ed. LIMUSA, 1a. ed. 328 - 348. México, 1978.
- (157) Sandoval, A.J.: Contribución al Estudio Bromatológico del Cajanus cajan (Gandul) Evaluando sus Vainas y Hojas como Recurso Forrajero en México. Tesis Lic. Fac. de Med. Vet y Zool. UNAM, México, 1987.
- (158) Sauderson, J.C. y Thomas, D.P. : Subtidal Macroalgal Communities in the D'Entrecasteaux Channel, Tasmania. AUST. J. ECOL. 12.(1):41-52, Australia (1987).
- (159) Schuphan, W.: Calidad y Valor Nutritivo de los Alimentos Vegetales. Ed. Acribia, Zaragoza, España, 1968.
- (160) Serenkov, G.P. y Pakhomova, M.V.: Nitrogen Compounds of Algae. Biology 15 (6) : 15-25 (1962).
- (161) Scheffer, W.L.: Nutrición. Conceptos Básicos y Aplicaciones. Mc. Graw Hill, México, 1985.
- (162) Shimada, G. : Valor Alimenticio de la Spirulina gleiter para Rumiantes. Técnica Pecuaria en México, 31(2) : 42-46, México (1986).
- (163) Shimada, G. : Valor Alimenticio de la Spirulina gleiter en Pollos de Engorda. Técnica Pecuaria en México, 31(4) : 47-54, México (1986).
- (164) Skoog, D.A. y West, D.M. : Análisis Instrumental. Ed. Interamericana 2a edición, México, 1980.
- (165) Soe-hun, U. y Yoshida, T. : Studies on Morphological Variations in Sargassum cristae-folium. JPN. J. PHYCOL. 34 (4) : 275-281 (1986).
- (166) Sotelo, A., Lucas, B., Uvalle, A. y Giral, F.: Chemical Composition and Toxic Factors Content in Sixteen Leguminous seeds (II). QUINT. J. Crude Drug Res. 18 (9): 156-161 (1980).
- (167) Starmach, K. : Tetraspora gelatinosa and the Algae that Live in its Thalli. Fragm. Florist. Geo. Bot. 29 (3/4):491-500, Cracow. (1983).

- (168) Tamayo, L.J.: Geografía Moderna de México. 9a ed. Ed. Trillas. México 1980.
- (169) Tarwadi, S.J. y Chauhan, V.D.: Seaweed Biomass as a Source of Energy. Energy 12(5) : 375-378 India, 1987.
- (170) Tejada, I.: Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes en la Alimentación Animal. PAIEPEME. México, 1983.
- (171) Terawaki, T.: Growth and Maturation of Sargassum hongri, in Odawa Bay, Miura peninsula, Kanagawa Prefecture (Japan). Den. Ken Hokokuo (485029): 1-10, Japan (1986).
- (172) Thomaz, S.M. y Esteves, F. de A. : Energy Values in the Biomass of Some Tropical Aquatic Macrophytes. CIENC. CULT. 38(10): 1691-1695 (1986).
- (173) Tolokonnikov, Y.A. y Orlov, L.V.: Utilization of Algal Supplement in Diets of Lactating Cows. B.N. Inst. Fis. Bio. Pitaniya 2(78): 7-10 URSS, 1985.
- (174) Turner, R.H. y Liener, J.E.: The Effect of the Selective Removal of Hemagglutinins on the Nutritive Value of Soybeans. J. Agr. Food Chem. 23: 484-486 (1975).
- (175) Van Soest, P.J.: Nutritional Ecology of the Ruminants. J. Rooks, Corvallis, Oregon, 1982.
- (176) Vincent, D.I.: Oligosaccharides from Alginic Acid. Chem and Ind. 35: 1109-1110. 1970.
- (177) Vincent, W.F., Wurtsbaugh, W. Neale, P.J. y Richerson, P.J. : Polymyxins and Algal Production in a Tropical Lake : Latitudinal Effects on the Seasonality of Photosynthesis. FRESHWATER BIOL. 16(6) : 781-804, New Zealand (1986).
- (178) Volesky, B., Zajic, J.E. y Knetting, A.: Algal Products. In : Properties and Products of Algae. Plenum Press, N.Y. 1970.
- (179) Von Schmid, O.J.: Algas Marinas Pardas. Propiedades Químicas de Importancia Práctica. I. Botánica marina 1(1/2) : 54-64 Alemania, 1959.
- (180) Webb, L.J.: An Australian Phytochemical Survey in Alkaloids and Cyanogenic Compounds in Queensland Plants. Boletín 241 Melbourne, 1949.

- (181) Williamson, H.B.: Colección de la Naturaleza de Life. El Mar. Producción de la versión en español. Time Life Internat. of México S.A. 169-181. (1967).
- (182) Wynne, M.J. : A Checklist of Benthic Marine Algae of the Tropical and Subtropical Western Atlantic. CAN. J. BOT. 64 (10) :2239-2281, USA (1986).
- (183) Yamamoto, H. : Monthly Changes in the Occurrence and Growth of *Kleblmaniella crassifolia*. BULL. FAC. FISH. MOKKAIDO UNIV. 37 (3) : 165-170, Miyabe (1986).
- (184) Yamamoto, I., Hiroko, M. y Masahide, M. : The Effect of Dietary Seaweeds on 7,12-dimethylbenz(a) anthracene Induced Mammary Tumorigenesis in Rats. CANCER LETT. 35(2) : 109-118, Japan (1987).
- (185) Yoshida, T.: Notes on the Grunow collection (W) of *Sargassum* subgenus *Bactrophyucus*. J. Fac. Sci. 14 (1): 73-88 (1987).



CAPITULO VIII

LITERATURA RECOMENDADA

VIII.- LITERATURA RECOMENDADA.

- (1) Adrian, J. : Gums and Hydrocolloids in Nutrition . Handbook Nut.Supp. 2: 301-333. U.S.A. 1983.
- (2) Ajsaka, T. y Kawai, H.: The Life History of *Acrothrix gracilis* (Phaeophyceae) in Japan. Jpn. J.Phycol. 34 (2): 129-136, Japan, 1986.
- (3) Atanasova, B. : Isolation and Characterization of Draggendorf Positive Compounds from Marine Algae . Int. Cont. Chem. Biotechnol. Biol. Act.Nat.Prod. 3 (1) : 248-252. 1981.
- (4) Chen, W., Yan, Y. y Ma, X.: Isolation and Identification of the Alkaloids from the Stems and Leaves of *Alstonia yunnanensis*. Acta Pharm.Sin. 21 (3): 187-190, China, 1986.
- (5) De Rosa, S., De Stefano, S. y Zavodnik, N.: Hydroazulenoid Diterpenes from the Brown Alga. Phytochemistry (Oxf.) 25 (9):2179-2182, Italy, 1986.
- (6) Dykyjova, D. : Chemical Composition of Macrophytes and Factors Determining the Concentration of Mineral Elements in Higher Aquatic Plants. Raspopov. J.M. 107-213. 1983.
- (7) Edmonds, J.S., Masatoshi, M. y Yasuyuki, Sh.: Isolation and Identification of Arsenic-Containing Ribofuranosides and Inorganic Arsenic from Japanese Edible Seaweed. J.Chem.Soc.Perkin Trans.I 0 (3): 577-580, Japan, 1987.
- (8) Fábregas, J. : Hemagglutinins in Brown Seaweeds. J.Exp. Mar.Biol. Ecol. 97 (2): 213-219 (1986).
- (9) Kaneniwa, M., Yutaka, I. y Takagi, T.: Unusual 5-olefinic Acids in the Lipids of Algae from Japanese Waters. Bull.Jpn.Soc.Sci.Fish. 53 (5): 861-866, Japan, 1987.
- (10) Kawai, H.: Life History and Systemic Position of *Akkesiphycus lubricus* (Phaeophyceae). J.Phycol. 22(3):286-291, Japan, 1986.
- (11) Kelley, J.J. : Effect of Pectin, Gum Arabic and Agar on Cholesterol Absorption, Synthesis and Turnover in Rats. J. of Nutrition. 108 (4) : 630-639. U.S.A. 1978.

- (12) Khalil, Z. y Mostafa, I.V.: Interactions of Pesticides with Fresh-Water Algae: I. Effect of Methomyl and its Possible Degradation by *Phormidium fragile*. J. Environ. Sci. Health, Part B Pestic Food Contam. Agric. Wastes 21 (4): 289-302, Egypt, 1986.
- (13) Langstone, W.J.: Metals in Sediments and Benthic Organisms in the Mersey Estuarine coastal shelf. Sci. 23 (2):239-262, England, 1986.
- (14) Lapedes, D.N.: Encyclopledia of Food, Agriculture and Nutrition. Mc. Graw Hill Book Co., N.Y. U.S.A. 1977.
- (15) Lapointe, B.E., Littler, M.M. y Littler, D.S.: A Comparison of Nutrient Limited Productivity in Macroalgae from a Caribbean Barrier reef and from a Mangrove Ecosystem. Aquat. Bot. 28(3/4): 243-256 USA, 1987.
- (16) Luering, K.: New frond Formation in *Laminaria hyperborea* (Phaeophyceae): A photoperiodic Response. Br. Phycol. J. 21(3): 269-274, Germany, 1986.
- (17) Mabean, S y Kloareg, B.: Isolation and Analysis of the Cell Wall of Brown Algae: *Eucus spiralis*, *Eucus spp.*, *Bifurcaria bifurcata* y *Laminaria digitata*. J. Exp. Bot. 38 (194): 1573-1580, France, 1987.
- (18) Mader, P.: Algae as a Natural Source of Carotenoids in Feed Mixture for Laying Hens. Zivicsna Vyrova. 29 (6) : 557-567. 1984.
- (19) Niemann, U., Anders, H. y Hans-Christian, J.: Distribution and Abundance of Pelagic *Sargassum* in Spring 1979. Senckenb. Marit. 17 (4-6): 293-302, Germany, 1985/1986.
- (20) O'Brien, E.T., David, J.A., Amiram, G., Lipshutz, B.H., Feniciae, W., Jacobs, R.S. y Wilson L.: Mechanism of Action of the Marine Natural Product Stypoldione: Evidence for Reaction with Sulphydryl Groups. J. Med. Chem. 29 (10):1851-1855, USA, 1986.
- (21) Rice, E.L. y Crowden, R.K.: An Improved Method for the Extraction and Electrophoresis of Proteins and Active Enzymes from Fucalcan Macroalgae (Phaeophyta). Phycologia 26 (2): 235-246, Australia 1987.

- (22) Singh, A.L. y Singh, P.K.: Comparative Effects of *Azolla pinnata* and Blue-Green Algae in Combination with Chemical Nitrogen Fertilizer on Rice Crop. Proc. Indian Acad.Sci.Plant.Sci. 96(2):147-152, India, 1986.
- (23) Smith, B.M. y Anastasio, M.: Photosystem Stoichiometry and Excitation Distribution in Chloroplasts from Surface and Minus 20 meter Blades of *Macrocystis pyrifera*, the Giant Kelp. Plant Physiol.(Bethesda) 84(4): 1325-1330, USA, 1987.
- (24) Smith, E.P., Genter, R.B. and Cairns, J.Jr.: Confidence Intervals for the Similarity Between Algal Communities. Hydrobiol. 139 (3): 237-246, USA, 1986.
- (25) Smith, R.A., Lewis, D.: A Rapid Analysis of Water for Anatoxin A, the Unstable Toxic Alkaloid from *Anabaena flosaquae*. Veterinary and Human Toxicology 22 (2) : 153-154. Canada (1987).
- (26) Sternberg, L., Da, S.L., Deniro, M.J. y Ajie, H.O.: Isotopic Relationships Between Saponifiable Lipids and Cellulose Nitrate Prepared from Red, Brown and Green Algae. Planta (Berl) 162 (3): 320-324, USA, 1986.
- (27) Tateda, Y.: Basic Study of Marine Indicator Organisms by Stable Elements Analysis. Denryoku Chuo Kenkyusho Hokoku O (U86081): i-iv,1-33, Japan, 1987.
- (28) Wickens, P.A. y Field, J.G.: The Effect of Water Transport on Nitrogen Flow through a Kelp-Bed Community. S.Afr.J.Mar.Sci. 0(4): 79-92 Africa, 1986.
- (29) Yone, Y., Masayuki, F. y Kazunari, V.: Effects of Dietary Wakame *Undaria pinnatifida* and *Ascophyllum nodosum* Supplements on Growth, Feed Efficiency and Proximate Compositions of Liver and Muscle of Red Sea Bream. Bull.Jpn.Soc.Sci.Fish. 52 (8): 1465-1468, Japan, 1986.
- (30) Zolotukhina, E.Yu., Gavrilenko, E.E. y Burdin, K.S.: Effect of Zinc and Copper ions on Photosynthesis and Respiration in some Seaweeds. Eiziol.Rast. (Mosc.) 32 (2):266-275, USSR, 1987.
- (31) Zolotukhina, E.Yu., Polonnykh, A.K., Rygalov, V.E. y Burdin, K.S.: Relationship Between the Reactivity of a Macroalga Culture Medium and the Form of the Thallus. Dokl.Akad.Nauk.SSSR. 282(3): 751-755, URSS, 1986.