

**INSTITUTO POLITECNICO  
NACIONAL**



**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**

**COMPOSICION QUIMICA DE *Sargassum* spp. COLECTADO EN LA  
BAHIA DE LA PAZ, B.C.S., Y LA FACTIBILIDAD DE SU  
APROVECHAMIENTO EN FORMA DIRECTA 0 COMO FUENTE DE  
ALGINATO.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS**

**PRESENTA**

**CELIA PEREZ REYES**

**LA PAZ, B.C.S, MEXICO. 1997.**

## CONTENIDO

Página.

GLOSARIO DE TERMINOS . . . . .	i
RELACION DE FIGURAS . . . . .	iii
RELACION DE TABLAS . . . . .	iv
RESUMEN . . . . .	vi
ABSTRACT . . . . .	viii
1. INTRODUCCION . . . . .	1
2. ANTECEDENTES . . . . .	5
3. JUSTIFICACION . . . . .	8
4. OBJETIVOS . . . . .	9
5. MATERIALES Y METODOS . . . . .	10
5.1. AREA DE ESTUDIO . . . . .	10
5.2. METODOLOGIA . . . . .	10
5.2.1. COLECTA DE MATERIAL BIOLÓGICO . . . . .	10
5.2.2. OBTENCION DE ALGINATOS . . . . .	12
5.2.2.1. DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL . . . . .	15
5.2.3. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE <i>Sargassum</i> spp . . . . .	16
5.2.3.1. HUMEDAD . . . . .	17
5.2.3.2. CENIZAS . . . . .	17
5.2.3.3. FIBRA CRUDA . . . . .	18
5.2.3.4. PROTEINA CRUDA . . . . .	18
5.2.3.5. EXTRACTO ETereo (grasa cruda) . . . . .	19
5.2.3.6. EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (carbohidratos) . . . . .	19
5.2.4. DETERMINACION DE LA PARED CELULAR PARCIAL . . . . .	19
5.2.5. DETERMINACION DE LA ENERGIA BRUTA . . . . .	20
5.2.6. DIGESTIBILIDAD MULTIENZIMATICA . . . . .	20
5.2.7. CUANTIFICACION DE MINERALES . . . . .	21
a). COLORIMETRIA . . . . .	21
b). ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA . . . . .	21
6. RESULTADOS . . . . .	
6.1. RENDIMIENTO DE ALGINATO DE SODIO . . . . .	22
6.2. DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL . . . . .	23
6.2.1. DETERMINACION DE pH . . . . .	23
6.2.2. DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD APARENTE . . . . .	23
6.3. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL . . . . .	27
6.3.1. HUMEDAD . . . . .	27
6.3.2. CENIZA . . . . .	28
6.3.3. FIBRA CRUDA . . . . .	28
6.3.4. PROTEINAS . . . . .	29
6.3.5. EXTRACTO ETereo . . . . .	30

63.6. EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (carbohidratos)	19
<b>326.4. PARED CELULAR PARCIAL</b>	33
<b>6.5. ENERGIA BRUTA</b>	37
6.6. DIGESTIBILIDAD	37
6.7. CONTENIDO DE MINERALES	39
<b>6.7.1. FOSFORO</b>	39
6.7.2. MAGNESIO	39
<b>6.7.3. COBRE</b>	40
<b>6.7.4. ZINC</b>	40
<b>6.7.5. POTASIO</b>	40
<b>6.7.6. CALCIO</b>	41
<b>6.7.7. SODIO</b>	41
<b>7. DISCUSION</b>	46
7.1. EXTRACCION DE ALGINATOS	46
7.2. CALIDAD DEL PRODUCTO	50
7.2.1. POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)	50
7.2.2. VISCOSIDAD APARENTE	50
7.3. ANALISIS QUIMICO PROXIMAL	51
7.3.1. HUMEDAD	51
7.3.2. CENIZAS	52
7.3.3. FIBRA CRUDA	53
7.3.4. PROTEINA CRUDA	54
7.3.5. EXTRACTO ETereo (GRASAS)	55
7.3.6. EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (Carbohidratos)	56
7.4. PARED CELULAR PARCIAL	57
7.5. ENERGIA BRUTA	57
7.6. DIGESTIBILIDAD MULTIENZIMATICA	58
7.7. MINERALES	59
7.7.1. POTASIO	60
7.7.2. SODIO	61
7.7.3. CALCIO	61
7.7.4. MAGNESIO	62
7.7.5. FOSFORO	62
7.7.6. COBRE	63
7.7.7. ZINC	63
8. CONCLUSIONES	66
9. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES	68
10. BIBLIOGRAFIA CITADA	69

## GLOSARIO DE TERMINOS

**ALGAS:** Organismos acuáticos que se caracterizan por la presencia de clorofila a y otros pigmentos que sirven para clasificarlas, carecen de tejidos especializados y no forman embriones durante su desarrollo.

**ALGINATO:** Es el término genérico de sales y derivados del ácido algínico, que es un polímero lineal constituido por unidades monoméricas del ácido R-D manurónico y **Ô-L** gulurónico. En su estado natural se encuentra como una sustancia de naturaleza insoluble y amorfa su función es mantener la estructura de los tejidos del alga formando parte de las paredes celulares., se encuentra como una mezcla de sales insolubles, compuesta de una gran cantidad de iones presentes en el agua de mar, siendo los principales magnesio, calcio y sodio.

**BROMATOLOGIA:** Ciencia que estudia los alimentos y la nutrición.

**CELULOSA:** Polisacárido complejo formado por moléculas de glucosa; es material estructural característico de las paredes celulares vegetales, en forma de fibrillas.

**CENTIPOISE:** Comúnmente la viscosidad de los fluidos se expresa en centipoise (1 cps = 0.01 pois).

**COLOIDE:** Cuerpo que, al dispersarse en un fluido (agua o gas), lo hace de manera que sus partículas (micelas) adquieren un tamaño comprendido entre 1 y 100 nanómetros evitando que estas se asienten, formando una solución denominada coloidal.

**ENERGIA BRUTA O CONTENIDO ENERGETICO:** Término que se emplea para calcular la energía química (calor de combustión) que aportan al organismo los alimentos, **através** de sus moléculas biológicas (en general, las de origen orgánico y algunas pocas inorgánicas), la combustión se lleva a cabo bajo una atmósfera rica en oxígeno y el calor producido se mide como la diferencia en la temperatura antes y después de realizar la combustión.

**FIBRA CRUDA:** Es el término que se aplica al residuo orgánico insoluble de cualquier producto natural o elaborado después de una hidrólisis ácida y una alcalina, básicamente es una mezcla heterogénea de hidratos de carbono (Celulosa, y hemicelulosa) y otros materiales como lignina, esencialmente indigeribles por animales de estómago monogástrico.

**FIBRA NEUTRO DETERGENTE:** Porción del alimento insoluble en una solución del detergente sulfato de **lauril**-sodio tamponada a pH '7 (solución neutro-detergente), tras ebullición suave durante 1 hora, este procedimiento permite determinar el porcentaje de la pared celular.

**FICOCOLOIDE:** Coloide cuya extracción proviene de una alga.

**HIDROLISIS:** Reacción en la cual uno de los reactivos pierde agua. Desdoblamiento de la molécula de ciertos compuestos orgánicos, por acción del agua o por presencia de un fermento o ácido.

**LIGNINA:** Sustancia aromática polimerizada que compone una parte sustancial de las porciones leñosas de las plantas.

**MANTO DE ALGAS:** Conjunto de plantas marinas que crecen unas junto a otras sobre un sustrato, cubriendo una gran área.

**MONOMEROS:** Molécula individual que se combina con otras de su tipo para formar una unidad molecular más grande, o polímero.

**POISE:** La viscosidad es expresada como dina.  $\text{segundo}/\text{m}^2$ , la cual es **definida** como poise.

**POLIMERO:** Unidad molecular de gran tamaño formada por el enlace covalente de unidades **pequeñas** idénticas (monómeros).

**POLIMERIZACION:** Condensación de moléculas de un compuesto con formación de otro de peso molecular múltiple (polímero) dotado de propiedades químicas y físicas diferentes.

**POLISACARIDO:** Grupo de glúcidos constituido por la polimerización de numerosas moléculas de **monosacáridos**, o de sus derivados unidos con enlaces glucosídicos.

**RUMIANTES:** Mamíferos que realizan una doble masticación del alimento, regresando a la boca los alimentos que ya estuvieron en el rumen (estómago).

**RELACION DE FIGURAS****Página**

- Figura 1. Esquema de un ejemplar de *Sargassum* spp., (Setchell & Gardner) mostrando sus diferentes estructuras morfológicas (Sánchez-Rodríguez, 1989) ..... 4
- Figura 2. Localización del área de estudio ..... 11
- Figura 3. Variación mensual del rendimiento de alginato de sodio de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B. C. S., en 1995, bajo tres regímenes de temperatura ..... 23
- Figura 4. Variación mensual de la viscosidad aparente del alginato de sodio al 1 % obtenido de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S., en 1995. bajo tres regímenes de temperatura ..... 26
- Figura 5. Variación mensual de algunos constituyentes químicos presentes en muestras sin lavar de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S ..... 34
- Figura 6. Variación mensual de algunos constituyentes químicos presentes en muestras lavadas de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B. C. S ..... 35
- Figura 7. Variación mensual de algunos de los minerales constituyentes en muestras sin lavar de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S ..... 42
- Figura 8. Variación mensual de algunos de los minerales constituyentes en muestras lavadas de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B. C. S ..... 43

## RELACION DE TABLAS

## Página

Tabla 1. Rendimiento, viscosidad aparente y pH de alginato de sodio obtenido de <i>Sargassum</i> spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S., con muestras sin lavar .....	24
Tabla 2. Rendimiento, viscosidad aparente y pH de alginato de sodio obtenido de <i>sargassum</i> spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S., con muestras lavadas .....	25
Tabla 3. Porcentaje de humedad <b>obtenida</b> con muestras lavadas y sin lavar de <i>Sargassum</i> spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S., .....	27
Tabla 4. Porcentaje de cenizas obtenido con muestras lavadas y sin lavar de <i>Sargassum</i> spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S. ....	28
Tabla 5. Porcentaje de fibra cruda <b>obtenida</b> con muestras lavadas y sin lavar de <i>Surgussum</i> spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S .....	29
Tabla 6. Porcentaje de proteína cruda <b>obtenida</b> con muestras lavadas y sin lavar de <i>Surgussum</i> spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B. C. S .....	30
Tabla 7. Porcentaje de extracto etéreo obtenido con muestras lavadas y sin lavar de <i>Surgussum</i> spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B. C. S .....	31
Tabla 8. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno (carbohidratos) obtenido con muestras lavadas y sin lavar de <i>Surgussum</i> spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S .....	32
Tabla 9. Constituyentes de la pared celular obtenidos con muestras sin lavar de <i>Surgussum</i> spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S .....	36
Tabla 10. Constituyentes de pared celular obtenidos con muestra lavadas de <i>Surgussum</i> spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S. ....	36
Tabla 11. Energía bruta <b>obtenida</b> con muestras lavadas y sin lavar de <i>Surgussum</i> spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S. ....	37

Tabla 12. Porcentaje de digestibilidad <b>multienzimática obtenida</b> con muestras lavadas y sin lavar de <i>Sargassum</i> spp., colectado en Boca <b>Sauzoso</b> , La Paz, B. C. S .....	38
Tabla 13. Contenido de minerales (mg/100 g) obtenido con muestras sin lavar de <i>Sargassum</i> spp., colectadas en <b>Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S</b> .....	44
Tabla 14. Contenido de minerales(mg/100 g) obtenido con muestras lavadas de <i>Sargassum</i> spp., colectadas en Boca <b>Sauzoso, La Paz ,B.C.S</b> .....	45

## RESUMEN

Con muestras de *Sargassum* spp., colectadas en la localidad conocida como Boca **Sauzoso**, La Paz, B.C. S., durante los meses de febrero a mayo de 1995, se realizó un análisis químico proximal, así como la determinación de pared celular, energía bruta, digestibilidad multienzimática y contenido de algunos minerales, de acuerdo a las normas establecidas por la **Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemistry (A.O.A.C., 1990)** con el objeto de determinar si esta alga **podría** ser utilizada en forma directa para forraje o para la alimentación humana. Asimismo se cuantificó el contenido de alginato de sodio, sometiendo las muestras a dos tratamientos: el primero consistió en adicionar a las muestras formol al 0.01% ., el segundo consistió en procesar las algas sin ningún tratamiento previo, lo que se denominó muestras lavadas y sin lavar respectivamente. De la misma manera se determinó el contenido de alginato bajo tres diferentes regímenes de temperatura (65, 80 y 95 °C) durante la etapa de extracción alcalina con la finalidad de observar el efecto que esta tiene sobre la calidad del producto final, expresado en porcentaje de rendimiento, viscosidad aparente y pH, observándose los siguientes resultados: para el análisis químico proximal se presentan los promedios para las muestras sin lavar y lavadas en porcentaje del alga seca, así los máximos porcentajes de humedad registrados para *Sargassum* spp. fluctuaron de 11 a 12 %. Los porcentajes de carbohidratos 45.51 a 47.14 % junto con las cenizas de 29.93 a 27.54 % fueron los componentes que predominaron en esta alga. Los contenidos de fibra cruda 10.80 a 10.51 %, fueron superiores a algunos alimentos de uso común, (maíz 3 % , garbanzo 4 % y soya 6 %). Las concentraciones de proteína de 3.86 a 4.33 %, así como las de grasas o extracto etéreo de 0.23 a 0.25 % fueron bajas y resultaron ser menores a las necesidades nutricionales para la alimentación **humana**, de rumiantes y aves de corral. Los porcentajes de pared celular fluctuaron de 27.89 a 36.85 %. La energía bruta de 1.95 a 2.12 **Kcal/g** es similar a la de la **avena** (2.51 **Kcal/g**), por lo cual se considera buena. La digestibilidad fluctuó de 87.19 a 88.13 %, por lo cual también se considera alta. En los minerales cuantificados se observaron las siguientes concentraciones expresadas en **mg/100 g** en orden de magnitud: sodio, 363.56 y 190.43; potasio, 222.88 y 203.94; calcio, 142.52 y 129.32; magnesio, 51.44 y 46.78 fósforo, 18.40 y 18.95; cobre, 0.21 y 0.12 y el zinc, 0.01 y 0.02 %.

Respecto a la extracción de alginato de sodio, se observó variación mensual marcada, en las concentraciones para ambos tratamientos, estadísticamente mayores para las muestras lavadas, en las cuales se presentó el máximo porcentaje de rendimiento (16.84 % en mayo), EL pH de las soluciones de alginato de sodio fluctuó de 6.6 a 7.5. La mayor viscosidad **obtenida** (109 cps) se presentó en las muestras lavadas. En base a los resultados **obtenidos** se discuten los mejores usos que se **le pueden** dar a este recurso.

**ABSTRACT**

*Sargassum* spp., were collected from February to May in Boca Sauzoso, La Paz B.C.S., in 1995. Chemical Analysis Proximate was carried out to determine the fiber fractional, crude energy, multienzymatic digestibility and minerals content. The samples were analyzed using the Official Methods Analysis of the Association of Analytical Chemistry (A. O. A. C., 1990), in order to know if this algae could be used directly for human consumption. The sodium alginate was quantified by two different treatments: in the first, the sample was washed with formalin solution 0.01 %. The second was done with unwashed algae. The sodium alginate was quantified under three different temperatures (65, 80 and 95 °C) during the alkaline extraction step to determine the effect of the extraction temperature on the yield, viscosity apparent and pH of the final product. The results obtained in the proximate chemical analysis show that percentages of humidity varied from 11 to 12 % on the dry algae. The carbohydrates (45.51 to 47.14 %) and ashes (29.93 to 27.54 %), were predominant components on this algae. The contents of crude fiber (10.80 to 10.51 %), was greater than others foods (corn 3 chickpea 4 % and soybean 6 %). The crude protein (3.86 to 4.33), and fat (0.23 to 0.25 %) were low and less than requirements as a nutrient for humans, ruminants, and poultry. The percentage of wall cell from 27.89 to 36.85 %. The quantity of crude energy varied from 1.95 to 2.12 Kcal/g, this was similar to oats (2.51 Kcal/g). The digestibility varied from 87.19 to 88.13 %, and that is why it was also considered good. The minerals concentrations in the samples washed and unwashed (mg/100g) were sodium 363.56 and 190.43; potassium 222.88 and 203.94; calcium 142.52 and 129.32; magnesium 51.44 and 46.78; phosphorus 18.40 and 18.95; copper 0.21 and 0.12 and finally zinc, 0.01 and 0.02 %. The values of sodium alginate showed monthly variation in concentration for both treatments. It also shows, a significant difference with the samples that were washed in which the maximum percentages of the yield (16.84 % in May) were obtained. The pH of the sodium alginate varied from 6.6 to 7.5. The higher viscosity was (109 cps) from the washed treatment. The better use of this resource is discussed.

## 1. INTRODUCCION

El aprovechamiento de las algas marinas, se remonta a épocas muy antiguas. Muchos países, principalmente asiáticos, como China y Japón las utilizan en su alimentación; para curar algunas enfermedades; como complemento alimenticio en dietas para animales; fertilizantes de suelos y como fuente de ficocoloides o gomas. De estos últimos los principales productos extraídos son: Agar-agar, carragenanos y alginatos (Martínez-Nadal, *et al.*, 1964; Jensen, 1977; Casas-Valdez, 1981, 1982; Hernández-Carmona, 1985; **Chapman & Chapman**, 1980; Castro, *et al.*, 1992; Noda, 1993).

De todos los grupos taxonómicos de algas, el más abundante y de mayor importancia económica, es el grupo de las **feofitas** (algas pardas), por su alto contenido de alginatos (Hernández-Carmona, *op.cit*). Los alginatos son una mezcla de sales insolubles del ácido algínico, compuesta de una gran cantidad de iones presentes en el agua de mar. siendo los principales magnesio, calcio y sodio (Haug, 1965; **Chapman & Chapman**, 1980; McHugh, 1987)., el ácido algínico, en su estado natural se encuentra dentro de la pared celular, como una sustancia de naturaleza insoluble y amorfa que mantiene la estructura de los tejidos en las algas café (Hernández-Carmona & Aguirre-Vilchis, 1987). La extracción comercial del ácido algínico se realiza en algunos países como: Estados Unidos de Norte América, Inglaterra, Noruega, Francia, Alemania, Reino Unido, Dinamarca, Rusia y Japón (King, 1983; McHugh, 1987 SECOFI, 1995, com. escrita) como una práctica de carácter industrial a grande y pequeña escala, mediante el uso de carbonato de sodio y ácido mineral. Este producto tiene una amplia aplicación en la industria alimenticia, farmacéutica y textil entre otras (Haug, 1964; Casas-Valdez, 1975; **McDowell**, 1977; **Chapman & Chapman**, 1980; King, 1983; Hernández-Carmona, 1985; McHugh, 1987).

México es un país que presenta una importante reserva de **feofitas** entre las que destacan por su abundancia **Macrocystis pyrifera**, **Egrecia laevigata**. **Eisenia arborea** y **Sargassum** spp. (Huerta-Muzquiz, 1961; Casas-Valdez, *op. cit*; Hernández-Carmona, 1985).

El género **Sargassum** es el componente más **conspicuo** de la flora de aguas tropicales y subtropicales (McCourt, 1984), forma grandes mantos en la zona intermareal y submareal (Huerta-Muzquiz, 1978), crece en ambientes de playas con substrato rocoso, cantos rodados y guijarros (Fajardo-León, 1994).

En nuestro país, *Sargassum* spp., está bien representado en las costas del Golfo de México, Mar Caribe (Manzano-Montañón & Rosales-García, 1989) y en el litoral del Océano Pacífico; se encuentra en las costas de **Nayarit**, Jalisco y Zibuatanejo (Huerta-Muzquiz, 1978) y a lo largo de ambas costas de la península de Baja California (**Casas-Valdez**, 1981). Siendo muy abundante en Baja California Sur, (Norris, 1975; Hernández-Carmona, 1985).

En particular para la Bahía de la Paz se ha determinado que los mantos se componen de tres especies y dos variedades: *Sargassum sinicola* var. *sinicola* (62 %), *S. horridum* (25%), *S. sinicola* var. *camouii* (9%). y *S. lapazeanum* (4%), las cuales pueden estar presentes en un mismo manto (Fajardo-León, 1994). Las mayores áreas cubiertas por mantos de esta alga, se localizan en la costa oeste, desde la localidad conocida como Pozo de Rodríguez hasta Punta Cabeza de **Mechudo**, al noroeste de la Bahía, siendo la localidad conocida como Boca **Sauzoso** la que presenta mayores valores de biomasa cosechable (4,154 g/0.25 m<sup>2</sup>). El valor de cosecha total estimada para la Bahía de la Paz es de 18,900 t (17.973 ± 19.823 t) peso húmedo (Hernández-Carmona et al., 1990). Estas algas al finalizar la primavera se desprenden del substrato al cual se encuentran adheridas varándose en las playas. Anualmente se desaprovecha esta biomasa cosechable, debido a que actualmente en nuestro país existen pocos estudios relacionados con el empleo de *Sargassum* spp., encaminados a la extracción de alginatos a nivel industrial, o para utilizarse como complemento alimenticio para animales. Al respecto se conocen algunos trabajos que tratan sobre la variación estacional en el contenido de alginatos (Casas-Valdez 1975, 1982; Hernández-Carmona, 1985; Cruz-Ayala & Blanco-Carrasco, 1992), sin embargo hasta ahora, la mayoría de las investigaciones realizadas sobre este género se han enfocado principalmente a aspectos taxonómicos (Setchell & Gardner, 1924; Dawson, 1944, 1966; Norris, 1975; Espinoza-Avalos & Rodríguez-Garza, 1985, 1986; Manrique, 1986; Rocha-Ramírez & Siqueiros-Beltrones, 1990; y Nuñez-López & Casas-Valdez, 1996.), florísticos (Huerta-Muzquiz, 1961, 1978; Rocha-Ramírez & Siqueiros-Beltrones, 1990, 1991; Riosmena-Rodríguez et al., 1995); fenológicos (McCourt, 1984; Espinoza-Avalos & Rodríguez-Garza, 1986; Muñeton-Gómez, 1987, 1989; Muñeton-Gómez & Hernández-Carmona, 1993; Nuñez-López, 1993; Nuñez-López & Casas-Valdez, op. cit; así como de evaluación de la biomasa cosechable (Hernández-Carmona, et al., 1990; Casas-Valdez et al., 1993; Fajardo-León, 1994); y su posible uso en la alimentación humana y animal (Manzano-Montañón & Rosales-García, 1989; Castro-González et al., 1991; Carrillo-Domínguez et al., 1992 y Rodríguez-Bernal, 1995).

En relación a los volúmenes disponibles de *Sargassum* spp., a lo largo de ambas costas de la península de Baja California Sur, para Bahía Concepción se han **estimado 7,250 toneladas en peso húmedo** (primavera) (Casas-Valdez op. cit) y 18,900 toneladas en peso húmedo para la bahía de La Paz (primavera) (Fajardo-León, 1994). La biomasa por unidad de área se ha estimado para Bahía Magdalena (Isla Magdalena) es de 9 Kg peso **húmedo/m<sup>2</sup>** (primavera) y de 6.8 Kg/m<sup>2</sup> para Isla Margarita (otoño) (Sánchez Rodríguez et al., 1989).

En cuanto a los rendimientos de alginato de sodio extraídos a partir de *Sargassum* spp., expresados en base seca, Casas-Valdez (1985) reporta 35%, **mencionando** que *Sargassum* spp., es la especie que mas se acerca a los rendimientos de alginatos de sodio extraídos a partir de *Macrocystis pyrifera* (38%), sin embargo, menciona que los alginatos obtenidos de *Sargassum* spp., presentaron un color café **oscuro** que comercialmente no es deseable. Por su parte Chapman & Chapman (1980) reportan rendimientos del 30% para *Sargassum* spp., Hernández-Carmona (1985) obtuvo para *Sargassum sinicola* rendimientos que fluctuaron de 16 a 26% dependiendo de la época de colecta.

En relación a otros usos o aplicaciones para esta especie, Manzano-Montano & Rosalez-García, (1989) y Carrillo, *et al.*, (1992) señalan **que *Sargassum sinicola* es una** buena fuente de minerales, calcio y carbohidratos, además de contener algunos aminoácidos esenciales (arginina, triptofano y fenilalanina) por lo cual sugieren la posibilidad de emplear a esta alga **como** complemento alimenticio para el hombre o para animales domésticos de importancia económica; al respecto, Rodríguez-Bernal (1995) determinó el efecto de la adición de *Sargassum sinicola* en la dieta de gallinas de **postura**; observando que la inclusión de un 9% incrementó el grosor del cascarón, mejoró la calidad de la albúmina en el huevo y aumentó el contenido de proteínas en el mismo, además de **reducir** el extracto etéreo presente en el huevo.

Así se considera a *Sargassum* spp., como un recurso susceptible de ser explotado, ya sea para la extracción de alginatos, el cual, considerando sus múltiples usos, actualmente tiene una gran demanda en el mercado a nivel **mundial** (McHugh, 1987) o como complemento alimenticio para el hombre o para animales domésticos

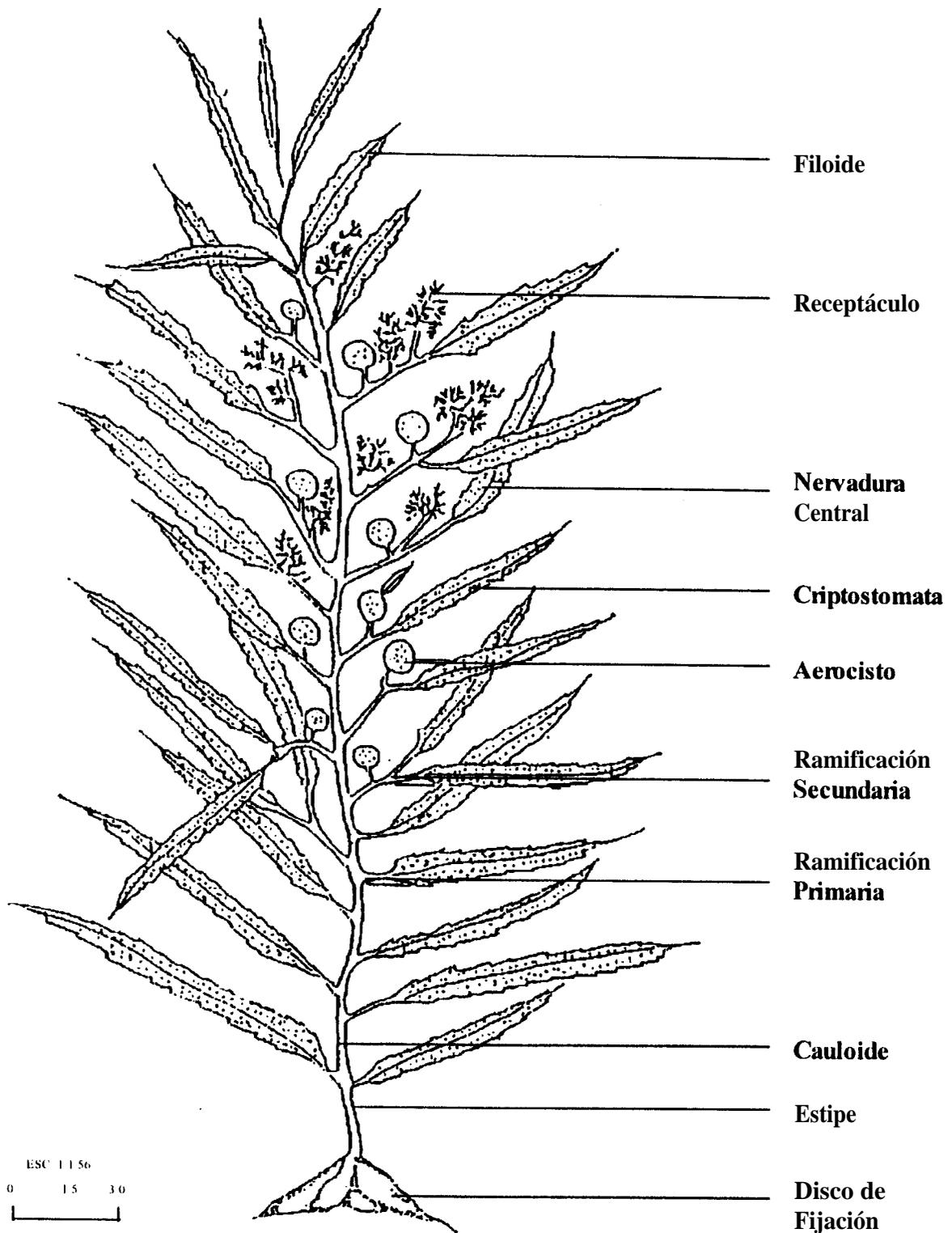


Fig. 1. Esquema de un ejemplar de *Sargassum* spp. (Setchell & Gardner) mostrando sus diferentes estructuras morfológicas (Sánchez-Rodríguez, 1989).

## 2. ANTECEDENTES

El ácido algínico fue descubierto por el inglés E.C.C. Stanford en el año de 1880, mientras realizaba investigaciones sobre la utilidad de productos provenientes de las algas marinas (King, 1983), a partir de este descubrimiento se han desarrollado varios trabajos con la finalidad de obtener altos porcentajes de rendimiento y una buena calidad del producto final expresada en viscosidad y pH; así, Krefting (1896) logró aislar el alginato puro. Green (1936) patentó un proceso para la obtención de ácido algínico y alginato de sodio, conocido como proceso en frío por que utiliza una temperatura de 10 °C en las etapas de digestión y clarificación. LeGloahec & Herter (1938) patentaron el proceso de obtención de alginato que fue usado por la Compañía Algin Corporation. Por su parte la compañía Kelco en California, empezó la producción comercial en 1929 (King, 1983). Haug & Larsen (1958) y Smidsrod & Larsen (1963) lograron mejorar la extracción del ácido algínico insoluble a alginato soluble mediante un pretratamiento de las algas con formaldehído. Después de algunos años Haug (1964) propuso la extracción del ácido algínico insoluble a alginato soluble por un proceso de dos etapas de intercambio iónico conocidas como pre-extracción y extracción. Myklestad (1968) analizó el proceso de intercambio iónico durante la etapa de pre-extracción ácida.

Otro antecedente de importancia es el trabajo realizado en Cuba por Noy-Cáceres (1993), quien estudió la influencia del pretratamiento del alga en el rendimiento de alginato de sodio, empleando muestras de *Sargassum* spp.

En México son pocos los trabajos que abordan el tema de la extracción de alginatos para las especies de *Sargassum* spp. Casas-Valdez (1985) cuantificó el contenido de alginatos de *Sargassum* spp, *S. vulgare*, *S. liebmanii*, *S. fluitans* y *S. filipendula* de las costas de México. Hernández-Carmona (1985) determinó las variaciones estacionales en el contenido de alginatos de *S. sinicola*; sin embargo, se ha trabajado más a este respecto con *Macrocystis pyrifera*.

Las primeras investigaciones realizadas sobre el género *Sargassum* fueron llevadas a cabo en el Golfo de California por Setchell & Gardner (1924) y Dawson (1944, 1966) quienes mencionan la gran variedad de especies de este género dentro del Golfo. Asimismo, Huerta-Muzquiz (1978) realizó un estudio florístico en esta misma área, señalando que, de las algas cafés presentes, las más abundantes corresponden al género *Sargassum*. McCourt (1984) realizó un trabajo sobre zonación y fenología de tres especies de *Sargassum* en el Golfo de California. Manrique (1986) trabajo sobre la taxonomía y ecología de *Sargassum* en el Golfo de California. Espinoza-Avalos & Rodríguez-

Garza(1986) compararon **la** relación entre **el** crecimiento de *Sargassum muticum* y la exposición al oleaje en la península de Baja California. Manzano-Montaña & Rosales-García (1989) realizaron un estudio sobre el aprovechamiento de *Sargassum sinicola* en la alimentación humana y animal, señalando que esta especie es rica en minerales, carbohidratos y algunos aminoácidos esenciales, por lo cual sugieren la posibilidad de utilizarla para el consumo humano y recomiendan someterla a algunos tratamientos adicionales como desalado, escaldado y enlatado para mejorar su digestibilidad y aceptabilidad, asimismo recomiendan ampliar el estudio sobre la posible aplicación de esta alga en productos dietéticos. Para consumo animal recomiendan el uso de esta alga sin lavar así como la realización de pruebas de digestibilidad *in situ e invitro*. Carrillo-Domínguez *et al.*, (1992) realizaron un estudio sobre la composición química de harina de *Sargassum sinicola*, observando que los carbohidratos y minerales son muy abundantes, además de contener algunos aminoácidos esenciales, razón por la cual recomiendan realizar estudios más detallados con aves y rumiantes que aporten información sobre la digestibilidad de los carbohidratos y el aprovechamiento de los aminoácidos y minerales por parte de estos animales; asimismo sugieren su utilización como fuente de pigmentos en la alimentación animal ya que observaron un contenido de xantofilas importante (69 mg/kg) superior al del maíz amarillo (17.6 mg/Kg). Rodríguez-Bernal (1995) determinó el efecto de la adición de *Sargassum sinicola* en la dieta de gallinas de postura recomendando realizar más estudios para apoyar una mayor utilización de las algas marinas en la nutrición humana y animal. Núñez-López (1993) y Núñez-López & Casas-Valdez (1996) determinaron la fenología, así como la variación estacional de la biomasa y talla de *Sargassum* spp., en tres zonas de Bahía Concepción. Casas-Valdez *et al.*, (1993) estimaron los volúmenes de biomasa total cosechable de *Sargassum* spp., en la costa oeste de Bahía Concepción.

Respecto a estudios realizados sobre el género *Sargassum* en la Bahía de la Paz, destacan las investigaciones de Espinoza-Avalos & Rodríguez-garza (1985) quienes propusieron un método para determinar la edad de *Sargassum sinicola* mediante el corneo de marcas o cicatrices en el estipe o mediante la longitud de éste; además de realizar un estudio fenológico, reproductivo y de trasplante de poblaciones de *Sargassum sinicola* en el Cajete y las Pacas en la Bahía de la Paz (Espinoza-Avalos & Rodríguez-Garza, 1987). De igual forma estimaron el crecimiento de esta alga (Espinoza-Avalos & Rodríguez-Garza, 1989).

Por su parte Rocha-Ramírez & Siqueiros Beltrones (1990) realizaron una revisión de las especies del género *Sargassum* registradas para la Bahía de la Paz utilizando los ejemplares del Herbario de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. Mientras que Muñetón-Gómez (1987) realizó estudios de fenología de *Sargassum horridum* en tres localidades de la Bahía, así como sobre su morfología y época de reproducción Muñetón-Gómez (1989), y Muñetón-Gómez & Hernández-Carmona (1993) estudiaron su crecimiento estacional. Hernández et al., (1990) evaluaron la biomasa total cosechable de *Sargassum* spp., para la Bahía de la Paz y Fajardo-León (1994) determinó las especies presentes en la Bahía.

### 3. JUSTIFICACION

Las algas mas abundantes en la Bahía de La Paz, B.C.S., son las del género *Sargassum* presentando su máximo desarrollo durante la primavera. Las mayores áreas cubiertas por *Sargassum* spp., se localizan en la costa oeste de la Bahía, encontrándose los máximos valores de biomasa cosechable en la localidad conocida como Boca Sauzoso con 4,154 g/ 0.25 m<sup>2</sup>, asimismo el valor total de cosecha estimada es de 18,000 a 20,000 toneladas de peso húmedo (Hernández-Carmona et al., 1990; Fajardo-León, 1994), al finalizar la primavera las especies del género *Sargassum* se desprenden del substrato al cual se encuentra adherida, varándose en las playas y desaprovechándose esta biomasa. Estudios químicos demuestran que *Sargassum sinicola* representa una buena fuente de **carbohidratos** y minerales ( fósforo, sodio, magnesio, potasio y calcio) así como algunos aminoácidos esenciales (lisina, **fenilalanina**-tirosina, treonina y triptofano) que lo hacen un buen complemento alimenticio vegetal para consumo humano mientras que por su contenido en histidina y arginina representa un buen complemento en la alimentación animal. Dada la biomasa existente, su fácil recolección y manejo, así como el contenido de productos industrializables. se podría considerar a este género como un recurso potencial, ya sea para la extracción de alginatos o para su consumo en forma directa. Sin embargo, en nuestro país no existen estudios específicos relacionados con el proceso de extracción de alginato de *Sargassum* spp., que permitan obtener un alto porcentaje de rendimiento y buena calidad del producto final. Por otra parte los pocos estudios que se han realizado respecto a su composición química son para especies específicas, sin embargo, se ha observado que en un mismo manto se encuentran entremezcladas varias especies del mismo género por lo que los estudios que se generen sobre la composición química de la mezcla de estas especies servirá para determinar la mejor forma de aprovechar este recurso.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de una técnica de extracción de alginato de sodio a nivel de laboratorio a partir de muestras de *Sargassum* spp., colectadas en la Bahía de la Paz en diferentes meses, variando la temperatura de extracción alcalina, como una alternativa tecnológica para la obtención de un producto útil a nivel industrial. Asimismo, analizar la composición química proximal de la mezcla de algas de este género para evaluar el valor nutricional de la misma y en su caso, proponer su uso como complemento alimenticio de humanos o animales.

## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 AREA DE ESTUDIO

La Bahía de la Paz es el cuerpo de agua más grande del litoral este de la Península de Baja California, tiene una superficie de aproximadamente 1,200 Km<sup>2</sup> (Muñetón-Gómez, 1987). Se localiza entre los 24°47' y 24°06'N y los 110° 18' y 110°40'W, limitan a la Bahía, punta Cabeza **Mechudo** al norte, La Ensenada de la Paz al sur, la Isla Espíritu Santo, el Canal de San Lorenzo y Punta Pichilingue al este; al oeste la cercan abanicos aluviales costeros al pie de la Sierra de la Giganta (Contreras, 1985). Al fondo de la Bahía se encuentra la Ensenada de La Paz, entre 24°07' y 24°11'N, y 110°18' y 110°25'W (Fig. 2).

### 5.2. METODOLOGIA

#### 5.2.1 COLECTA DE MATERIAL BIOLÓGICO

Para el desarrollo de este trabajo se llevaron a cabo colectas mensuales de *Sargassum* spp., en forma manual durante las siguientes fechas: febrero, 15, marzo 15, abril 15, y mayo 15 de 1995, en la localidad conocida como Boca **Sauzoso**, en la Bahía de La Paz **B.C.S**, la cual según Fajardo-León (1994) se caracteriza por presentar la mayor biomasa cosechable en la Bahía. La muestra estuvo constituida por 50 individuos colectados al azar, se seleccionó este tamaño de muestra para dar una mayor confiabilidad estadística en los resultados al evitar la influencia de las variaciones individuales que pudieran presentarse (Baardseth & Haug, 1953).

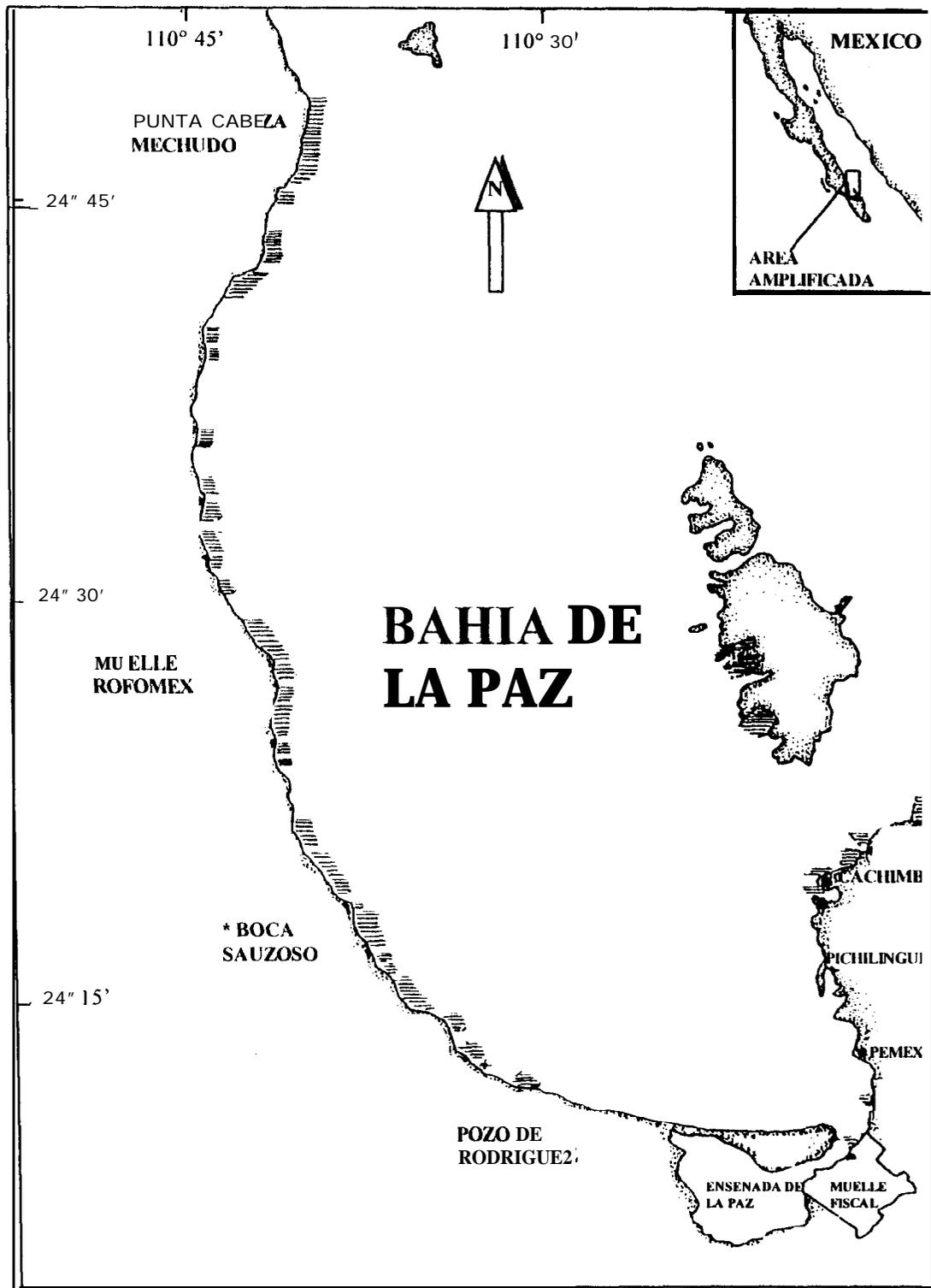


Figura 2. Localización del área de estudio.  Distribución de los mantos de *Sargassum* spp; \* Punto de colecta.

Una vez obtenida la muestra se trasladó a la Planta Piloto de Producción de Alginatos del **CICIMAR** donde se dividió en dos partes. El 50 % de la muestra no recibió ningún tratamiento previo, mientras que el otro 50 % fue lavado con solución de formaldehído al 0.01% (V/V), preparado con agua dulce, ambas muestras fueron extendidas y seca das directamente al sol.

## 5.2.2 OBTENCION DE ALGINATOS

Para la extracción de alginato de sodio se empleó el método de extracción de alginatos de **Hernández-Carmona et al** (patente en trámite) con variaciones de temperatura en la etapa de extracción alcalina ( 65, 80, y 95 “C) a fin de observar el efecto que tiene ésta sobre el rendimiento y la calidad del producto final en términos de viscosidad medida en una solución al 1 % . El proceso para la obtención de alginato de sodio en laboratorio consistió de los siguientes pasos.

### I. REDUCCION DE TAMAÑO DE LA MATERIA PRIMA:

Después de que las algas fueron secadas, se molieron en un molino de martillos y se tamizaron a través de una malla de número 40 (0.84 mm de abertura de luz) con la finalidad de que los reactivos usados, como ácidos y álcali reaccionaran más fácil y rápido dentro de la estructura del alga.

### II. TAMAÑO DE LA MUESTRA:

Para elegir el tamaño de la muestra se realizaron experimentos preliminares en los cuales se encontró que el rendimiento de alginato en peso seco de *Sargassum* spp., fue en promedio de 11 % por lo cual, se determinó que el tamaño de la muestra fuera de 40 g, con la finalidad de obtener suficiente alginato para realizar las pruebas de calidad del producto final, que requieren como mínimo 3 g de muestra terminada (alginato). Asimismo, los experimentos se realizaron por triplicado, basándonos en las recomendaciones de González-Fragozo (1983).

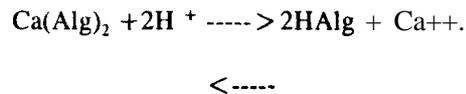
### III. TRATAMIENTO CON FORMALDEHIDO (HIDRATAACION)

Las muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., se hidrataron durante 12 horas con solución de

formaldehído al 0.1 % considerando una parte de alga por nueve de solución de formaldehído, esto con el fin de incrementar los porcentajes de rendimiento, viscosidad y llevar a cabo la decoloración para obtener un producto de mejor calidad (Haug, 1964).

#### IV. PRE-EXTRACCION

Esta etapa permite la transformación de las sales de alginato a ácido algínico mediante un intercambio iónico en el que se liberan principalmente iones de calcio (Haug, 1964), llevándose a cabo la siguiente reacción:



La muestra hidratada se colocó en un vaso de precipitado, se adicionaron 200 ml de agua destilada y se realizaron tres lavados de 15 min cada uno adicionando HCl 0.1N hasta llevar la solución a un PH de 4.

#### V. EXTRACCION ALCALLNA

El propósito de esta etapa es convertir el ácido algínico a su forma soluble de alginato de sodio de manera que pueda ser separado del resto de los componentes algales (Haug, 1964), se lleva a cabo la siguiente reacción:



Después del tratamiento ácido la muestra se colocó en un vaso de precipitado con un volumen de agua de 25 partes por una de alga, se adicionó a la muestra una solución de carbonato de sodio al 10 % ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) hasta obtener un pH de 10, manteniéndose en agitación y baño María durante 2 hrs.

Este paso puede ser usado para controlar la viscosidad del producto final. Altas temperaturas y tiempos prolongados conducen a un rompimiento de las cadenas de los ácidosurónicos y consecuentemente un bajo porcentaje de rendimiento de alginato de sodio, así como una disminución considerable en la viscosidad (McHugh, 1987). Cabe mencionar que en el presente trabajo las extracciones se realizaron empleando temperaturas de 65,80, y 95°C, para observar su efecto sobre los parámetros antes mencionados.

## **VI. DILUCION**

A medida que transcurre la extracción se forma una pasta la cual se vuelve viscosa como mermelada, por lo que fue necesario diluirla con 800 ml de agua caliente, con el fin de facilitar la siguiente etapa.

## **VII. FILTRACION**

El alginato de sodio diluido debe ser ahora separado de los residuos sólidos insolubles, los cuales son principalmente celulosa, para obtener un licor claro, la pasta diluida se filtró con una bomba de vacío a través de una capa de tierra de diatomeas sobre papel filtro.

## **VIII. PRECIPITACION CON CLORURO DE CALCIO**

El alginato de sodio en solución se precipitó a su forma de alginato de calcio insoluble (sólido), para su mejor manejo en las etapas posteriores (McHugh, 1987).

La solución filtrada se precipitó en caliente, añadiendo una solución de cloruro de calcio al 10 %, en una cantidad de 6.76 miliequivalentes de cloruro de calcio por gramo de alga utilizada, manteniendo una agitación constante durante 15 minutos.

## **IX. CONVERSION A ACIDO ALGINICO**

Aquí el propósito es obtener un material fibroso de ácido algínico el cual puede ser fácilmente separado y drenado. Esta etapa consiste en un intercambio iónico (Calcio/Hidrógeno) en el alginato de calcio y se lleva a cabo colocando la muestra en 200 ml de agua en agitación constante y ajustando el pH a 2.0, se realizan dos lavados más repitiendo el mismo procedimiento pero llevando la solución a un pH de 1.8, y 1.8 en agitación constante con un ácido mineral diluido, como el HCl.

## **X. CONVERSION DE ACIDO ALGINICO A ALGINATO DE SODIO**

Las fibras de ácido algínico fueron colocadas en un vaso de precipitado y se adicionó una mezcla de alcohol-agua en proporción 1: 1 en un volumen de 15 ml por gramo de alga. Se añadió una solución de ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

al 10 % hasta obtener un pH de 8. La muestra se mantuvo en agitación durante una hora, utilizando un agitador magnético.

## XI. LAVADO Y SECADO

Terminada la reacción de conversión, el alginato de sodio se filtró y se eliminó el exceso de agua, posteriormente se lavó con alcohol etílico, se prensó y desmenuzó manualmente, se colocó en una caja de Petri y finalmente se secó a 50°C **durante 24 hr** en una estufa.

## XII. MOLIENDA

Para las determinaciones de la calidad del producto final, el alginato de sodio seco se trituró con la ayuda de un mortero y mazo, posteriormente se pesaron **2 gramos** y se diluyó al 1%.

## XIII. DETERMINACION DE RENDIMIENTO

Se calculó el porcentaje de alginato en función del peso de la muestra del alga mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de alginato de sodio} = \left( \frac{\text{peso del alginato}}{\text{peso de la muestra}} \right) \times 100$$

### 5.2.2.1 DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

#### a) MEDICION DE **pH**

El pH es un **índice** de calidad del alginato ya que se ha observado que la velocidad de **depolimerización** a valores de pH mayores que 11, es más rápida (Rodríguez-Montesinos & Hernández-Carmona, 1991). El pH se midió directamente con un potenciómetro digital con resolución de 0.001.

## b) MEDICION DE LA VISCOSIDAD APARENTE

La viscosidad se determinó preparando una solución de alginato de sodio al 1 % (2g en 200ml de agua), dicha solución se agitó con una barra magnética durante 1 hora aproximadamente (hasta que no presentara ningún grumo); luego se llevó a 22°C y se midió la viscosidad con un viscosímetro Brookfield LTV (a 60 rpm) realizándose cambios en el número de aguja (1 y 2 ) cuando esto fue necesario, debido a las diferentes viscosidades que presentaron las soluciones, asimismo se **realizarón** las conversiones cuando estas fueron necesarias, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Viscosidad en centipoises (cps)} = \text{lectura} \times \text{factor.}$$

### 5.2.3 ANALISIS QUIMICO PROXIMAL DE *Sargassum spp.*

Mediante el Análisis Químico Proximal se determina y evalúa la composición química de un producto en términos de sus principales grupos de nutrientes; así, con el objeto de determinar si *Sargassum spp.*, puede ser utilizada en forma directa o como complemento alimenticio para el hombre o para animales se realizó un Análisis Químico Proximal de acuerdo a las normas establecidas por la **Official Methods of Analysis** de la Association of Analytical Chemistry (AOAC, 1990). El análisis, constó de las siguientes determinaciones; humedad, cenizas o materia mineral, fibra cruda, proteína cruda, extracto etéreo o grasa cruda y el extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), este se calculó restandole a 100 % la sumatoria de las determinaciones antes mencionadas, las cuales fueron expresadas en porcentaje en base al peso seco del alga. De la misma manera, se realizó la determinación de la fracción insoluble de la pared celular. La pared celular esta constituida por una porción considerable de alginatos. así para estimar el contenido celular relativo, este se resto a la suma de la fracción insoluble más la porción de alginatos; finalmente se determinó la energía bruta, la digestibilidad multienzimática y el contenido de minerales de *Sargassum spp.* Tejada (1995) menciona que con el objeto de reducir el error de las muestras deben trabajarse por duplicado, por lo cual en este **trabajo** todas las determinaciones se realizaron por duplicado y además se consideró que las replicas presentaran una desviación estándar con un máximo permisible de 0.2 de diferencia; asimismo para la realización de las determinaciones se utilizaron dos gramos de *Sargassum spp.* seco con excepción de la pared

celular en la que se utilizó 0.5 g (de muestra) y la energía bruta en la cual se utilizó 1 gramo de alga esta fue previamente homogeneizada y molida.

#### 5.2.3.1 HUMEDAD

Se llevo a cabo por el método de desecación, que es de los más comunes para valorar el contenido de humedad en la muestra. La técnica consistió en poner a peso constante charolas de aluminio en una estufa a 110 °C durante una hora, las cuales se dejaron enfriar de 20 a 25 minutos en un desecador, después se pesaron y se les adiciono 2g de muestra de alga seca, posteriormente las muestras se metieron a la estufa a 110°C durante una hora, se enfriaron durante 20 a 25 minutos en el desecador y se procedió a pesar la muestra cada hora hasta que se obtuvo un peso constante, el cual se obtiene cuando existe una variación mínima de 2 mg entre los dos últimos pesos registrados. La diferencia entre el peso inicial y el peso final de la muestra, dividido entre el peso inicial y multiplicada por 100, da el porcentaje de humedad en la muestra (De León, 1961; Pearson, 1976).

#### 5.2.3.2 CENIZAS

Estas se determinaron mediante la calcinación de toda la materia orgánica contenida en la muestra. Para lo cual se pusieron a peso constante crisoles (se colocaron en la mufla a 550°C durante una hora) se dejaron enfriar durante media hora en una estufa y se pasaron al desecador durante 25 minutos, después de ese tiempo se pesaron y adicionaron 2g de muestra de alga seca, registrándose nuevamente el peso. La muestra se carbonizó lentamente para evitar pérdidas por arrastre en el humo; cuando cesó su desprendimiento se paso a una mufla con una temperatura de 500°C hasta que las cenizas estuvieran libres de carbón (color blanco o gris), este paso dura aproximadamente de 2 o 4 horas dependiendo del contenido de cenizas en la muestra, posteriormente se dejo enfriar en el desecador durante 15 minutos (este se abrió con cuidado, para evitar la proyección de cenizas) después de lo cual se procedió a pesar la muestra (De León, op. cit.).

### 5.2.3.3 FIBRA CRUDA

Se determinó mediante una digestión ácida (ácido sulfúrico hitviendo 0.255 N) que disuelve parte de la hemicelulosa y una digestión alcalina (hidróxido de sodio al 1.25 %) que disuelve **parte** de la lignina (Latsen, 1975; Peatson, 1976).

Para la realización de esta técnica se pesaron 2 g de muestra de alga seca y desgrasada (se empleó el residuo de la extracción etérea), se agregaron 0.5 gramos de asbesto previamente tratado y se transfirió a un vaso Betzelius; se añadieron 200 ml de ácido sulfúrico hitviendo (0.255 N) y 1 ml de antiespumante (**octanol**) así como algunas perlas de ebullición, la solución se **vertió** en un vaso y se calentó en el aparato condensador rotándose periódicamente para evitar que los sólidos se pegaran en él, se dejó hervir por 30 minutos, la muestra se filtró y lavó con agua destilada caliente (aproximadamente con 800 ml de agua), hasta obtener un pH neutro (7) y **observar** que el filtrado no fuera turbio; el residuo se dejó secar y se **vertió** nuevamente en el vaso de extracción, posteriormente se añadieron 200 ml de álcali hitviendo (hidróxido de sodio al 1.25 %) y se colocó en el aparato condensador la solución se dejó **hervir nuevamente** por 30 minutos, se volvió a filtrar y lavar con agua destilada caliente hasta un pH neutro, el filtrado se raspó con una espátula procurando que la muestra saliera de una sola pieza, esta se colocó en un crisol (previamente puesto a peso constante quitando con cuidado las perlas de ebullición) y se metió a la estufa a temperatura de 110° C por dos horas con la finalidad de secar el residuo del agua, se enfrió en un desecador y se pesó (se tomó el peso como muestra seca). La muestra se calcinó en la mufla a 600°C durante 30 minutos, posteriormente se enfrió en la estufa durante 20 minutos, se pasó al desecador 20 minutos y se pesó nuevamente (se tomó el peso como muestra calcinada) finalmente la pérdida de masa es considerada la fibra **cruda** (Latsen, 1975; Peatson, 1976).

### 5.2.3.4 PROTEINA CRUDA

Para la realización de esta determinación se pesó sobre un papel previamente **tarado** y libre de sustancias nitrogenadas (papel arroz), 2g de muestra seca de *Sargassum* spp., luego se depositó en un matraz de kjeldahl. La determinación se realizó mediante el método de **Kjeldahl** el cual consta de tres pasos, digestión, destilación y titulación, el contenido de nitrógeno obtenido es multiplicado por 6.25 (Latsen, op. cit); en general, éste método determina la materia nitrogenada total, que incluye tanto al nitrógeno proteico como el no proteico.

### 5.2.3.5 **EXTRACTO ETereo (grasa cruda)**

Se determinó por el método de Soxhlet. Esta técnica se fundamenta en la extracción de la fracción lipídica y líposoluble de la muestra por medio de la acción de lavado con un solvente no polar (hexano o éter) sobre una cantidad de muestra cuyo peso se conoce.

El solvente extrae de manera continua a los lípidos y sustancias líposolubles, como algunas vitaminas y pigmentos en un aparato provisto con un sistema de destilación (De León, 1961). Para esta determinación se pesaron 2g de muestra seca de *Sargassum* spp., sobre papel filtro número 42 (puesto previamente a peso constante) el cual se colocó dentro de un cartucho de celulosa Whatman dispuesto en un soporte; colocandolo en el aparato de reflujo en contacto con los vasos metálicos (puestos a peso constante previamente), que contenían 80 ml de éter etílico anhidro, realizando la extracción durante 6 hrs aproximadamente, ya extraída y concentrada la grasa, se procedió al enfriamiento, al cabo de 30 minutos se retiró el cartucho, quedando la muestra disuelta en el éter. el que posteriormente se colecta, a continuación se dejó la muestra en el vaso metálico durante dos horas en la campana de extracción, para luego meterlos a la estufa a 100 °C durante 24 horas, posteriormente se depositaron en el desecador durante 15 minutos, luego se procedió a pesar la muestra y por diferencia de peso, se calculó el porcentaje de lípidos contenidos en la muestra.

### 5.2.3.6 **EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (hidratos de carbono)**

Esta determinación se obtiene por diferencia del 100 % de la sumatoria de los porcentajes obtenidos de las anteriores determinaciones (humedad, ceniza, grasa, fibra cruda y proteína) (Tejada, 1985).

### 5.2.4 **DETERMINACION DE LA PARED CELULAR PARCIAL**

Esta técnica se basa en emplear un sistema de detergente neutro (solución de detergente sulfato de lauril-sodio tamponado a pH 7) el cual rompe las paredes de las células y libera el contenido celular (De León, 1961). En este proceso se usaron 0.5 g de muestra seca, molida y homogenizada de *Sargassum* spp., la cual se colocó en un matraz Erlenmeyer con capacidad de 125 ml adicionandole 50 ml de solución detergente neutro, a temperatura ambiente, la muestra se sometió a hidrólisis en parrillas de calentamiento y tubos con agua fría; se dejó hervir (100°C) durante

60 minutos controlando la temperatura (para evitar pérdidas), posteriormente la muestra se colocó en un crisol Gooch (puesto a peso constante) y se filtró al vacío con agua caliente (90-100°C), luego se procedió a lavar la muestra dos veces con acetona, una vez que el acetona se evaporó, la muestra se pasó a secado en una estufa a 105°C durante toda la noche, luego se enfrió en un desecador y se pesó; la diferencia entre el peso del crisol conteniendo la muestra y vacío, sobre el peso original y multiplicado por 100, corresponde al residuo fibroso contenido en las paredes celulares. el contenido celular se calculó sumando las porciones del material insoluble y los rendimiento de **alginato** de sodio obtenido a 95°C y después se resto del 100%.

### 5.2.5 DETERMINACION DE LA ENERGIA BRUTA

La determinación de energía bruta se determinó mediante el uso de una bomba calorimétrica de Parr (Tejada, 1985), en donde 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 (Tejada, op. cit). Para el presente trabajo se utilizó 1g de muestra seca de *Sargassum* spp., procediendo de la siguiente manera: Con un pelletizador se hizo una pastilla y se colocó en la cápsula de combustión en contacto con un alambre de ignición de 10cm, previamente pesado; se añadió 1 ml de agua destilada en la bomba y se cerró. Posteriormente se siguió con todos los pasos y procedimientos que estipula la técnica para la determinación de la energía bruta expresada en Kilocalorías (Tejada, op. cit).

### 5.2.6 DIGESTIBILIDAD MULTIENTZIMATICA

Por medio de esta técnica se determinó la digestibilidad de la proteína contenida en *Sargassum* spp. El método consistió en incubar 2g de alga seca en una suspensión acuosa a 37°C con una combinación de las enzimas peptidasa, tripsina y quimotripsina. El pH inicialmente ajustado a ocho decreció rápidamente durante los primeros minutos de incubación, estabilizándose de manera gradual a los 10 minutos de la misma aproximadamente. El drástico decremento en el pH de la solución se debió a la liberación de hidrógeno (H<sup>+</sup>) de los grupos carboxilos que fueron separados de la estructura proteica por efecto de la digestión multienzimática (Tejada, 1985).

### 5.2.7 CUANTIFICACION DE MINERALES

Se cuantificaron los siguientes minerales constituyentes de *Sargassum* spp: fósforo, magnesio, cobre, zinc, potasio, sodio y calcio, dicha cuantificación se realizó mediante dos técnicas:

#### a) COLORIMETRIA

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 2g de muestra seca de *Sargassum* spp., con reactivos preparados a base de hidroquinona, molibdato de amonio y sulfato de sodio. La lectura obtenida se interpoló en una curva patrón preparada previamente (Pro, 1979). 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 espectrófotometro (Pearson, 1976).

#### b) ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA

Esta técnica se utilizó para la cuantificación de magnesio, cobre, zinc, potasio y calcio. Se basa en la absorción de luz visible o ultravioleta por átomos en estado gaseoso. La conversión de 2g de muestra seca de *Sargassum* spp., 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 (Fritz & Schenk, 1979).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 RENDIMIENTO DE ALGINATO DE SODIO

El tratamiento de lavar las muestras antes de realizar la etapa de extracción alcalina siempre arrojó porcentajes de rendimiento de alginato de sodio estadísticamente mayores ( $p < 0.05$ ) en comparación con las muestras que no recibieron ningún tratamiento (Fig. 3).

Se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ); entre los rendimientos de alginato de sodio cuando las muestras fueron tratadas con diferentes regímenes de temperatura durante la etapa de extracción alcalina, siendo la temperatura de 95°C la que presentó un valor promedio con rendimientos significativamente mayores para ambos tratamientos respecto a las otras temperaturas empleadas (65 y 80°C) (Fig. 3).

Asimismo se observó una diferencia significativa en el contenido de alginato de sodio extraído de *Sargassum* spp., entre los diferentes meses en que este fue colectado, observándose un aumento progresivo mensual hasta alcanzar el máximo rendimiento en el mes de mayo para ambos tratamientos, siendo significativamente mayor para las muestras que fueron lavadas (Fig. 3).

Para las muestras sin lavar el máximo porcentaje de rendimiento de alginato de sodio fue de 11.87 % para las muestras colectadas en el mes de mayo empleando una temperatura de extracción de 65 °C y el mínimo porcentaje de rendimiento fue de 6.6 % para las muestras de febrero empleando una temperatura de extracción de 65°C, mientras que para las muestras lavadas el máximo porcentaje de rendimiento de alginato de sodio fue de 16.84 % en mayo empleando una temperatura de extracción de 95°C y el mínimo porcentaje de rendimiento fue de 7.15 % en febrero empleando una temperatura de extracción de 65°C; con el fin de mostrar los datos exactos, se muestran los valores en las tablas 1 y 2, los cuales representan el promedio de tres réplicas.

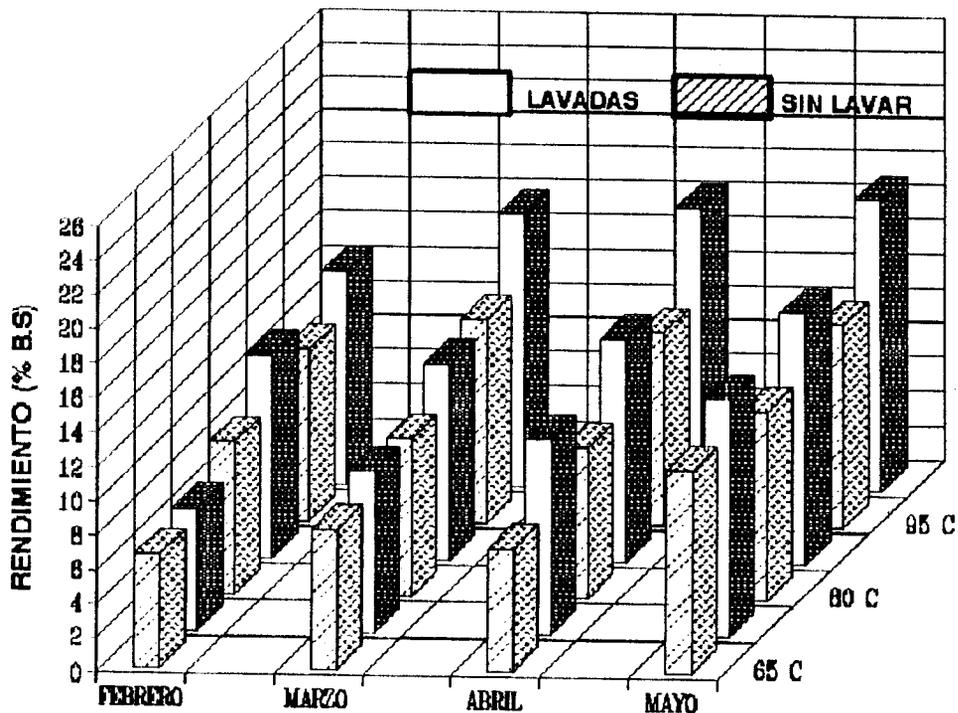


Figura 3. Variación mensual del rendimiento de alginato de sodio de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S., en 1995, bajo tres regímenes de temperatura.

## 6.2 DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

### 6.2.1 DETERMINACION DE pH.

Las soluciones de alginato de sodio al 1 % obtenido de *Sargassum* spp., presentaron valores similares de pH para ambos tratamientos, las muestras sin lavar fluctuaron entre un máximo de 7.5 y un mínimo de 7, mientras que para las muestras lavadas los valores de pH fluctuaron entre un máximo de 7 y un mínimo de 6.67 (Tablas 1 y 2), lo que indica que la etapa de conversión de ácido algínico a alginato de sodio fue eficiente.

### 6.2.2 DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD APARENTE

Respecto a la viscosidad aparente del alginato de sodio obtenido de *Sargassum* spp., se observó una diferencia significativa para las muestras que recibieron el tratamiento de lavado antes de realizar la extracción ( $p < 0.05$ ) (Fig. 4).

La mayor viscosidad aparente promedio obtenida después de adicionar un secuestrante de iones calcio (viscosidad II) que se obtuvo para las muestras lavadas se presentó en el mes de mayo (109.33 cps) empleando una temperatura de extracción de 65 °C, mientras que para las muestras sin lavar se presentó en el mes de abril (78.63 cps) empleando una temperatura de extracción de 80 °C. Asimismo, la viscosidad aparente promedio mínima para las muestras lavadas se presentó en el mes de marzo (26.43 cps) empleando una temperatura de extracción de 95°C mientras que para las muestras sin lavar se presentó en el mes de febrero (7.00 cps); empleando una temperatura de extracción de 95°C (Tablas 1 y 2), observándose diferencia significativa en la viscosidad aparente entre los diferentes meses en que fueron colectadas las muestras de *Sargassum* spp., ( $p < 0.05$ ).

TABLA 1. Rendimiento, viscosidad aparente y pH de alginato de sodio obtenido de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S., con muestras sin lavar.

TEMPERATURA °C	MES	RENDIMIENTO EN PESO (g)	RENDIMIENTO EN PORCENTAJE	VISCOSIDAD I (cps)	VISCOSIDAD LI (cps)	PH
65	FEBRERO	2.64	6.60	8.77	7.77	7.30
80		*3.55	8.88	8.43	7.83	7.00
95		*3.92	9.99	8.07	7.00	7.00
65	MARZO	3.27	8.17	83.37	63.70	7.00
80		*3.66	9.14	85.47	66.47	7.00
95		*4.70	11.74	93.10	70.07	7.00
65	ABRIL	2.86	7.15	61.20	51.53	7.00
80		*3.52	8.79	108.17	78.63	7.50
95		*4.46	11.50	79.27	70.60	7.00
65	MAYO	4.75	11.87	51.20	40.00	7.00
80		*4.41	11.01	32.20	29.47	7.00
95		*4.67	11.69	42.80	38.90	7.00

\* Réplica.

TABLA 2. Rendimiento, viscosidad aparente y pH de alginato de sodio obtenido de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S., con muestras lavadas.

TEMPERATURA $^{\circ}$ C	MES	RENDIMIENTO EN PESO (g)	RENDIMIENTO EN PORCENTAJE	VISCOSIDAD I (cps)	VISCOSIDAD II (cps)	pH
65	FEBRERO	2.86	7.15	70.37	59.67	7.00
80		<b>*4.66</b>	11.66	97.83	68.13	7.00
95		<b>*4.91</b>	12.28	81.60	72.83	7.00
65	MARZO	3.79	9.47	92.43	87.97	7.00
80		<b>*4.52</b>	11.30	81.03	70.30	7.00
95		<b>*6.31</b>	15.76	34.73	26.43	7.00
65	ABRIL	4.57	11.42	143.83	103.83	7.00
80		<b>*5.14</b>	12.86	89.30	69.13	7.00
95		<b>*6.49</b>	16.22	91.50	68.07	6.67
65	MAYO	5.56	13.90	141.17	109.33	7.00
80		<b>*5.80</b>	14.50	96.97	80.13	6.67
95		<b>*6.90</b>	16.84	115.56	76.37	7.00

\* Réplica.

La temperatura jugó un papel importante durante la etapa de extracción alcalina, lo cual se reflejó en los valores de viscosidad promedio obtenidos (viscosidad II), observándose diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), así, para las muestras lavadas las mayores viscosidades promedio se presentaron empleando una temperatura de extracción alcalina de 65°C, con excepción del mes de febrero en el cual la viscosidad promedio mas alta se presentó a los 95°C. Con respecto a las muestras sin lavar se observó un patrón poco uniforme, ya que en el mes de febrero la mayor viscosidad promedio se obtuvo a los 80°C, en marzo a los 95°C, en abril a los 80°C y en mayo a los 65°C (Tablas 1 y 2 y Fig. 4).

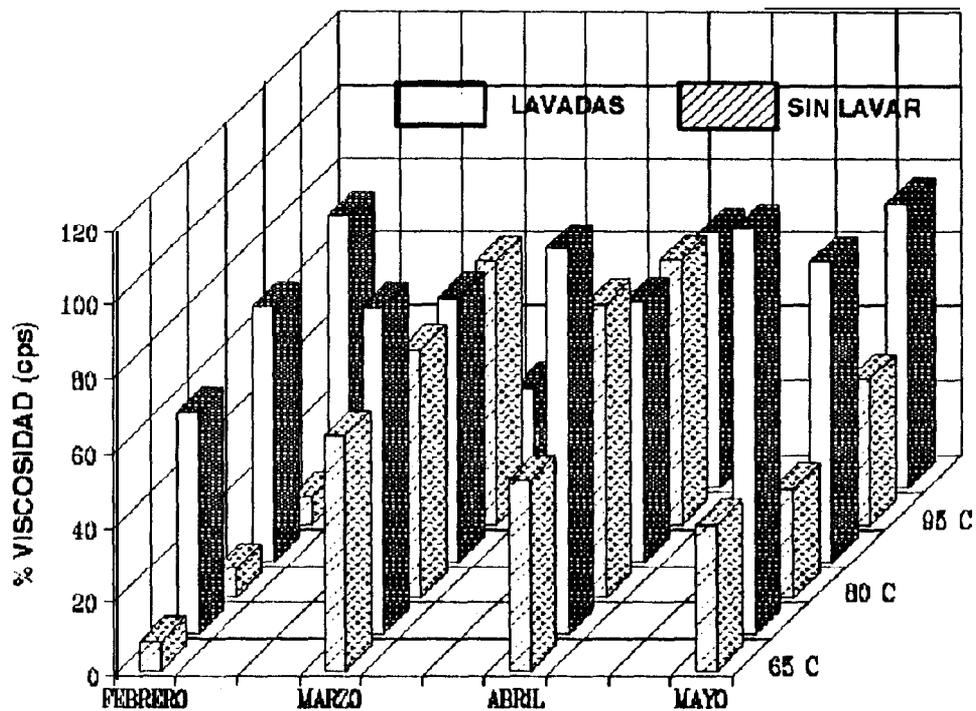


Figura 4. Variación mensual de la viscosidad aparente de alginato de sodio al 1% obtenido de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S., en 1995, bajo tres regímenes de temperatura.

### 6.3 ANALISIS QUIMICO PROXIMAL

#### 6.3.1 HUMEDAD

El análisis químico proximal mostró que para las muestras sin lavar los valores de porcentaje de humedad fluctuaron entre un promedio mínimo de 8.44 % en el mes de abril a un máximo de 11.42 % en el mes de febrero, mientras que las muestras lavadas presentaron un promedio mínimo de 9.42 % en abril y un máximo de 12 % en febrero (Tabla 3, y Figs. 5 y 6).

Se encontró diferencia significativa entre los porcentajes de humedad que presentaron las algas colectadas en los diferentes meses de muestreo ( $p < 0.05$ ).

El análisis entre tratamientos mostró que los valores observados de las muestras lavadas fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ).

Tabla 3. Porcentaje de la humedad obtenida con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MUESTRAS SIN LAVAR				MUESTRAS LAVADAS		
MES	% DE HUMEDAD	MEDIA	STD	% DE HUMEDAD	MEDIA	STD
FEBRERO	11.45 *11.39	11.42	0.03	12.01 *11.99	12.00	0.01
MARZO	9.45 *9.41	9.43	0.02	9.78 *9.55	9.67	0.11
ABRIL	8.63 *8.24	8.44	0.20	9.31 *9.53	9.42	0.11
MAYO	9.27 *9.35	9.31	0.04	9.69 *9.74	9.72	0.03

\* Réplica.

### b.3.2 CENIZAS

Para las muestras sin lavar los valores fluctuaron entre un promedio mínimo de 26.51 % en el mes de mayo y un máximo de 31.60 % en el mes de marzo. Las muestras lavadas presentaron un promedio mínimo de 25.49 % en mayo y un máximo de 31.83 % en febrero (Tabla 4, y Figs. 5 y 6).

Se encontró diferencia significativa entre los porcentajes de cenizas que presentaron las algas colectadas entre los diferentes meses de muestreo ( $p < 0.05$ ). El análisis entre tratamientos mostró que los valores de las muestras sin lavar fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ).

Tabla 4. Porcentaje de cenizas obtenido con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MUESTRAS SIN LAVAR				MUESTRAS LAVADAS		
MES	% DE CENIZA	MEDIA	STD	% DE CENIZA	MEDIA	STD
FEBRERO	31.25 *31.19	31.22	0.03	31.96 *31.69	31.83	0.13
MARZO	31.46 *31.74	31.60	0.14	25.43 *25.61	25.52	0.09
ABRIL	30.59 *30.24	30.42	0.18	27.41	27.36	0.05
MAYO	26.55 *26.47	26.51	0.04	*27.31 25.52 *25.45	25.49	0.03,

\* Réplica.

### 6.3.3 FIBRA CRUDA

Los porcentajes de fibra cruda para las muestras sin lavar fluctuaron entre un promedio mínimo de 10.29 % en el mes de abril y un máximo de 11.34 % en el mes de mayo, mientras que las muestras lavadas presentaron un promedio mínimo de 9.35 % en el mes de abril, y un máximo de 11.29 % en el mes de febrero (Tabla 5, y Figs. 5 y 6).

Se encontró diferencia significativa entre los porcentajes de fibra cruda que presentaron las muestras colectadas en los diferentes meses de muestreo, no se observó diferencia significativa entre tratamientos.

Tabla 5. Porcentaje de fibra cruda **obtenida** con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MUESTRAS SIN LAVAR				MUESTRAS LAVADAS		
MES	%DE FIBRA CRUDA	MEDIA	STD	%DE FIBRA CRUDA	MEDIA	STD
FEBRERO	10.98 <b>*10.71</b>	10.85	0.13	11.25 <b>*11.32</b>	11.29	0.04
MARZO	10.77 <b>*10.87</b>	10.82	0.05	10.93 <b>*11.02</b>	10.98	0.04
ABRIL	10.21 <b>*10.22</b>	10.29	0.00	9.27 <b>*9.43</b>	9.35	0.08
MAYO	11.23 <b>*11.44</b>	11.34	0.10	10.44 <b>*10.47</b>	10.46	0.02

\* Réplica.

#### 6.3.4 PROTEINAS

Los valores de proteína fluctuaron entre un promedio mínimo de 3.45 % en el mes de mayo y un máximo de 4.64 % en el mes de febrero para las muestras sin lavar, mientras que las muestras lavadas presentaron un mínimo de 3.65 % en marzo y un máximo de 5.99 % en febrero (Tabla 6, Figs. 5 y 6). Las diferencias en los porcentajes de proteínas entre los diferentes meses de muestreo fueron significativas ( $p < 0.05$ ) mientras que el análisis entre tratamientos mostró que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

Se encontró diferencia significativa entre los porcentajes de fibra cruda que presentaron las muestras colectadas en los diferentes meses de muestreo, no se observó diferencia significativa entre tratamientos.

Tabla 5. Porcentaje de fibra cruda obtenida con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MUESTRAS SIN LAVAR				MUESTRAS LAVADAS		
MES	%DE FIBRA CRUDA	MEDIA	STD	%DE FIBRA CRUDA	MEDIA	STD
FEBRERO	10.98 *10.71	10.85	0.13	11.25 *11.32	11.29	0.04
MARZO	10.77 *10.87	10.82	0.05	10.93 *11.02	10.98	0.04
ABRIL	10.21 *10.22	10.29	0.00	9.27 *9.43	9.35	0.08
MAYO	11.23 *11.44	11.34	0.10	10.44 *10.47	10.46	0.02

\* Réplica.

#### 6.3.4 PROTEINAS

Los valores de proteína fluctuaron entre un promedio mínimo de 3.45 % en el mes de mayo y un máximo de 4.64 % en el mes de febrero para las muestras sin lavar, mientras que las muestras lavadas presentaron un mínimo de 3.65 % en marzo y un máximo de 5.99 % en febrero (Tabla 6, Figs. 5 y 6). Las diferencias en los porcentajes de proteínas entre los diferentes meses de muestreo fueron significativas ( $p < 0.05$ ) mientras que el análisis entre tratamientos mostró que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

Tabla 6. Porcentaje de proteína cruda obtenida con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MUESTRAS SIN LAVAR				MUESTRAS LAVADAS		
MES	%DE PROTEINA CRUDA	MEDIA	STD	%DE PROTEINA CRUDA	MEDIA	STD
FEBRERO	4.60 *4.68	4.64	0.04	5.93 *6.06	5.99	0.06
MARZO	3.71 *3.75	3.73	0.02	3.62 *3.67	3.65	0.02
ABRIL	3.53 *3.73	3.63	0.10	3.54 *3.80	3.67	0.13
MAYO	3.42 *3.48	3.45	0.03	3.94 *4.13	4.04	0.09

\* Réplica.

### 6.3.5 EXTRACTO ETereo

Con respecto al extracto etéreo (grasas) los porcentajes de este fluctuaron entre un promedio mínimo de 0.12 % en el mes de mayo y un máximo de 0.40 % en el mes de marzo para las muestras sin lavar, mientras que para las muestras lavadas se observó un mínimo de 0.10 % en marzo y un máximo de 0.37 % en febrero (Tabla 7, Figs. 5 y 6), sin embargo, no se encontraron diferencias significativa en los porcentajes de grasa que presentaron las algas colectadas entre los diferentes meses de muestreo ( $p < 0.05$ ), asimismo el análisis entre tratamientos mostró que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

Tabla 7. Porcentaje de extracto etéreo obtenido con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MUESTRAS SIN LAVAR				MUESTRAS LAVADAS		
MES	%DE EXTRACTO ETEREO	MEDIA	STD	%DE EXTRACTO ETEREO	MEDIA	STD
FEBRERO	0.41 *0.14	0.27	0.14	0.35 *0.39	0.37	0.02
MARZO	0.36 *0.44	0.40	0.04	0.07 *0.14	0.10	0.03
ABRIL	0.21 *0.09	0.15	0.06	0.29 *0.13	0.21	0.08
MAYO	0.09 *0.15	0.12	0.03	0.38 *0.31	0.34	0.04

\*Réplica.

### 6.3.6 EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (carbohidratos)

Para las muestras sin lavar los valores fluctuaron entre un promedio mínimo de 41.60 % en el mes de febrero y un máximo de 49.28 % en el mes de mayo, mientras que las muestras lavadas presentaron un promedio mínimo de 38.53 % para el mes de febrero y un máximo 50% en los meses de marzo, abril, y mayo (Tabla 8).

El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los porcentajes de carbohidratos que presentaron las algas en los diferentes meses de muestreo, por su parte el análisis entre tratamientos mostró que no existe una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). El total de los componentes químicos observados se concentran en las figuras 5 y 6.

Tabla 8. Porcentaje de extracto libre de nitrógeno (carbohidratos) obtenido con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MUESTRAS SIN LAVAR				MUESTRAS LAVADAS		
MES	%DE E.L.N	MEDIA	STD	%DE E.L.N	MEDIA	STD
FEBRERO	41.32 *41.89	41.60	0.29	38.50 *38.55	38.53	0.02
MARZO	44.25 *43.79	44.02	0.23	50.17 *50.01	50.09	0.08
ABRIL	46.83 *47.48	47.16	0.32	50.18 *49.80	49.99	0.19
MAYO	49.44 *49.11	49.28	0.16	50.03 *49.90	49.97	0.07

\* Réplica.

#### 6.4 PARED CELULAR PARCIAL

Mediante el análisis químico proximal de las muestras se observó que los valores promedio de la pared celular para las muestras sin lavar fluctuaron entre un mínimo de 17.43 % en el mes de abril y un máximo de 40.32 % en el mes de marzo, en contraste con las muestras lavadas las cuales presentaron un promedio mínimo de 30.57 % en abril y un máximo de 42.51 % en febrero (Tablas 9 y 10). El análisis estadístico demostró que existe diferencia significativa en los porcentajes de pared celular entre los diferentes meses en que el alga fue colectada, mientras que el análisis entre tratamientos mostró que los porcentajes de pared celular para las muestras sin lavar fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ).

Por su parte el contenido celular para las muestras sin lavar fluctuó entre un mínimo de 47.94 % en marzo y un máximo de 71.07 % en abril, mientras que las muestras lavadas presentaron un mínimo de contenido celular de 41.84 % en marzo y un máximo de 53.21 % abril (Tablas 9 y 10).

El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los porcentajes de contenido celular que presentaron las algas entre los diferentes meses de muestreo, por su parte el análisis entre tratamientos mostró que no existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

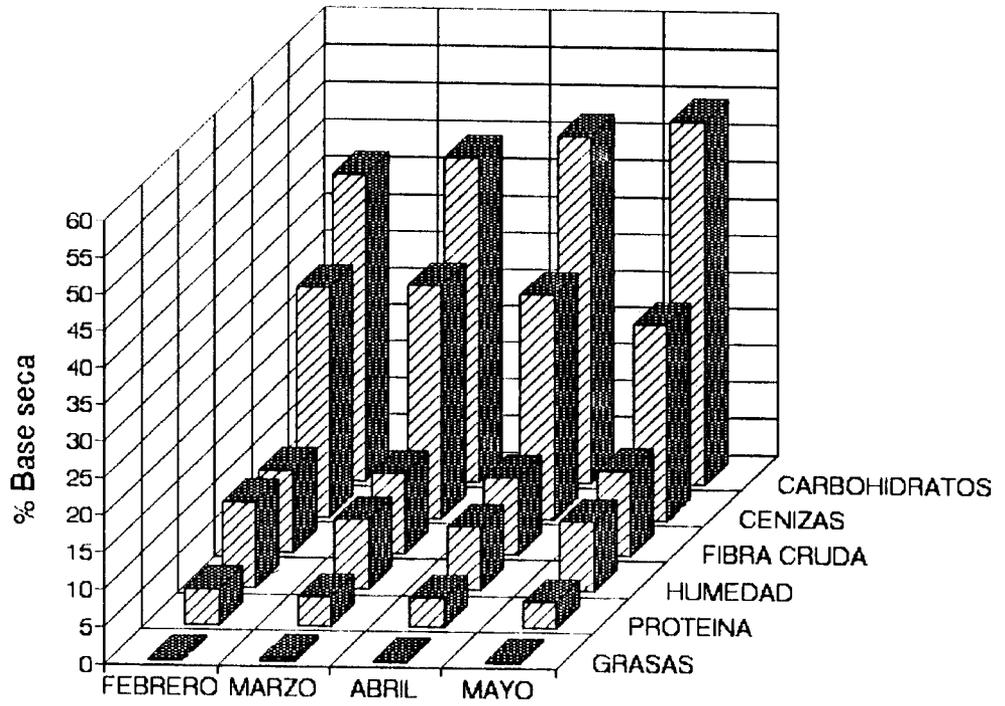


Figura 5. Variación mensual de algunos constituyentes químicos presentes en muestras sin lavar de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

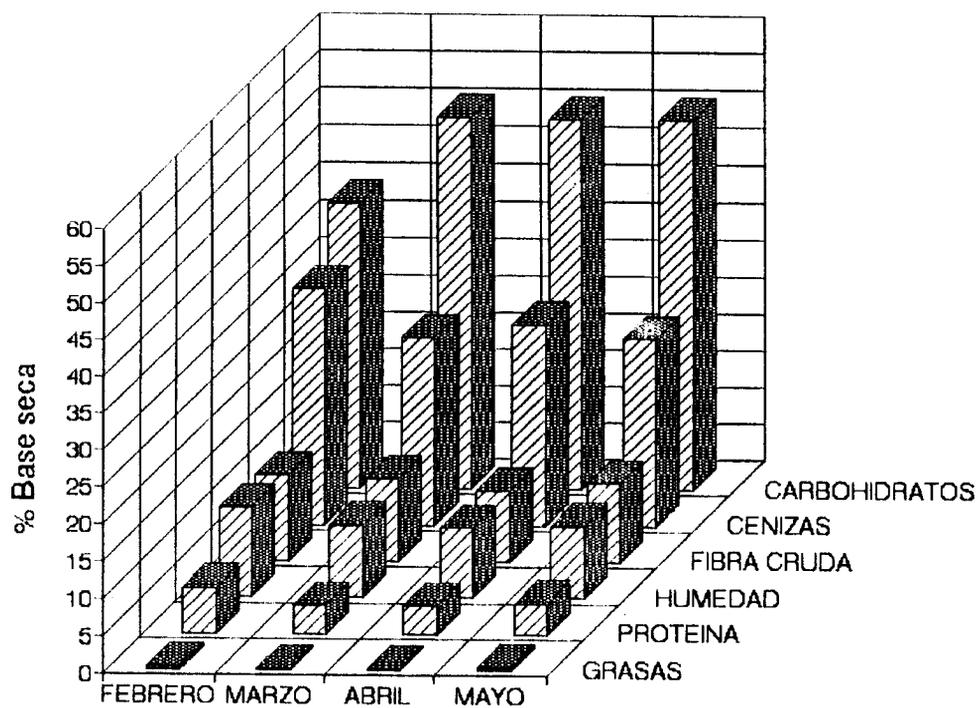


Figura 6. Variación mensual de algunos constituyentes químicos presentes en muestras lavadas de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

Tabla 9. Constituyentes de la pared celular obtenidos con muestras sin lavar de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR			CONTENIDO CELULAR RELATIVO
PORCENTAJE			
MES	ALGINATOS	*COMPUESTOS INSOLUBLES	
FEBRERO	9.9	32.44	57.66
MARZO	11.74	40.32	47.94
ABRIL	11.50	17.43	71.01
MAYO	11.69	21.40	66.91

\* CELULOSA  
LIGNINA  
HEMICELULOSA

Tabla 10. Constituyentes de la pared celular obtenido con muestras lavadas de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR			CONTENIDO CELULAR RELATIVO
PORCENTAJE			
MES	ALGINATOS	*COMPUESTOS INSOLUBLES	
FEBRERO	12.28	42.51	45.21
MARZO	15.76	42.40	41.84
ABRIL	16.22	30.57	53.21
MAYO	16.84	31.92	51.24

\* CELULOSA  
LIGNINA  
HEMICELULOSA

## 6.5 ENERGIA BRUTA

Respecto a la energía bruta los valores fluctuaron entre un promedio mínimo de 1.82 Kcal/g en el mes de marzo y un máximo de 2.09 Kcal/g en el mes de abril para las muestras sin lavar, mientras que las muestras lavadas presentaron un mínimo de 2.0 Kcal/g en el mes de febrero y un máximo de 2.24 Kcal/g en el mes de abril (Tabla 11). Mediante el análisis estadístico se observó que no existe diferencia significativa entre la energía bruta que presentaron las algas de *Sargassum* spp., colectadas entre los diferentes meses de muestreo, por su parte el análisis entre tratamientos mostró que los valores observados de las muestras lavadas fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ).

Tabla 11. Energía bruta obtenida con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MUESTRAS SIN LAVAR				MUESTRAS LAVADAS		
MES	Kcal/g	MEDIA	STD	Kcal/g	MEDIA	STD
FEBRERO	1.86 *1.84	1.85	0.01	2.14 *1.87	2.00	0.13
MARZO	1.81 *1.83	1.82	0.01	2.27 *2.16	2.22	0.06
ABRIL	2.10 *2.08	2.09	0.01	2.22 *2.25	2.24	0.01
MAYO	2.07 *2.03	2.05	0.02	2.04 *2.03	2.04	0.01

\* Réplica.

## 6.6 DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad de *Sargassum* spp., fue buena, los valores fluctuaron entre un promedio mínimo de 82.67% en el mes de abril y un máximo de 92.27% en el mes de mayo para las muestras sin lavar, mientras que las muestras lavadas presentaron un promedio mínimo de 84.03% para el mes de marzo y un promedio máximo de 90.45% para el mes de mayo (Tabla 12).

El análisis estadístico demostró diferencia significativa entre los porcentajes de digestibilidad que presentaron las algas *Sargassum* spp., colectadas entre los diferentes meses de muestreo, mientras que no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y los porcentajes de digestibilidad ( $p < 0.05$ ).

Tabla 12. Porcentaje de digestibilidad multienzimática obtenida con muestras lavadas y sin lavar de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz B.C.S.

MES	MUESTRAS SIN LAVAR			MUESTRAS LAVADAS		
	%	MEDIA	STD	%	MEDIA	STD
FEBRERO	91.00	90.73	0.27	90.26	89.91	0.36
	*90.45			*89.55		
MARZO	83.22	83.13	0.09	84.12	84.03	0.09
	*83.03			*83.94		
ABRIL	82.49	82.67	0.18	88.40	88.16	0.24
	*82.85			*87.92		
MAYO	92.27	92.27	0.00	90.63	90.45	0.18
	*92.27			*90.26		

\* Réplica

## 6.7 CONTENIDO DE MINERALES

En general, las cantidades de minerales detectadas en las muestras de *Sargassum* spp. que fueron lavadas fueron menores en comparación con las muestras que no recibieron ningún tratamiento.

### 6.7.1 FOSFORO

Respecto al fósforo, para las muestras sin lavar el valor máximo promedio fue de 20.0 mg/100 g en el mes de abril y el valor mínimo fue de 17.0 mg/100 g en el mes de febrero, mientras que para las muestras lavadas el valor máximo promedio fue de 20.4 mg/100 g en el mes de abril y el valor mínimo fue de 17.3 mg/100 g en el mes de febrero.

El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los porcentajes de fósforo que presentaron las algas de *Sargassum* spp. colectadas en los diferentes meses de muestreo, por su parte el análisis entre tratamientos mostró que los valores observados de las muestras lavadas fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ), (Tablas 13 y 14).

### 6.7.2 MAGNESIO

Las concentraciones de magnesio para las muestras sin lavar fluctuaron entre un máximo promedio de 53.2 mg/100 g en el mes de abril y un mínimo de 48.6 mg/100 g en el mes de marzo, mientras que para las muestras lavadas el valor máximo promedio fue de 50.4 mg/100 g en el mes de mayo y el valor mínimo fue de 41.2 mg/ 100 g en el mes de febrero.

Se encontró diferencia significativa en los porcentajes de magnesio que presentaron las algas colectadas en los diferentes meses de muestreo. Por su parte el análisis entre tratamientos mostró que los valores de las muestras sin lavar fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ), (Tablas 13 y 14).

### 6.7.3 COBRE

Las concentraciones de cobre para las muestras sin lavar fluctuaron entre un máximo promedio de 0.27 mg/100 g en abril y un valor mínimo de 0.16 mg/100 g en mayo, mientras que para las muestras lavadas el valor máximo promedio fue de 0.26 mg/100 g en febrero y el valor mínimo fue de 0.02 mg/100 g en abril.

Mediante el análisis estadístico se observó diferencia significativa en los porcentajes de cobre que presentaron las algas colectadas en los diferentes meses de muestreo. Mientras que el análisis entre tratamientos mostró que los valores observados de las muestras sin lavar fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ), (Tablas 13 y 14).

### 6.7.4 ZINC

Las concentraciones de zinc para las muestras sin lavar permanecieron constantes durante los diferentes meses evaluados registrándose concentraciones de 0.01 mg/100 g, mientras que para las muestras lavadas el valor máximo promedio fue de 0.03 mg/100 g en abril y el valor mínimo fue de 0.01 mg/100 g en mayo.

Se encontró diferencia significativa en los porcentajes de zinc que presentaron las algas colectadas entre los diferentes meses de muestreo. Por su parte el análisis entre tratamientos mostró que los valores de las muestras lavadas fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ), (Tablas 13 y 14).

### 6.7.5 POTASIO

Las concentraciones de potasio para las muestras sin lavar fluctuaron entre un máximo promedio de 250.6 mg/100 g en abril y un mínimo de 191.3 mg/100 g en marzo, mientras que para las muestras lavadas el valor máximo promedio fue de 227.1 mg/100 g en abril y el valor mínimo fue de 170.4 mg/100 g en marzo.

El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los porcentajes de potasio que presentaron las algas de *Sargassum* spp. colectadas en los diferentes meses de muestreo, por su parte el análisis entre tratamientos mostró que los valores observados de las muestras sin lavar fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ). (Tablas 13 y 14).

#### 6.7.6 CALCIO

Las concentraciones de calcio para las muestras sin lavar fluctuaron entre un máximo promedio de 171.7 mg/100 g en abril y un mínimo de 92.5 mg/100 g en mayo, mientras que para las muestras lavadas el valor máximo promedio fue de 201.3 mg/100 g en mayo y el valor mínimo fue de 77 mg/100 g en febrero.

El análisis estadístico mostró diferencia significativa entre los porcentajes de calcio que presentaron las algas de *Sargassum* spp. colectadas entre los diferentes meses de muestreo, mientras que el análisis entre tratamientos mostró que los valores observados de las muestras sin lavar fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ), (Tabla 13 y 14).

#### 6.7.7 SODIO

Las concentraciones de sodio para las muestras sin lavar **fluctuaron** entre un máximo promedio de 382 mg/100 g en febrero y un mínimo de 342 mg/100 g en marzo, mientras que para las muestras lavadas el valor máximo promedio fue de 213 mg/100 g en abril y el valor mínimo fue de 169 mg/100 g en febrero.

El análisis estadístico mostró diferencia significativa en los porcentajes de sodio que presentaron las algas de *Sargassum* spp. colectadas entre los diferentes meses de muestreo, por su parte el análisis entre tratamientos mostró que los valores observados de las muestras sin lavar fueron significativamente mayores ( $p < 0.05$ ), (Tablas 13 y 14, y Figs. 7 y 8).

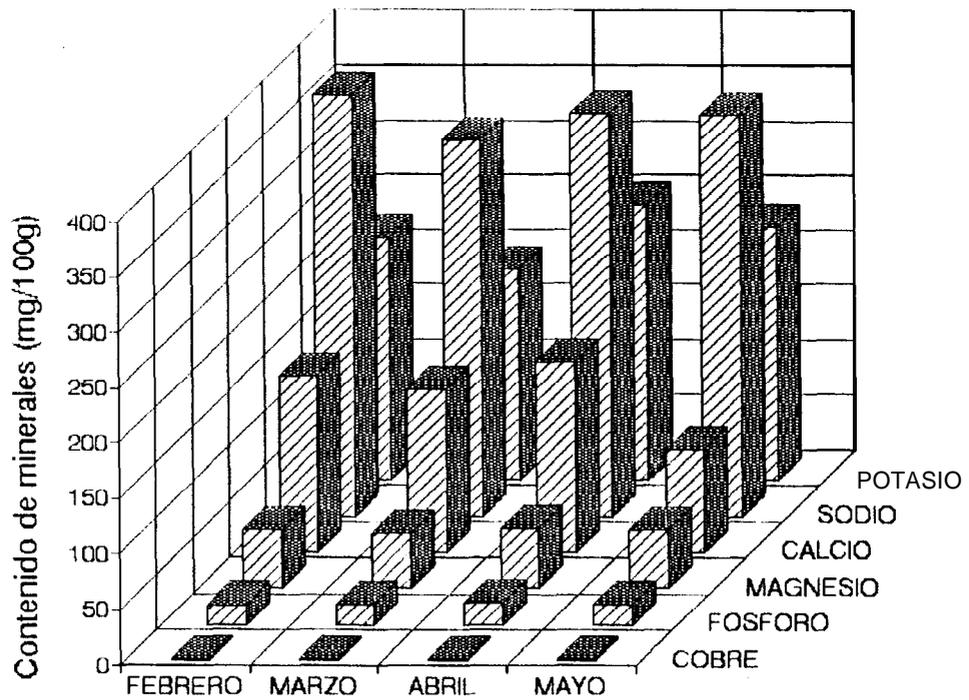


Figura 7. Variación mensual de algunos de los minerales constituyentes en muestras **sin lavar** de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

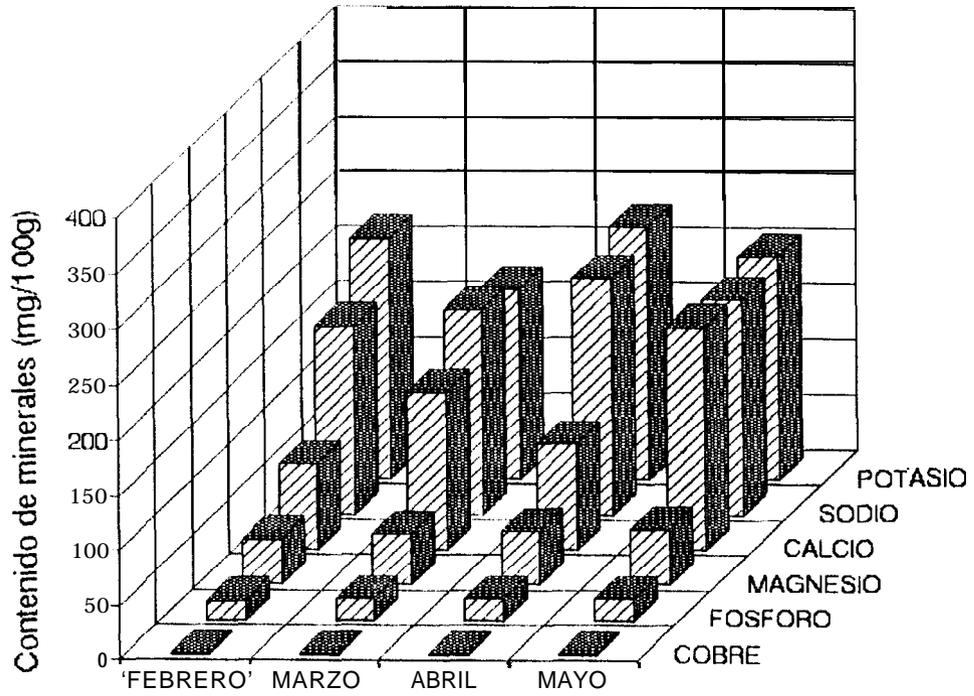


Figura 8. Variación mensual de algunos de los minerales constituyentes en muestras lavadas de *Sargassum* spp., colectado en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

Tabla 13. Contenido de minerales (mg/100 g) obtenido con muestras sin lavar de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MES	FOSFORO		MAGNESIO		COBRE		ZINC		POTASIO		CALCIO		SODIO			
	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD		
FEBRERO	17.3 *17.3 *16.6 *16.7	0.32	51.4 *51.5	0.05	0.18 *0.24	0.03	0.01 *0.01	0.01	212.6 *226.6	219.6	7.00	160.1 *158.3	159.2	0.30	380.6 *382.6	1.00
MARZO	18.0 *18.5 *18.1 *18.1	0.33	48.7 *48.6	0.03	0.20 *0.20	0.00	0.01 *0.01	0.01	196.2 *186.4	191.3	4.88	146.7 *146.1	146.4	0.30	344.9 *338.8	3.05
ABRIL	19.5 *20.6 *19.9 *20.0	0.38	52.1 *54.3	1.11	0.24 *0.30	0.03	0.01 *0.01	0.01	250.0 *251.2	250.6	0.63	166.2 *177.2	171.7	5.50	365.8 *365.8	0.00
MAYO	19.0 *17.7 *18.9 17.5	0.67	52.4 *52.2	0.12	0.18 *0.13	0.03	0.01 *0.01	0.01	230.9 *229.1	230.0	0.91	92.5 *92.5	92.5	0.005	365 *365	0.00

\*Réplica

Tabla 14. Contenido de minerales (mg/100 g) obtenido con muestras lavadas de *Sargassum* spp., colectadas en Boca Sauzoso, La Paz, B.C.S.

MES	FOSFORO		MAGNESIO		COBRE		ZINC		POTASIO		CALCIO		SODIO	
	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD	MEDIA	STD
FEBRERO	17.0		41.3	0.16	0.21	0.02	0.02	0.00	222.1	3.64	76.7	0.30	171	2.00
	*17.1		*41.0		*0.32	*0.02	*0.02	*210.1		*77.3			*167	
	*17.4													
	*17.5													
MARZO	19.5	0.27	46.7	0.01	0.08	0.02	0.02	0.00	170.3	0.14	143.1	0.00	185	0.00
	*19.5		*46.7		*0.13	*0.02	*0.02	*170.6		*143.1			*185.2	
	*18.9													
	*18.9													
ABRIL	19.2	0.81	49.1	0.24	0.02	0.03	0.03	0.00	228.2	1.08	96.2	0.33	217.5	4.40
	*20.8		*48.6		*0.03	*0.03	*0.03	*228.0		*95.5			*208.7	
	*21.4													
	*20.0													
MAYO	18.1	0.82	50.4	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00	200.1	1.67	203.4	2.15	191.2	3.35
	*18.3		*50.3		*0.13	*0.01	*0.01	*203.5		*199.1			*197.9	
	*19.5													
	20.1													

\*Réplica

## 7. DISCUSION

### 7.1 EXTRACCION DE ALGINATOS

En el presente trabajo se observó que cuando las muestras fueron lavadas con solución de formaldehído al 0.01 % antes de realizar la etapa de extracción alcalina, se obtuvieron mayores rendimiento de alginato de sodio y mas altas viscosidades en comparación con las muestras que no recibieron ningún tratamiento.

Estas diferencias posiblemente se debieron a que en las muestras tratadas con formaldehído, éste pudo haber removido los compuestos polifenólicos presentes en *Sargassum* spp., los cuales provocan la degradación de la molécula de alginato y consecuentemente la disminución en el rendimiento y viscosidad de este durante la extracción alcalina, además de ser los responsables del obscurecimiento del producto final que comercialmente no tiene gran demanda (Smidsrod & Larsen, 1963; McHugh, 1987; Reviere, 1989), por lo tanto el formaldehído actúa como un “secuestrante” de los polifenoles presentes en el alga permitiendo que la etapa de extracción alcalina donde ocurre un intercambio iónico se realizara de una manera más óptima, cosa que no ocurrió en las muestras que no recibieron ningún tratamiento.

Estos resultados coinciden con lo observado por Haug & Larsen (1958) y por Smidsrod & Larsen (1963), quienes demostraron que los compuestos fenólicos son los responsables de la degradación del alginato disminuyendo la viscosidad de este, además de reducir los rendimientos en *Luminaria digitata* y *Ascophylum nodosum*.

Asimismo Noy-Cáceres (1993) observó que cuando las muestras de *Sargassum* spp., son tratadas con formol al 10 %, antes de realizar la etapa de extracción alcalina, se incrementan los rendimientos de alginato de sodio en función del tiempo en que el alga este expuesta al formol fluctuando entre 11 a 16 % para 12 y 24 hrs respectivamente.

Otro factor a considerar es, que en las algas sin lavar queda adherida a la superficie una capa de sal, lo cual se demuestra porque el contenido de cenizas es significativamente mayor en las muestras sin lavar.

Posteriormente cuando Las algas SC someten al pretratamiento con ácido clorhídrico, parte del ácido reacciona con las sales, disminuyendo la cantidad de iones  $H^+$  disponibles para el intercambio iónico  $Ca^{++}/H^+$  para que se realice esta reacción; mientras que en las algas lavadas posiblemente se realizó un intercambio iónico  $Ca^{++}/H^+$  más completo, por lo tanto la cantidad de sales de ácido algínico insoluble dentro del alga me mayor en las muestras lavadas expresándose en un mayor porcentaje de rendimiento de alginato de sodio al realizar la extracción alcalina.

Estos resultados coinciden con Hernández-Carmona & Aguirre-Vilchis (1987), quienes observaron una reducción promedio del 22 % del total de iones liberados y un rendimiento menor de alginato de sodio al utilizar algas sin lavar de *Macrocystis pyrifera*, en comparación con algas que fueron previamente lavadas con agua dulce.

Adicionalmente las algas que no recibieron ningún tratamiento estuvieron expuestas a la actividad bacteriana durante el tiempo de secado y almacenamiento de la muestra, mientras que en las muestras que fueron tratadas con formol y lavadas con agua dulce, esta actividad se vio interrumpida.

Por lo tanto, debe valorarse el que las algas sean o no lavadas, ya que los porcentajes de rendimientos de alginato de sodio, así como las viscosidades se ven afectadas de una manera considerable cuando no se realiza este pretratamiento.

La cantidad de alginatos en las algas no permanece constante, muestra variaciones estacionales, las cuales pueden diferir de un lugar a otro debido a que están íntimamente relacionadas con diversos factores, los cuales se encuentran interrelacionados como son; la intensidad de la luz disponible para la fotosíntesis, exposición al oleaje, corrientes, la disponibilidad de nutrientes, su estado de desarrollo, la profundidad y la temperatura, siendo éste último al parecer el de mayor importancia (Percival & Mc Dowell, 1967; Rao, 1969; Espinoza-Avalos & Rodríguez-Garza, 1986 y 1987).

El hecho de que se **presentaran** variaciones mensuales en los porcentajes de rendimiento de ácido algínico, extraído de *Sargassum* spp., puede deberse a los diferentes estadios de desarrollo en que se encontraba la planta cuando fue colectada, así, las algas colectadas en febrero (invierno) que se encontraban en su fase inicial de desarrollo, en forma de **plántulas**, presentaron menos concentraciones de alginato, a medida que estas fueron madurando, su pared celular así como su matriz intracelular, donde se encuentran los **alginatos** fue creciendo y con ello su capacidad de almacenamiento, incrementándose las concentraciones del ácido algínico y consecuentemente su rendimiento durante la extracción. Este desarrollo a su vez estuvo determinado entre otros factores por la temperatura superficial del agua la cual se fue incrementando de un mínimo de 21 °C a finales de invierno (febrero) a 27.5 °C en el mes de mayo (primavera), dicho incremento favoreció el desarrollo de *Sargassum* spp., ya que este género es predominante de aguas tropicales (McCourt, 1984; Espinoza-Avalos & Rodríguez-Garza, 1986; Manrique, 1986; Glenn et al., 1990).

En el presente trabajo los mínimos porcentajes de rendimiento de alginato de sodio correspondieron a enero (6.6 % y 7 %) para las muestras sin lavar y lavadas respectivamente, observándose que los mantos de *Sargassum* spp., en esta época están constituidos principalmente por individuos o plántulas carentes de estructuras reproductivas, mientras que los máximos porcentajes de rendimiento de alginato de sodio extraídos de *Sargassum* spp., se presentaron en mayo (11.87 y 16.84) para las muestras sin lavar y lavadas respectivamente, mes en el cual se pudo constatar mediante cortes en fresco y observaciones al microscopio, que las plantas comenzaban a presentar estructuras reproductivas (oogonios y anteridios).

En términos generales este patrón coincide con lo observado por Aponte *et al.* (1982) quienes mencionan que los mayores porcentajes de rendimiento de alginato de sodio para *Sargassum vulgare* y *S. polyceratum* (17.5 % y 20 % respectivamente), se presentan en mayo, época en que las plantas se encuentran en su plena **madurez** antes de iniciar su fase reproductiva, mientras que los mínimos porcentajes de rendimiento correspondieron a enero (7 % y 12 %).

De la misma manera Hernández-Carmona (1985) coincide con este patrón citando que al igual que en el presente trabajo observó que las mínimas tasas de rendimiento de alginato de sodio para *Sargassum sinicola* en la Ensenada de la Paz, B.C.S. (Malecón) se obtienen en el invierno cuando las algas inician su desarrollo (16.5 %) incrementándose considerable durante la primavera (27 %).

Asimismo Black (1949) y Chauhan (1970) observaron que los mayores porcentajes de rendimiento de alginato de sodio para *Sargassum swartzii* (19.7 %) y *S. tenerrium* (11 %) se presentan cuando las plantas alcanzaron su madurez vegetativa, posteriormente durante la fase reproductiva se observa una disminución en los porcentajes de rendimiento de alginato de sodio. Al respecto Dawes (1987) observó que *Sargassum* spp., disminuye su respuesta fotosintética al alcanzar su madurez al inicio de verano y al iniciar su reproducción.

Por lo antes mencionado, al parecer las mayores tasas de rendimiento de alginato de sodio se obtienen cuando las plantas alcanzan las mayores tallas y cuando su pared y matriz intracelular es más grande, lo cual, de acuerdo a lo observado, sucede en los meses de abril y mayo principalmente, mientras que la disminución del rendimiento de alginato de sodio está tal vez relacionada con cambios metabólicos dirigidos hacia el desarrollo de estructuras reproductivas, destinando la mayor parte de su energía hacia la liberación de esporas y presentando una disminución en la elaboración de éste carbohidrato, lo anterior coincide con las observaciones de Muñetón-Gómez (1989) y Espinoza-Avalos & Rodríguez-Garza (1987; 1989), quienes mencionan que las especies de *Sargassum* presentan un ciclo de vida anual iniciando su desarrollo en otoño, con un crecimiento acelerado durante invierno y primavera, al final del período primaveral alcanzan la máxima talla observada, para posteriormente comenzar a decrecer gradualmente.

## 7.2 CALIDAD DEL PRODUCTO

### 7.2.1 POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

El pH que presenta el alginato de sodio al finalizar la técnica de extracción es considerado como un índice de calidad, ya que se ha observado que las soluciones de alginato de sodio permanecen estables en un rango de pH de 5 a 11, cuando la solución es llevada a pH menor de 5 los iones  $-\text{COO}^-$  presentes en la cadena se protonan a  $-\text{COOH}$  formando puentes de hidrógeno y gelificando la solución, si la solución es llevada a pH mayores de 11 ocurre una depolimerización en la molécula de alginato de sodio, disminuyendo considerablemente la viscosidad (McDowell, 1977; McNelly & Pettit, 1973). Los valores de pH de las soluciones al 1 % de los alginatos de sodio en el presente trabajo fluctuaron entre 6 y 7.5, encontrándose dentro del rango de mayor estabilidad McHugh (1987) y Chapman & Chapman (1980).

### 7.2.2 VISCOSIDAD APARENTE

El hecho de que en general las muestras lavadas, presentaran las mayores viscosidades empleando una temperatura de 65 °C durante la extracción alcalina, puede deberse a que esta temperatura es menos severa en comparación a las otras de 80 y 95 °C, las cuales pudieron haber degradado la molécula de alginato, lo que se vio reflejado en un decremento de la viscosidad, estos resultados coinciden con los de Haug (1964), Chapman & Chapman (1980) y McHugh (1987), quienes mencionan que temperaturas altas producen una depolimerización de la molécula de alginato, provocando una disminución en la viscosidad del mismo. Al respecto Cruz-Ayala & Blanco-Carrasco (1992) observaron que la viscosidad de *Sargassum filipendula* se ve disminuida cuando se incrementa la temperatura entre rangos de 30, 40 y 50 °C, observándose una relativa estabilidad a los 60 °C y cae bruscamente a los 70 °C. Estos resultados deben ser valorados en función de lo que se busque, ya que con una extracción alcalina a 65 °C se obtienen mayores viscosidades, pero el rendimiento del alginato de sodio se ve disminuido.

La viscosidad de los alginatos comerciales puede variar de acuerdo al uso para el que éste sea destinado, por lo que en Kelco (1976) se produce el llamado Kelgin (alginato de sodio refinado en tres categorías): De viscosidad alta cuando la muestra en solución al 1.25 % presenta viscosidades arriba de 800 cps, viscosidad media con 400-800 cps y viscosidad baja con 140 cps. La máxima viscosidad obtenida en este trabajo fue de 109 cps en solución al 1 % por

lo que se puede concluir que los alginatos presentes en *Sargassum* spp., de acuerdo al patrón establecido por Kelco son de baja viscosidad los cuales pueden ser utilizados en la industria farmacéutica como estabilizantes y espesantes, en la industria alimenticia para la elaboración de jaleas de frutas en combinación con las pectinas, en la industria textil para las impresiones en tela en donde el alginato de sodio se usa como espesante de la pasta que contiene la tinta y en la industria papelera para la elaboración de papel al cual proporciona un aspecto más suave y continuo, en todos estos procesos el alginato de sodio que se utiliza varía de 5 a 60 cps Kelco (Op. cit).

Adicionalmente los alginatos de baja viscosidad presentan la ventaja de ser más estables y sufrir menos degradación cuando son almacenados por un tiempo prolongado, en comparación con los alginatos que presentan alta viscosidad los cuales son menos estables y se degradan más rápidamente McHugh (1987).

### **7.3 ANALISIS QUIMICO PROXIMAL**

El análisis químico proximal determina la composición de cualquier muestra o alimento, en términos de sus principales grupos de nutrientes, evalúa la calidad de un alimento en función de los grupos de compuestos con características físico-químicas semejantes, este análisis presenta algunas limitaciones pero es el punto de partida en la evaluación de cualquier alimento, ya que sirve como base para análisis subsiguientes, los cuales por lo general son más específicos (Tejada, 1985).

#### **7.3.1 HUMEDAD**

Muchas algas cafés tienen en su superficie una flora natural de bacterias y hongos las cuales en condiciones adversas para la planta como heridas, sobrepoblación, incremento en las temperaturas y la edad de la planta, mediante secreciones enzimáticas invaden la epidermis continuando con la mesodermis, endodermis y médula, alcanzando y rompiendo la molécula de alginato y causando disociación celular (Chesters & Bull, 1963; McHugh, 1987; Meili, 1991). Por tal motivo los porcentajes de humedad presentes en *Sargassum* spp., representan un dato importante desde el punto de vista de conservación y almacenamiento de éste y en general de cualquier muestra o alimento, asimismo los porcentajes de humedad están relacionados con la técnica de secado al que se someten las algas para su

industrialización, al respecto De León (1961) considera un porcentaje de humedad alto cuando una muestra sobrepasa un 13 % mencionando que un porcentaje más alto favorece la proliferación y desarrollo microbiano en cualquier muestra. En el presente trabajo los porcentajes máximos de humedad se observaron en febrero para ambos tratamientos (11.42 % y 12 %) para las muestras sin lavar y lavadas respectivamente, estas pequeñas diferencias entre los porcentajes de humedad pueden deberse a la intensidad lumínica a la que se sometieron las algas en este trabajo, ya que en febrero (invierno) los rayos solares no llegan con tanta intensidad como en abril y mayo, sin embargo, se puede considerar, que con la técnica de secado empleada en este trabajo (directamente al sol durante dos días) se obtienen porcentajes de humedad aceptables que permite almacenar con confianza por un tiempo prolongado la muestra de *Sargassum* spp., sin que se presente desarrollo microbiano. Adicionalmente, esta técnica permite un ahorro en costos y esfuerzos en el proceso global de la técnica de extracción de alginato de sodio ya que no es necesario utilizar métodos artificiales para el secado de la muestra.

Los porcentajes de humedad registrados en este trabajo son mayores que los reportados por Rodríguez-Bernal (1995) quien observó para *Sargassum sinicola* un porcentaje de humedad de 7.40 %. Estas diferencias pueden deberse a la época de colecta, ya que dicho autor colectó las algas en el mes de junio, época en que estas se encuentran en estado senescente, mientras que en éste trabajo las colectas se realizaron durante los meses de febrero a mayo, época en que las algas se encontraban en un estado de desarrollo de juvenil a maduro.

### 7.3.2 CENIZAS

Las cenizas corresponden al material remanente después de la combustión del material orgánico, toda vez que ha ocurrido una serie de reacciones complicadas. En las condiciones empleadas, la mayoría de los cationes de la muestra se encuentran en las cenizas como carbonatos, en las cuales el átomo de carbón se origina de sustancias orgánicas. La combustión de polisacáridos sulfatados en la muestra liberan  $H_2SO_4$  que a su vez desplaza a iones carbonato y cloro. Es fácil demostrar que tiene lugar una considerable pérdida de iones cloro durante la calcinación, así como algunos minerales que se volatilizan por ejemplo el fierro y mercurio entre otros, por lo tanto el análisis de cenizas difícilmente da una imagen correcta de los componentes inorgánicos del alga, ni de las proporciones en las

que se encuentran, sin embargo, es el punto de partida en la determinación de minerales (De León, 1961; Larsen, 1975).

En el presente trabajo se observó que para ambos tratamientos las cenizas se presentaron en cantidades considerables (25 a 31 % del peso seco del alga) esto puede deberse a que las algas tienen la capacidad de capturar y almacenar elementos químicos inorgánicos que se encuentran presentes en el agua de mar necesarios para sus funciones metabólicas, lo cual se discute más ampliamente en la sección de minerales.

Por otra parte, se observó que para las muestras lavadas los porcentajes de cenizas fueron significativamente menores, esto tal vez se debió a que durante el proceso de lavado pudieron ser eliminados algunos minerales presentes en la superficie del alga los cuales provocaron una disminución en el porcentaje de cenizas, estos resultados coinciden con Manzano-Montaña & Rosales-García (1989) y Rodríguez-Bernal (1995), quienes mencionan que las cenizas son uno de los componentes que predominan en *Sargassum sinicola* observando porcentajes de 43 % y 37 % para las muestras sin lavar y lavadas respectivamente.

En ese sentido, al comparar el contenido de cenizas registradas en este trabajo, se encontró que fue superior al de otras algas café empleadas en la alimentación animal, como *Ascophyllum nodosum* (20.1%), (Guiry & Blunden, 1991); *Laminaria* spp., (21.1%) (Chapman & Chapman 1980). Por lo que en términos generales, puede considerarse que *Sargassum* spp., es una fuente potencial de minerales para la elaboración de alimentos para animales.

### **7.3.3 FIBRA CRUDA**

La fibra cruda es una mezcla heterogénea de polisacáridos (celulosa y hemicelulosa) y otros polímeros como lignina, esencialmente indigeribles por animales monogástricos, se ha probado que el método de determinación de fibra cruda, disuelve hasta el 80 % de la hemicelulosa, del 20 a 50 % de la celulosa y del 50 a 90 % de la lignina presente en la muestra, razón por la cual, los resultados se deben considerar solo como una estimación de los componentes orgánicos no extractables (Larsen, 1975 ; Tejada, 1985).

Los valores promedio de fibra cruda en este trabajo fluctuaron de 11.31 a 10.53 % para las muestras sin lavar y lavadas respectivamente, estos valores resultaron ser mayores comparados con los de otras algas cafés como *Ascophyllum nodosum* (5 %) y *Laminaria digita* (7 %) (Guiry & Blunden, 1991). Asimismo resultaron ser más altos que los de algunos alimentos de uso común como el maíz (2.6%), la cebada (6.8 %), el garbanzo (4.03%) y la soya (6.13 %) mientras que resultaron ser inferiores a algunos forrajes empleados en la alimentación de rumiantes (alfalfa 28 % y algodón 47 %) (De León, 1961; Piccioni, 1970; N.R.C. 1971). Por el elevado contenido de fibra que presenta *Sargassum* spp., se considera que desde el punto de vista nutricional tiene un bajo valor nutritivo ya que comprende principalmente celulosa la cual no puede ser digerida por la mayoría de los mamíferos debido a que estos no secretan enzimas capaces de hidrolizar la celulosa y lignina, sin embargo, podría ser utilizado como complemento alimenticio en rumiantes, adicionalmente para éste trabajo no se observó una diferencia significativa entre los tratamientos, por lo cual en el caso de utilizar a *Sargassum* spp., como complemento alimenticio para animales se sugiere utilizarla en su forma directa sin ningún tratamiento.

#### 7.3.4 PROTEINA CRUDA

La determinación de nitrógeno por el método de Kjeldahl, cuantifica además del nitrógeno proteico, el nitrógeno de sustancias no proteínicas como los nitritos, nitratos, urea y aminos entre otros, por lo que éste método puede sobreestimar el contenido de proteínas presentes en la muestra (Tejada, 1985), sin embargo, representa una buena aproximación.

Se observó que el contenido de proteínas para *Sargassum* spp. fue bajo, fluctuando de un mínimo de 3 % a un máximo de 6 % para ambos tratamientos, resultando ser menor a las necesidades nutricionales para la alimentación humana, de rumiantes y aves de corral, estos resultados son similares a los observados por Rodríguez-Bernal (1995) quien observó un porcentaje de proteínas de 6.5 % para *Sargassum sinicola*, asimismo, concuerdan con Jensen (1973); Hernández-Carmona *et al.* (1991); Castro-González *et al.* (1992) y Castro-González *et al.* (1994) quienes mencionan, que en general, el contenido de proteínas en las algas cafés es bajo, sin embargo, es importante mencionar que Manzano-Montaño & Rosales-García (1989); observaron que en *Sargassum sinicola* se encuentran

presentes los 10 aminoácidos considerados como esenciales, en cantidades muy similares a las establecidas por el patrón FAO, y dado que un 60 % de las muestras colectadas para este trabajo contenían *Sargassum sinicola* (Fajardo-León, 1994) esta alga podría ser una alternativa para aquellas regiones carentes de forrajes y de pocos recursos.

### 7.3.5 EXTRACTO ETÉREO (GRASAS)

La determinación de extracto etéreo por el método de Soxhlet no es específico, ya que determina además otras sustancias solubles en estos solventes como ceras, vitaminas líposolubles y pigmentos, por lo cual, podría considerarse que este método, puede sobreestimar el contenido de grasas, pero estima el conjunto de sustancias solubles en solventes. Se observó que los porcentajes de grasas en *Sargassum* spp., fueron muy bajos, fluctuando de 0.27 a 0.40 % para ambos tratamientos, resultando ser menores a las necesidades nutricionales para la alimentación humana, de rumiantes y aves de corral, asimismo estos resultados coinciden con los observados por otros autores (Leuring, 1970; North, 1971; Chapman & Chapman, 1980; Rodríguez-Montesinos & Hernández-Carmona, 1991) quienes mencionan que en general las concentraciones de grasas en las algas son bajas, mientras que Dawes (1987) observó que en forma general los niveles de lípidos en *Sargassum* spp., son bajos y no muestran variación al cambio estacional coincidiendo con los resultados observados en el presente trabajo en el cual se observó que no existe diferencia significativa de los porcentajes de grasa obtenidos entre los diferentes meses de muestreo.

Por otra parte Araki *et al.* (1991) y Fleurence *et al.* (1994), observaron que *Sargassum horneri*, *S. ringgoldianum* y *S. thunbergii* se caracterizan por presentar ácidos grasos insaturados, por lo cual, es posible que los ácidos grasos presentes en *Sargassum* spp., sean insaturados. De ser así, esto tendría importancia desde el punto de vista nutricional ya que como es sabido, los ácidos grasos provenientes de origen animal contribuyen a la predisposición de enfermedades cardiovasculares, por lo tanto el consumo de *Sargassum* spp., podría contribuir a la nutrición animal y humana ya que dadas sus propiedades, ayudaría a la prevención de trastornos metabólicos.

### 7.3.6 EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO (CARBOHIDRATOS)

Dado que éste valor se estima por diferencia restando de 100 los porcentajes de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, puede considerarse que se pueden sobreestimar los porcentajes de éste al adicionar las diferencias de los otros métodos de análisis (Tejada, 1985) sin embargo, representa una base de calculo estimativo.

Se observó que los carbohidratos son los componentes que predominaron en las muestras de *Sargassum* spp., analizadas en este trabajo fluctuando de un 38 % en enero hasta un 50 % en los meses de marzo, abril y mayo, si se toma como base el total del peso seco del alga, estos altos porcentajes pueden deberse a que las feofitas en general requieren una gran cantidad de carbohidratos para formar sus paredes celulares, además de almacenar elementos de reserva en forma de laminarín y manitol (Dawes, 1986; Cronquist, 1986). Asimismo, la diferencia entre los porcentajes de carbohidratos, que presentaron las algas entre los diferentes meses de muestreo registrando los mínimos valores en febrero y los máximos en mayo pudieran deberse al desarrollo de la planta ya que en enero las muestras estaban formadas por plántulas de 15 a 20 cm de altura, mientras que en mayo las plantas se encontraban maduras aproximadamente de un metro.

Los porcentajes de carbohidratos determinados para *Sargassum* spp., en el presente trabajo resultaron ser similares a los de otras algas cafés como *Laminaria* spp. (41.95 %) (Chapman & Chapman 1980); *Macrocystis pyrifera* (46.27 %) (Castro-González *et al.*, 1994); *Sargassum sinicola* (37 %) (Carrillo-Domínguez *et al.*, 1992); y *Sargassum sinicola* (46.6 %); (Rodríguez-Bernal 1995), estos autores mencionan y coinciden en que los carbohidratos son uno de los constituyentes que se encuentran en mayor cantidad en las algas cafés.

Esta elevada cantidad de carbohidratos presentes en *Sargassum* spp., podría ser una buena fuente de alimento para rumiantes, ya que, poseen enzimas (propias o de origen microbiano) que los hacen capaces de aprovechar estos carbohidratos como fuente de energía (Maynard, *et al.*, 1981), sin embargo, al pensar en *Sargassum* spp., como complemento alimenticio es necesario realizar estudios cuantitativos y cualitativos que proporcionen información sobre

las diferentes clases de carbohidratos que componen a esta alga así como el porcentaje real que pudiera ser asimilable por el hombre o rumiantes.

#### **7.4 PARED CELULAR PARCIAL**

Las diferencias significativas observadas entre los diferentes meses de muestreo en los porcentajes de la pared celular y contenido celular, encontradas en *Sargassum* spp., pueden ser debidas al desarrollo ontogénico de la planta, así como a los requerimientos específicos de esta, asimismo el hecho de que los porcentajes de pared celular para las muestras sin lavar fueran significativamente mayores demuestra que la pared celular de *Sargassum* spp., se ve afectada cuando se realiza la operación de lavado.

Los porcentajes de pared y contenido celular total observados en este trabajo (28-58 % y 41-71 %, respectivamente), resultaron ser mayores que los reportados por Rodríguez-Bernal (1995) para *Sargassum sinicola* (22 y 77 %), este mismo autor observó porcentajes de 34 % de fibra neutro detergente, mientras en el presente trabajo se observaron porcentajes de 35 a 41 % que pueden considerarse mayores.

#### **7.5 ENERGIA BRUTA**

El valor calorífico, energético o de combustión, es la cantidad de energía en calorías/gramos que se produce cuando un alimento se oxida completamente. En la práctica estos valores, se emplean para calcular la energía que aportan los alimentos al organismo a través de sus componentes, llámese proteínas lípidos o carbohidratos (Calvo-Carrillo & Morales-De León 1984).

La cantidad promedio de energía bruta aportada por *Sargassum* spp., en este trabajo, para las muestras lavadas y sin lavar fue de 2.0 Kcal/g y 1.9 Kcal/g, siendo similar a la de otros alimentos como la cebada (2.64 Kcal/g) y la avena (2.51 Kcal/g) (Piccioni, 1970), y menor al maíz (4.43 Kcal/g) así como a algunos forrajes empleados en la alimentación de rumiantes alfalfa (4.3 Kcal/g); algodón (4.7 Kcal/g) y sorgo (4.7 Kcal/g) (N.R.C. 1971; Maynard *et al.*, 1981), sin embargo, debido al alto contenido de carbohidratos presentes en *Sargassum* spp., es probable que la

mayor parte de la energía provenga de estos y por consiguiente no pueda ser aprovechada y sintetizada tan fácilmente por los animales monogástricos, asimismo es posible que la energía teórica total que aporta el alimento no sea exactamente igual a la energía que puede ser aprovechada por el animal o el humano ya que si el componente alimenticio no es totalmente digerible, o si el alimento no es completamente oxidado dentro del cuerpo, entonces el valor calórico en el metabolismo será menor que el contenido teórico de energía total, por lo que, en caso de pensar en *Sargassum* spp., como complemento alimenticio para animales o el hombre, sería recomendable realizar la determinación de la energía metabolizable verdadera.

Se observó que la energía bruta aportada por *Sargassum* spp., en este trabajo, fue similar a la aportada por otras algas caféas como *Macrocystis pyrifera* (2.20 Kcal/g) (Castro-González *et al.*, 1994); *Sargassum sinicola* (2.1 Kcal/g) (Carrillo-Domínguez *et al.*, 1992; y *Sargassum sinicola* (2.5 Kcal/g) (Rodríguez-Bernal 1995).

## 7.6 DIGESTIBILIDAD MULTIENZIMÁTICA

Por medio de esta técnica se determinó la digestibilidad de las proteínas contenidas en *Sargassum* spp., que pueden ser aprovechadas por animales o el hombre.

Se observó que los valores promedio de porcentajes de digestibilidad protéica de *Sargassum* spp., en general fueron buenos para ambos tratamientos, fluctuando entre 82 y 92 % muy superiores a la digestibilidad de *Laminaria* sp. (15.9%), la avena (43.40 %), el centeno (53.20 %), la paja de cebada (42.20 %), la alfalfa (80 %) y el maíz (80 %) (Abrams, 1965). Asimismo, se observó que la digestibilidad de *Sargassum* spp., fue similar a la registrada en otras algas caféas como: *Sargassum sinicola* (82.4 %) (Rodríguez-Bernal 1995) y *Macrocystis pyrifera* (81.2%) (Castro-González *et al.*, 1994). Por tal motivo se puede considerar la utilización de estas algas como un complemento alimenticio en la dieta de rumiantes.

## 7.7 MINERALES

Las algas marinas al igual que las plantas terrestres requieren nutrientes inorgánicos, los cuales son utilizados para su crecimiento, reproducción y buen funcionamiento, dichos elementos son tomados del medio ambiente que las rodea. La disponibilidad, así como las concentraciones de estos, varían considerablemente en el medio marino, lo cual es el resultado de una serie de procesos en este medio (Percival & McDowell 1967; Jensen, 1973).

De la misma manera, la absorción de iones del medio externo realizado por las algas, puede verse **influenciada** por factores físicos, químicos y biológicos que se encuentran interrelacionados, como son: la intensidad de luz, mediante la cual, se realiza la fotosíntesis, que provee la energía necesaria para la absorción de iones mediante el transporte activo (ATP); así como la producción de cargas **iónicas**, las cuales establecen donadores potenciales y la estimulación del crecimiento, con el subsecuente incremento de absorción de nutrientes (Loban & Wynne 1981); de igual forma, la luminosidad influye sobre la temperatura, que a su vez, lo hace en la fotosíntesis, en la concentración de nutrientes y en la velocidad de absorción de iones, la cual es específica para cada ion. Por su parte el movimiento del agua favorece el intercambio de iones por difusión a través de los tallos (Luning-Klaus 1990).

La forma química en la que se encuentre presente el elemento, la competitividad de iones, los cuales pueden inhibir sistemas enzimáticos, y las concentraciones de iones presentes en el citoplasma y vacuolas, son otros de los factores químicos que intervienen en estos procesos que interactúan con los requerimientos específicos del alga (O'Kelley, 1974). Los factores biológicos que intervienen en la absorción de iones tienen una estrecha relación con los factores físicos y químicos, destacando por su importancia: el tipo de tejido, edad, madurez y grosor del talo, ya que se ha observado que los talos de plantas jóvenes son metabólicamente más activos y por lo tanto presentan tasas de absorción más elevadas respecto a talos de plantas maduras o senescentes (Harrison & Druehl, 1982).

La variación mensual en el contenido de minerales observada en *Sargassum* spp., puede ser explicada con base en los factores antes mencionados.

En forma general, las cantidades de minerales detectadas en las muestras de *Sargassum* spp., sin lavar se encuentran

en mayor proporción en comparación con las muestras que fueron tratadas con formol y agua dulce, coincidiendo con Carrillo-Domínguez *et al.* (1992) quienes observaron éste mismo comportamiento para *Sargassum sinicolu*, mencionando que durante la operación de lavado se eliminan minerales adheridos a la superficie del alga.

Al comparar las concentraciones de minerales de *Sargassum* spp., registradas en el presente trabajo, con lo observado por otros autores como Manzano-Montano & Rosales-García (1989), Castro-González *et al.* (1991), Carrillo-Domínguez *et al.* (1992) y Rodríguez-Bernal (1995), para la especie de *Sargassum sinicola* se observa una marcada diferencia, lo cual puede deberse posiblemente a factores tales como las concentraciones de nutrientes presentes en el agua de mar, el estado de la planta, así como la edad, época de recolección y zona de colecta. Al respecto Hernández-Carmona (1985) menciona que la composición química de las algas varía en la misma especie con la estación del año y con el hábitat en que se desarrollan, pudiendo influir en forma importante éste factor en el contenido de minerales de las mismas.

#### 7.7.1 POTASIO

De los minerales evaluados en este trabajo se observó que el potasio fue el elemento que se presentó en mayor concentración para las muestras lavadas, tal vez por las importantes funciones que éste desempeña en las algas como son: actuar como activador enzimático para la síntesis de proteínas y enzimas que favorecen el crecimiento de las algas, funcionar como regulador osmótico. controlar el pH intracelular, además de ser la tercera sal después del calcio y magnesio necesaria para la elaboración de la molécula de alginato (O'Kelley, 1974; Cronquist, 1986; McHugh, 1987).

Las concentraciones de potasio observadas en éste trabajo fluctuaron entre 170 y 250 mg/100 g, siendo similares a las de otras algas cafés como *Ascophylum nodosum* y *Laminaria digitata* (250 mg/100 g) (Jensen, 1973; Chapman & Chapman 1980), por su parte Carrillo-Domínguez *et al.* (1992) observaron concentraciones de 220 mg/ 100 g para *Sargassum sinicolu*, así el presente trabajo coincide con estos autores en que en general, las concentraciones de potasio y sodio en las algas son elevadas.

### 7.7.2 SODIO

En el presente trabajo se observó que las concentraciones de sodio ocuparon el primer lugar para las muestras sin lavar y el segundo lugar para las muestras lavadas en orden de magnitud, esto puede deberse a la importancia que reviste, ya que el sodio puede reemplazar en parte al potasio pero no totalmente (Cronquist, 1986). además de ser un elemento esencial para el crecimiento de las algas, la activación enzimática y la osmorregulación (Dawes, 1986) y ser la cuarta sal que forma parte del ácido algínico en la estructura **algal** (McHugh, 1987).

Por las concentraciones de sodio detectadas en ***Sargassum*** spp., las cuales fluctuaron de 365 a 382 mg/100 g se puede considerar una buena fuente para la alimentación de rumiantes sin que se presente desequilibrios **iónicos** en estos, ya que los requerimientos **nutricionales** diarios son muy superiores (**25g**) (N.R.C. 1971). Por otra parte se ha observado que la inclusión de exceso de sales (concentraciones de sodio y potasio mayores de un **4%**) en las dietas de aves aumenta el consumo de agua provocando un desequilibrio **iónico** que se manifiesta en heces muy húmedas ( Maynard, 1981; N.R.C. 1994) razón por la cual al pensar en el empleo de ***Sargassum*** spp., en la dietas de aves se recomienda realizar estudios mas específicos que nos brinden más información.

### 7.7.3 CALCIO

El calcio ocupó el tercer lugar en orden de magnitud presentándose en concentraciones considerables para ambos tratamientos. Esto se puede deber a que el calcio forma parte de la pared celular, membranas celulares y espacios intercelulares de las algas, asimismo el alga requiere de una gran cantidad de iones de calcio al igual que de magnesio para la formación de alginato, ya que a medida que las células vegetales maduran, requieren calcio para cambiar la pectina a pectato de calcio y magnesio para formar un cemento mucho más duro que pueda conservar a las células fuertemente unidas (Cronquist. 1986; Dawes, 1986).

Es ampliamente conocido el papel fundamental que desempeña el calcio en la formación de los huesos y dientes en los mamíferos, a los cuales debe ser suministrado en grandes cantidades en su dieta diaria, a fin de prevenir enfermedades de los huesos especialmente en los **niños**, entre las múltiples funciones que cumple, vale la

pena destacar su papel en la **coagulación** de la sangre y el funcionamiento de ciertas enzimas; en el caso particular de las gallinas este elemento es fundamental en la formación del huevo, particularmente en el cascarón, **asi** pues el uso de las algas en la alimentación de los mamíferos y aves puede ser una alternativa para cubrir los requerimientos de calcio de estos organismos, sin embargo, es necesario realizar estudios más amplios y específicos que puedan generar información en relación a los porcentajes de alga que puedan ser incluidos en las dietas de cualquier organismo sin ocasionarle danos fisiológicos.

#### 7.7.4 MAGNESIO

El magnesio ocupó el cuarto lugar en orden de magnitud, su importancia radica en que este elemento forma parte estructural de la molécula de clorofila, necesaria para que el *Sargassum* realice sus funciones fotosintéticas, además de estar implicado en el metabolismo del fósforo, así como en la activación de algunas enzimas esenciales y la estabilidad ribosomal (Dawson, 1966 ;Luning-klaus 1990).

En forma general las concentraciones de magnesio **al** igual que el fósforo se incrementaron gradualmente en ambos tratamientos a medida que las plantas de *Sargassum* fueron madurando, debido probablemente a los diferentes requerimientos específicos del alga durante sus diversas fases de desarrollo, éste incremento también puede estar asociado con la gran cantidad de iones de calcio y magnesio que el alga requiere para la elaboración de ácido algínico (Dawes, 1986; McHugh, 1987).

#### 7.7.5 FOSFORO

El fósforo ocupó el quinto lugar en orden de magnitud, éste es uno de los minerales que desempeña una función esencial en el crecimiento de las algas, participa en el metabolismo celular, la transferencia de energía dentro de la célula, incluyendo tanto la fotosíntesis como la respiración debido a que forma parte del ATP, además de formar parte de los fosfolípidos que intervienen en la permeabilidad de la membrana plasmática, y ser un constituyente esencial de los ácidos nucleicos (**Loban & Wynne.** 1981; Cronquist, 1986). En el presente trabajo se observó que las concentraciones de fósforo para ambos tratamientos fueron incrementándose gradualmente durante los diferentes

meses de muestreo observándose una ligera disminución en mayo, época en que las algas empezaban a presentar un estado de senescencia, así las algas colectadas en febrero compuestas por organismos jóvenes (plántulas de *Sargassum* spp.) presentaron **bajas concentraciones de fósforo** en comparación con las algas colectadas en los meses de marzo y abril, estas diferencias pueden ser atribuidas a los diferentes requerimientos específicos del *Sargassum* durante su desarrollo ya que este necesita fósforo en forma de fosfatos ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) para su crecimiento y división celular además de que una parte de este es requerido para la elaboración de proteínas estructurales (Fogg, 1975).

#### 7.7.6 COBRE

El cobre ocupó el sexto lugar, éste es un catión que actúa como osmorregulador y “transportador de electrones” en sistemas enzimáticos que llevan a cabo sistemas de oxidación- reducción en las algas. Tales reacciones son esenciales para el desarrollo y reproducción de estas. En el presente trabajo se observaron concentraciones de cobre muy pequeñas para ambos tratamientos, las cuales fluctuaron entre 0.01 a 0.2 **mg/100 g** durante los diferentes meses de muestreo, al respecto O’Kelley (1974) menciona que las **feofitas** acumulan elementos traza entre los que se incluye el cobre, siendo tal vez esta, una de las razones por la cual, se observaron cantidades **ínfimas** en *Sargassum* spp.

Cabe mencionar que las concentraciones de cobre observadas en el presente trabajo resultaron ser inferiores al máximo permitido para alimentos y por lo tanto se puede pensar en el empleo de esta alga para el consumo animal o humano.

#### 7.7.7 ZINC

El zinc ocupó el séptimo lugar, éste elemento es indispensable para la activación de sistemas enzimáticos, que son necesarios para el metabolismo de las algas, por ejemplo para la síntesis del ácido indolacético que es una sustancia reguladora de el crecimiento vegetal además de que interviene en la formación de RNA (Loban & Wynne, 1981), en este trabajo se observaron concentraciones muy bajas que fluctuaron de 0.01 a 0.03 **mg/100 g**. Esto podría deberse a que tanto el cobre como el zinc son considerados como micronutrientes los cuales se caracterizan por ser

necesarios en cantidades **muy pequeñas** para el buen funcionamiento de las plantas (O'Kelley 1974), sin embargo, tales elementos son **fundamentalmente** tan importantes como los macronutrientes.

En general al comparar el contenido de algunos minerales de *Sargassum spp.*, y otros alimentos de consumo común en animales y humanos se observó que las concentraciones de potasio (2 a 2.5 mg/g) son muy similares a las de el arroz y zanahoria (2.4 a 2.6 mg/g) respectivamente; las concentraciones de sodio (2 a 3.6 mg/g) resultaron ser similares a las de el maíz (3.5 mg/g) y mayores a las del arroz (2.4 mg/g) y zanahoria (2.6 mg/g). Las concentraciones de calcio (1 a 1.7 mg/g) resultaron superiores a las de la zanahoria (0.52 mg/g) y espinacas (1.28 mg/g); las concentraciones de magnesio (0.4 a 0.5 mg/g) fueron mayores que las presentes en la zanahoria (0.16 mg/g) y un poco inferior a las del arroz (0.08 mg/g) y espinacas (0.6 mg/g) (Schuphan, 1968). Asimismo las concentraciones de calcio presentes en *Sargassum spp.*, fueron mayores a los requerimientos nutricionales establecidos para pollos (0.9 %) (NRC, 1994). Al respecto, Rodríguez-Bernal (1995) observó un incremento en el grosor del cascarón de huevo de gallinas ponedoras cuando a estas se les incluyó en la dieta un 9 % de *Sargassum sinicolu*.

Respecto al ganado vacuno, *Sargassum spp.*, puede ser considerado una buena fuente de minerales ya que las concentraciones de magnesio presentes en este (0.5 %) son muy cercanas a los requerimientos nutricionales del ganado (0.6 %); las concentraciones de sodio presentes en esta alga (3-3.5%) resultaron superiores a los requerimientos nutritivos de éste (1 %) (NRC, 1971).

El análisis químico proporcionó la siguiente información: las algas de *Sargassum spp.*, pueden ser procesadas mediante la técnica de secado directamente al sol, molidas y almacenadas por tiempo prolongado sin que se presente desarrollo microbiano para ser utilizadas en la extracción de alginato de sodio o como complemento alimenticio en la dieta de animales de importancia económica.

Por presentar *Sargassum spp.*, concentraciones elevadas de cenizas (25 a 31 %), así como de fibra **cruda** (10 a 11 %) y carbohidratos (38 a 50 %) podría ser utilizada como complemento alimenticio en rumiantes los cuales requieren incluir en su dieta diaria grandes cantidades de sales además de poseer enzimas de origen microbiano que los hace capaces de aprovechar la celulosa y **carbohidratos** en forma de energía, mientras que en los animales monogástricos estas concentraciones elevadas de cenizas, fibra cruda y carbohidratos provocan trastornos fisiológicos (Maynard, 1981), asimismo al observar que las concentraciones de cenizas en las muestras sin lavar son significativamente mayores y al no existir diferencia significativa entre tratamientos, en las concentraciones de fibra cruda y carbohidratos se sugiere utilizar a *Sargassum spp.*, en forma directa. La energía bruta aportada por *Sargassum spp.*, (1.9 a 2 %) resultó ser menor a algunos forrajes empleados en la alimentación de rumiantes como la alfalfa (4.3 %) y el algodón (4.7 %), sin embargo, esta alga podría ser una alternativa para la alimentación del ganado en aquellas regiones carentes de recursos, zonas áridas o épocas con climas adversos. Al realizar el análisis de la digestibilidad de *Sargassum spp.*, se observó que fluctuó de 82 a 92 % siendo superior a algunos forrajes empleados en la alimentación de rumiantes como la alfalfa (82 %). Esta información sugiere la posibilidad de incluir en la dieta de rumiantes esta alga sin que se presenten trastornos fisiológicos en el animal.

## 8. CONCLUSIONES

Las muestras que se sometieron al tratamiento de lavado proporcionaron mayores porcentajes de rendimiento de alginato de sodio.

Las plantas maduras de *Sargassum* spp., colectadas en mayo proporcionaron los mayores rendimientos de alginato de sodio.

Los mayores rendimientos de alginato de sodio se obtienen cuando se realiza la extracción a una temperatura de 95 °C.

La calidad del alginato de sodio depende en un alto grado de la viscosidad, esta fue mayor en las muestras que tuvieron el tratamiento de lavado.

Las mayores viscosidades de alginato de sodio se obtienen cuando se realiza la extracción a 65 °C para muestras lavadas.

La viscosidad de alginato de sodio se ve reducida cuando la temperatura se incrementa en un rango de 80 a 95 °C.

La viscosidad del alginato de sodio obtenido a partir de *Sargasum* spp., permite pensar en su uso como: pastas para estampado de telas, **estabilizantes** y espesantes en la industria farmacéutica y alimenticia, así como en **la** industria papelera, donde se emplean alginatos de baja viscosidad (5 a 60 cps).

Por el alto contenido de carbohidratos y minerales presentes en ***Sargassum spp.***, se considera que esta alga puede ser empleada como un complemento **alimenticio** en las dietas de algunos animales domésticos de importancia económica, específicamente en el ganado vacuno, el cual posee enzimas de origen microbiano que sintetizan los carbohidratos, además de requerir incluir en su dieta diaria cantidades considerables de sales.

Por presentar ***Sargassum spp.***, un contenido de fibra cruda menor a algunos forrajes terrestres se considera más digerible y aprovechable para algunos animales de importancia económica.

La energía bruta y la digestibilidad de ***Sargassum spp.***, resultaron ser altas por lo que pudiera ser considerado como un complemento alimenticio en las dietas para rumiantes.

## 9. SUGERENCIAS Y RECOMENDACIONES

Se recomienda desarrollar la extracción de alginato de sodio a partir de *Sargassum* spp., a nivel planta piloto tomando como base los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Se recomienda ensayar diferentes aplicaciones de los alginatos obtenidos, en aquellas mezclas que requieran alginatos de baja viscosidad **tales** como: materiales de impresión dental, geles de agua así como para la elaboración de pasta para impresiones textiles entre otras.

Se recomienda estudiar la proporción de ácidos **urónicos** presentes en el alginato de estas algas (razón **M/G**) ya que de esta razón dependen sus propiedades físico-químicas y por consiguiente sus mejores usos.

Se recomienda realizar un análisis **microbiológico** general así como algunos más específicos que proporcionen información sobre aquellos microorganismos que pudieran estar implicados en la degradación de la molécula de alginato.

Se recomienda realizar estudios específicos que brinden información sobre el tipo de **ácidos** grasos que contiene *Sargassum* spp., y su posible aplicabilidad en productos dietéticos.

Por su alto contenido de **carbohidratos** se recomienda realizar estudios cuantitativos y cualitativos, que proporcionen información sobre las diferentes clases de carbohidratos que componen a esta alga, así como sobre el porcentaje que realmente es asimilable por el hombre y animales de importancia económica.

Se recomienda realizar estudios que permitan encontrar una proporción adecuada de *Sargassum* spp., en la inclusión de dietas para las aves (pollos de engorda y gallinas ponedoras) que no provoque trastornos fisiológicos.

Asimismo se recomienda realizar estudios a fin de determinar la energía metabolizable verdadera de esta alga, y determinar si su utilización para consumo animal es rentable.

## 10 . BIBLIOGRAFIA CITABA.

- A.O.A.C. 1990. **Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. 15th Ed.**, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. 1141 p.
- ABRAMS-J. 1965. **Nutrición animal y dietética veterinaria.** Acribia Zaragoza, España. 260 p.
- APONTE-OTAOLA, N.E., M. DIAZ-PIFERRER & H.D. GRAHAM. 1982. Seasonal variations and anatomical distribution of alginic acid in *Sargassum spp.* Found the coast of Puerto Rico. Department of Marine Sciences. **University of Puerto Rico. 464-474 p.**
- ARAKI.S., EICHENBERGER.W., SAKURAI.T. & SATO.N. 1991. Distribution of diacylglyceryl hydroxymethyl trimethyl-b-alanine (DGTA) and phosphatidylcholine in brown algae. **Plant, Cell, Physiol. 32(5): 623-628.**
- BAARDSETH, E. & A. HAUG. 1953. Individual variation of some constituents in brown algae, and reliability of analytical results. Rept. Norwegian Inst. of Seaweed., Res; 2: 1-21
- BLACK W.A.P. 1949. The seasonal variation in chemical constitution of some of the litoral seaweeds common to Scotland, Part II, *Fucus serratus*, *Fucus spiralis*. *Pelvetia canaliculata*. **J. Soc. Chem. Ind.**, London, 67: 140-148.
- CALVO-CARRILLO, C. & J. MORALES DE LEON. 1984. **Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos.** Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos: División de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos I.N.N.S.Z. México. 183 p.
- CARRILLO-DOMINGUEZ, S., M.I., CASTRO-GONZALES, F. PEREZ-GIL. E. ROSALES-GARCIA & R. MANZANO-MONTAÑO. 1992. El alga marina (*Sargassum sinicola* Setchel & Gardner) como alternativa en la alimentación animal. **Rev, Cubana Cienc. Agric, 26: 179-184.**
- CASAS-VALDEZ, M .M. 1975. Extracción, cuantificación y **caracterización** parcial de alginatos procedentes de seis especies de Phaeophytas de las costas de México. Tesis profesional. **Escuela Nacional de Ciencias Biológicas,-IPN.,** México, 38 p.
- CASAS-VALDEZ, M.M. 1981. Las algas **cafes**, un recurso potencial para Baja California. **Mem.Simp. La pesca en México.** IPN. La Paz, B.C.S. 18-19 p.
- CASAS-VALDEZ, M.M. 1982. Avance para la industrialización de los alginatos en México. **Serie Técnica NO .1, CICIMAR, 20p.**

- CASAS-VALDEZ, M.M. 1985. Cuantificación y caracterización parcial de **alginatos** de algunas especies de algas Phaeophytas de las costas de **México**. *Lv. Mar. CICIMAR*, 2(1):46-57.
- CASAS-VALDEZ, M. M. 1. SANCHEZ-RODRIGUEZ., & G. HERNANDEZ-CARMONA. 1993. Evaluación de *Sargassum spp.* en la Costa Oeste de Bahía Concepción, B. C. S.. México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 8(2):61-69.
- CASTRO-GONZALEZ, M.I., S. CARRILLO-DOMINGUEZ, S., F. PEREZ-GIL., R. MANZANO- MONTAÑO & E. ROSALES-GARCIA. 1991. Sargazo gigante (*Macrocystis pyrifera*): Recurso potencial para la alimentación animal. *Rev. Cubana Cienc. Agric*, 25(79): 79-84.
- CASTRO-GONZALEZ M, I., L.V.MADRIGAL-AMBRIZ, & S. CARRILLO-DOMINGUEZ. 1992. Las algas marinas en la alimentación humana y animal. *Cuaderno de nutrición*, 15 (4): 17-32.
- CASTRO-GONZALEZ M.I., S. CARRILLO-DOMINGUEZ & F. PEREZ-GIL. 1994. Composición química de *Macrocystis pyrifera* (**Sargazo Gigante**) recolectada en verano e invierno y su posible empleo en la alimentación animal. *Ciencias Marinas*, 20( 1): 33-39.
- CHAPMAN, V.J., & D.J. CHAPMAN. 1980. **Seaweeds and their uses** . Chapman y Hall. Londres Nueva York, 334 p.
- CHAUHAN, V. D. 1970. Variation in alginic acid content with growth species of *Sargassum*, *Bot. Mar.* 13 (1):57-8.
- CHESTERS, C. G. & A.T. BULL. 1963. The enzymatic degradation of laminarin. *Biochem. J.* 86: 28-31.
- CONTRERAS, F. 1985. Las Lagunas Costeras Mexicanas. **Centro de Ecodesarrollo, Secretaria de Pesca**, México. 263 p.
- CRONQUIST, A. 1986. **Introducción a la Botánica**. CECSA, MEX.848 p.
- CRUZ-AYALA, M. & E. BLANCO-CARRASCO. 1992. Extracción de algina a partir del alga *Sargassum filipendula* colectada en la zona costera Veracruz-Puerto Boca del Rio, Ver., en el período Dic.1991- Abril 1992. Tesis profesional. **Instituto tecnológico del Mar, Boca del Rio Veracruz**. 80 p.
- DAWSON, Y. E. 1944.. **Marine algae, of the Gulf of California**. Allan Hancock **Pacific Expeditions**, 3(10): 237-250.
- DAWSON, Y. E. 1966. **Marine botany: an introducción**. Holt Rinehert y Winson, New York, 371 p.

- DAWES, J.D. 1986. **Botánica marina**. LIMUSA 673 p.
- DAWES, C. J. 1987. **Physiological ecology** of two species of *Sargassum* on the West Coast of Florida. **Bull. Mar. Sci.**, 40 (2): 198-209.
- DE LEON, H. S. 1961. **Manual de análisis de alimentos**. Esc. Nal. Cien. Biol. IPN, 175 p.
- ESPINOZA-AVALOS, J. & H. RODRIGUEZ-GARZA. 1985. Observaciones preliminares de *Sargassum sinicofu* Setchell y Gardner (Phaeophyta), en La Bahía de la Paz., Golfo de California, México. **Ciencias Marinas**, 1 1(2): 115-120.
- ESPINOZA-AVALOS, J. & H. RODRIGUEZ-GARZA. 1986. Variaciones de *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt en la exposición al oleaje. México. **INV. MAR. CICIMAR**, 3 (1): 119-126.
- ESPINOZA-AVALOS, J. & H. RODRIGUEZ-GARZA. 1987. **Seasonal phenology and reciprocal transplantation of *Sargassum sinicola*** Setchell et Gardner in the Southern Gulf of the California. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.** 110: 183-195.
- ESPINOZA-AVALOS, J. & H. RODRIGUEZ-GARZA. 1989. **Crecimiento de *Sargassum sinicofu*** Setchell y Gardner (Phaeophyta), en la parte sur del Golfo de California, México. **Ciencias Marinas** 15(4):141-149.
- FAJARDO-LEON, M.C. 1994. Evaluación de biomasa y determinación de especies de los mantos del género *Sargassum spp.*, AGARDH, 1821 (FUCALES: PHAEOPHYTA) en la Bahía de la Paz, B.C.S, México, Tesis de Maestría. **CICIMAR -IPN, La Paz, B.C.S.** México. 80 p.
- FOGG, G. E. 1975. **Algal cultures and phytoplankton ecology**. 2a edición. **The University of Wisconsin**, 175 p.
- FLEURENCE, J., G. GUTBIER., S. MABEAU & C. LEARY. 1994. Fatty acids from the marine macroalgae of the french brittany coast. **Jurnal of Applied Phycology**, 6 : 527-532.
- FRITZ J.S. & SCHENK G. H. 1979. **Química analítica cuantitativa**. Limusa. 3ª edición, México 200 p.
- GONZALEZ-FRAGOZO. J.G. 1983. Variaciones individuales en la **composición química y determinación del tamaño mínimo de muestras** en los mantos de *Macrocystis pyrifera*. Tesis de licenciatura. **Escuela Superior de Ciencias Agrícolas, ÚABC, México**, 45 p.
- GLENN. E., C. SMITHM., & M. DOTYS. 1990. **Influence of antecedent water temperatures on standing crop of a *Sargassum spp.* dominated reef flat in Hawaii**. **Marine Biology** (105): 323-328.

- GREEN, H.C. 1936. **Process for making alginic acid and product**. U.S. patent 2'036,934.
- GUIRY-D, M. & Cl. BLUNDEN. 1991. **Seaweed resource in Europe uses and potential**. New York, Copyright 430 p.
- HAUG, A. S. & B. I. ARSEN, 1958. Phenolic compounds in brown algae. The presence of reducing compounds in *Ascophyllum nodosum* **Acta Chem Scand.** (12) 4: 650-657.
- HAUG, A. S. 1964. Composition and properties of alginates. Rept.30. **Norwegian Inst. of Seaweed Res. N.H.T;** Trondheim, Norway, 123 p.
- HAUG, A. S. 1965. **Alginic acid** In: Whistler Roy L. and L. M. Wofrom (eds). **Methods in carbohydrate Chemistry**, V. Analysis and preparation of sugars, **Acad. Press**, New York & London, 69-73p.
- HARRISON P. J. & L. D. DRUEHL. 1982. **Nutrient uptake and growth in the *Laminaria* and other macrophytes: a consieration of methods**. In L. M. Srivastava. **Synthetic and Degradative Processes in Marine Macrophytes**. Berlin: Walter de Gruyter. 99-120 p.
- HERNANDEZ-CARMONA, G. 1985. Variación estacional del contenido de alginatos en tres especies de feofitas de Baja California Sur., México. **Inv. Mar. CICIMAR**, 2(1):29-45.
- HERNANDEZ-CARMONA, G. & M. AGUIRRE-VILCHIS. 1987. Propiedades de intercambio iónico de alga café *Macrocystis pyrifera* durante la pre-extracción ácida, en el proceso de extracción de alginato. **Inv. Mar. CICIMAR**, 3(2):53-64.
- HERNANDEZ-CARMONA, G., M.M. CASAS-VALDEZ, C. FAJARDO-LEON, I. SANCHEZ-RODRIGUEZ & E. RODRIGUEZ-MONTESINOS. 1990. Evaluación de *Sargassum spp.* en la Bahía de la Paz, B.C.S., México. **Inv. Mar. CICIMAR**, 5(1):11-18.
- HERNANDEZ-CARMONA, G., & E. RODRIGUEZ-MONTESINOS.. M.M. CASAS-VALDEZ, M. AGUIRRE-VILCHIS, & I. SANCHEZ-RODRIGUEZ. 1991. Evaluación de los Mantos de *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta, Laminariales) en la Península de Baja California, México, III. Verano de 1986 y variación Estacional. **Ciencias Marinas**, 17(4):121-145.
- HERNANDEZ-CARMONA, G., M. M. CASAS-VALDEZ., & M. AGUIRRE-VILCHIS, 1991. Proceso mejorado para la obtención de alginato de sodio a partir de *Macrocystispyrifera*. **Inv. Mar. CICIMAR**, 6(2):259-266.
- HUERTA-MUZQUIZ, L. 1961. Especies aprovechables de la flora marina de la costa occidental de Baja California, **Acta Politécnica Mexicana**, 2 (10):401-405

- HUERTA-MUZQUIZ, L. 1978. **Vegetación acuática y subacuática** 238-340. En Rzedowski, J. **Vegetación de México**. LIMUSA.
- JENSEN, A. 1973. The nutritive value of seaweed meal for domestic animals. **Proc. Inst. Seaweed Symp.** Norway. 1-8 p.
- JENSEN, A. 1977. Industrial utilization of seaweeds in the past present and future. Norwegian Insts. of Seaweed Res. In: **Proceedings of X International Seaweed Symposium, Santa Barbara**, E.U.A. 17-21.
- KELCO. 1976. **Kelco algin, hydrophilic derivatives of alginic acid for scientific water control**. Kelco Division of Merck and Co. Inc. San Diego, 51 p.
- KING, A.H. 1983. Brown seaweeds extracts (alginates). In: **Food Hydrocolloids**, M. Glicksman. Boca Raton, Florida, NRC press, 115 p.
- KREFTING, A. 1896. Norwegian patent 5028. **Process** for marking alginic acid.
- LARSEN, B. 1975. Brown seaweeds; analysis of ash, fiber, iodine, and mannitol. In: **Handbook of Phycological Methods**, 181-188.
- LeGLOAHEC, V.C.E. & HERTER, J.R. 1938. Method of treatment of seaweeds, **Patent 2,128,551**, U.S. Patent Office, E.U.A.
- LEURING, A.S. 1970. **Marine algae. A. Survey of Research and utilization**. Cram thegruyter & Co. E.U.A. 185-187 p.
- LOBAN, S, C., & J. Wynne.B. 1981. **The biology of seaweeds**, Ed Los Angeles, Calif. University of California, 786 p.
- LUNING-KLAUS, J. 1990. **Seaweeds their environment, biogeography and ecophysiology**. New York, Wiley-Interscience, 527 p.
- MANRIQUE, F.A. 1986. El género *Sargassum* en el Golfo de California. Taxonomía y Ecología. 1. Intercambio académico sobre investigaciones en el Mar de Cortés. **Memorias Universidad de Sonora, Hermosillo, Son., 220 - 228**.
- MANZANO-MONTAÑO, R., & E. ROSALES-GARCIA. 1989. Aprovechamiento de las algas marinas *Macrocystis pyrifera* y *Sargassum sinicola* en la alimentación humana y animal. Tesis Profesional, **Escuela de Química, Universidad La Salle**. México. 109 p.

- MARTINEZ-NADAL N., I. V. RODRIGUEZ & C. CASILLAS. 1964. Isolation and characterization of sarganin **complex**, a new broad-spectrum antibiotic isolated from marine **algae**, *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 13 1 - 134.
- MAYNARD. L., J. LOOSLJ. HINTS, U. & WARNER. R. 1981. **Nutrición animal**. McGraw Hill, México 520 p.
- McCOURT, R.M. 1984. Seasonal patterns of abundance, distribution and phenology in relation to growth strategies of three **Sargassum** species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 74: 141-146.
- McDOWELL, R.H. 1977. **Properties of alginates**. 4th.ed., Alginate industries. Ltd., London 67 p.
- McHUGH, D.J. 1987. **Production, properties and uses of alginates**. In: Producción and utilization of **products** from commercial sea weeds, FAO. *Fish. Tech.* pap; (288): 189 p.
- McNEELY W.H. & PETTITT, D.J. 1973. **Algin, in industrial gum**, 2nd ed Whistler, R.L. and Bemiller, J. N., Eds., Academic Press New York and London: 61-79 p.
- MEILI, D. 1991. The effects of the **environmental factors on Laminaria** disease caused by alginic acid decomposing bacteria *Acta oceanológica sinica*, 11 (1): 123-130.
- MUÑETON-GOMEZ, M. 1987. Fenología de **Sargassum horridum** (Setchell y Gardner), en tres localidades de la Bahía de La Paz, B.C.S., México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B.C.S., México. 71p.
- MUÑETON-GOMEZ, M. 1989. Morfología y época de reproducción de **Sargassum horridum** (Setchell y Gardner), en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 4(2):257-266.
- MUÑETON-GOMEZ, M. & G. HERNANDEZ-CARMONA. 1993. Crecimiento estacional de **Sargassum horridum** (Setchell y Gardner) Phaeophyta, en la Bahía de la Paz, B.C.S.. México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 8(1):23-31.
- MYKLESTAD, S. 1968. Ion-exchange of brown **algae**. Determination of **rate** mechanism for calcium hydrogen ion exchange for particles from **Laminaria hyperborea** and **Laminaria digita**. *J. Appl. Chem.* 18: 30-36.
- NODA, H. 1993. Health benefits and nutritional properties of nori *J. of Applied Phycology*, 5 : 255-258.
- NORRIS, J.N. 1975. Marine **algae** of the Northern Gulf of California. Ph. D. Tesis University of California Santana Barbara, E.U.A. 575 p.

- NORTH, W. J. 1971. **The biology of kelp beds (*Macrocystis*) in California**, Nova hedwigia, Alemania, 600 p.
- NOY-CACERES, I. 1993. Estudio de la influencia del pretratamiento del alga en el rendimiento del **alginato de sodio**. Trabajo de diploma, **Universidad de la Habana, Facultad de Química**. 65 p.
- NUÑEZ-LOPEZ, R. A. , 1993. Biomasa estacional específica de *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyta) en tres zonas de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Tesina profesional. **Universidad Autónoma Metropolitana, Mexico, D.F.** 55 p.
- NUÑEZ-LOPEZ, R., & M.M. CASAS-VALDEZ. 1996. Fenología de las especies de *Sargassum* (fucales : Sargassaceae) en tres zonas de Bahía Concepción, **B.C.S, México**. **Biología Tropical** 44(2):437-446.
- N.R.C. 1971. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Third edition, National Research Council. **National Academy Press**, Washington, D.C., E.U.A. 75 P.
- N.R.C. 1994. **Nutrient requirements of poultry**. Nine edition, National Research Council. **National Academy Press**, Washington, D.C., E.U.A. 66 p.
- O'KELLEY J.C. 1974. Inorganic nutrients In: W.D.P. Stewart, **Algal Physiology and Biochemistry**, Blackwell Scientific Publications Ltd; Oxford, 610-635 p.
- PERCIVAL, E. & R. H. DOWELL. 1967. **Chemistry and Enzymology of marine algal polysaccharides**, London: Academic Press, 219 p.
- PEARSON, D. 1976. **Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos**. Acriba. España. 180 p.
- PICCIONI, M., 1970. **Diccionario de alimentación animal**. Acribia, Zaragoza. España. 254 p.
- PRO, M.A. 1979. **Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal**. Colegio de Postgraduados. IPN. México. 220 p.
- RAO, M. U. 1969. Seasonal variation in growth, alginic acid and manitol *Sargassum wighrii* and *Turbinaria conoides* from Gulf of Mannar, **Int. Seaweed Symp.** Ramón Margalef. Spain, 579 p.
- REVIERS-B. 1989. Fucans and alginates without phenolic compounds. Société de contrôle moléculaire. **J. Of applied phycology** 1 : 75-76.

- RIOSMENA-RODRIGUEZ, R; RODRIGUEZ-MORALES, E.O. & D.A. SIQUEIROS-BELTRONES, 1995. **Seasonal and biogeographical trends of seaweeds from La Paz, Bay.** B.C.S. México. **XV International Seaweed Symposium**, Valdivia, Chile. Enero 8-14.
- ROCHA-RAMIREZ, V. & D.A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1990. Revisión de las especies del género *Sargassum* C. Agardh registrado para la Bahía de La Paz. B.C.S., México. **Ciencias Marinas**, 16(3):15-26.
- ROCHA-RAMIREZ, V. & D.A. SIQUEIROS-BELTRONES. 1991. El Herbario Ficológico de la U.A.B.C.S. Elenco florístico de macroalgas para Balandra en la Bahía de la Paz, B.C.S., México, **Revista de Investigación Científica**, 2 (1): 13-34.
- RODRIGUEZ-MONTESINOS, Y.E. & G. HERNANDEZ-CARMONA. 1991. **Variación** estacional y geográfica de la composición química de *Macrocystis pyrifera* en la Costa Occidental de Baja California. **Ciencias Marinas**, 17(3):91-107.
- RODRIGUEZ-BERNAL, G. 1995. Las algas marinas *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* como fuentes alternas de minerales y pigmentos en gallinas de postura. Tesis profesional. **Escuela Nacional Autónoma de México.** Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia México, 96 p.
- SANCHEZ-RODRIGUEZ, I; L.C. FAJARDO Y O. PANTOJA, 1989. Estudio florístico estacional de las algas en Bahía Magdalena B.C.S. México **Inv. Mar. CICIMAR**. 4(1): 35-48
- SETCHELL, W.A. & GARDNER, N.L. 1924. **The marine algae:** expedition of the California Academy of Sciences. 4th series 12: 695-947.
- SCHUPHAN, W. 1968. **Calidad y valor nutritivo de los alimentos vegetales.** Acribia. Zaragoza, España. 230 p.
- SMIDSRØD, O., A. & B. LARSEN. 1963. The influence of reducing substances on the rate of degradation of alginates. **Acta Chem. Scand.** 17 (5):1473-1474.
- TEJADA, I. 1985. **Manual de laboratorio para análisis de ingredientes en la alimentación animal.** México, D.F. 200 p.