



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"

EL ALGA *Ulva lactuca* COMO ALTERNATIVA EN LA  
ALIMENTACION ANIMAL

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A I

SERGIO PEREZ ESTRELLA



MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE 1992



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INDICE

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
	RESUMEN	
I	INTRODUCCION	1
II	ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS	3
III	JUSTIFICACION	8
IV	OBJETIVOS	9
V	METODOLOGIA	10
VI	RESULTADOS Y DISCUSION	15
VII	CONCLUSIONES	35
VIII	RECOMENDACIONES	36
IX	APENDICES	37
X	BIBLIOGRAFIA	45

## RESUMEN

Las algas marinas son un recurso natural utilizado en la alimentación humana en muchos lugares desde hace miles de años y actualmente presentan una potencialidad en la alimentación animal, principalmente en los lugares donde abundan. Se consideró para este estudio al alga verde *Ulva lactuca* la cual se distribuye ampliamente en las costas mexicanas sin ser aprovechada en forma alguna, es por esto que el objetivo de este trabajo fue proponer a esta especie como un alimento para animales, determinando su composición química por medio de análisis químico aproximado, energía bruta, fracciones de fibra, digestibilidad *in vitro* para rumiantes (ovinos y bovinos) y multienzimática para proteínas, así como minerales y factores antinutricios para su posible aprovechamiento en la alimentación animal. Con las técnicas utilizadas se obtuvieron altos contenidos de cenizas (53.24%) y carbohidratos (30.92%), una digestibilidad multienzimática mayor (86.47%) que la digestibilidad *in vitro* (64.61%). En esta alga se detectaron alcaloides con los reactivos de Mayer formando un precipitado moderado y con Marquis, Erdman y Wagner se observó un precipitado abundante. Por otro lado los minerales más abundantes fueron: calcio (0.84%), fósforo (0.144%) y cloruros (9.79%). En conclusión, esta especie se recomienda como un complemento mineral para aves, ovinos y bovinos, y puede ser utilizado en principio en La Paz, Baja California Sur, ya que altos volúmenes de *Ulva lactuca* son depositadas en este lugar ocasionando problemas de contaminación.

## I INTRODUCCION

La explotación de los recursos marinos abarca tanto especies animales, por ejemplo: anchoveta, atún, sardina, ostión y camarón así como las algas que varían en tamaño desde microalgas a macroalgas (Molina, 1988).

Las algas han sido utilizadas para la alimentación humana y animal desde hace miles de años por muchas civilizaciones y actualmente son consideradas como el alimento del futuro, imaginando un mundo en el cual habrá inmensas granjas marinas para el cultivo y la cosecha de estas antiguas y maravillosas especies marinas, consideradas en muchas ocasiones como "La Gran Pradera del Mar" (Ortega et al., 1989).

Las algas se desarrollan en aguas continentales y ambientes marinos o en los lugares en que encuentren las condiciones adecuadas de humedad y nutrimentos, predominando las especies marinas (Pérez, 1992) las cuales en muchos países principalmente orientales como en China se utilizan para la alimentación humana y animal, las culturas japonesas y polinesa son las más sofisticadas en relación con la alimentación por algas.

Siendo cosechadas a lo largo de las áreas costeras de muchos países y utilizadas como forraje, principalmente los géneros: *Palmaria*, *Alaria*, *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Macrocystis* y *Ulva* (Chapman y Chapman, 1980; Bidwell, 1990).

En varios países de Europa y América se utilizan en la alimentación humana y animal el género *Ulva* y dentro de éste se encuentra la especie *Ulva lactuca*, considerada como un alga cosmopolita, que se presenta en grandes proporciones durante la primavera y el verano.

La colecta promedio de esta alga en 1971 fue de 500 toneladas en Europa y en Japón llegó a 4018 toneladas alcanzando cifras inferiores en Corea, Chile y otros países de América (Chapman y Chapman, 1980).

El empleo de las algas en la agricultura es muy común en Europa y Norteamérica, principalmente en los lugares donde abunda este recurso, utilizándolo en la alimentación animal y como abono para el suelo. En algunos países los borregos, bovinos, caballos y cerdos son llevados a pastorear en las playas durante el verano y principalmente en invierno, aprovechando las algas en fresco depositadas en esos lugares o como harina, formando un complemento en la dieta de los animales (Castro et al., 1992).

En el caso de *Ulva lactuca*, se distribuye en las costas de México sin ser utilizada en alguna forma, causando en las playas como en las de La Paz, Baja California sur, problemas de contaminación cuando son arrojadas por la marea, acumulándose cada año, grandes volúmenes de esta alga, que son retiradas por el servicio de limpia de la localidad sin que se aprovechen ni como abono.

## II ANTECEDENTES BIBLIOGRAFICOS

### Clasificación Taxonómica de *Ulva lactuca*

A la división Chlorophyta o algas verdes pertenece la especie *Ulva lactuca* (*Ulva*: "planta de mar" y *lactuca*: "lechuga"), cuya clasificación taxonómica es la siguiente (Taylor, 1985; Bold et al., 1989):

División	Chlorophyta
Clase	Chlorophyceae
Orden	Ulvales
Familia	Ulvaceae
Género	<i>Ulva</i>
Especie	<i>Ulva lactuca</i> Linnaeus

### DESCRIPCION MORFOLOGICA

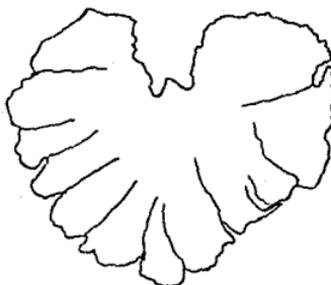
Los talos de *Ulva* son membranosos con láminas extendidas a lo ancho, distromáticas, con márgenes huecos, láminas anuales, con estípites de fuera, rizoides prolongados por células alargadas membranosas extendidas hacia abajo con las que se sujetan.

Las células de la lámina son unicelulares con cloroplastos simples, las láminas presentan formas de copa en algunas especies o forma de pirámide, planas o crispadas, orbiculares, lobular o alargadas.

Talos con márgenes terminales fértiles que presentan esporofitos, zoosporas con dos o cuatro flagelos, gametos biflagelados; en este género se encuentran las especies: *Ulva fasciata* Delile, *U. profunda* Taylor, *U. expansa*, *U. lobata*, *U. linza*, *U. costata* *U. pertusa* y *Ulva lactuca* Linnaeus, utilizada en este estudio (Abbott, 1976; Bold et al., 1989).

*Ulva lactuca*, es una lámina foliácea de color brillante, con un disco de fijación pluricelular, compuesto por células con apéndices rizoidales, blanda y lubricada. Los márgenes planos o arrugados, de unos 18 cm de talo, algunas veces más ancha que larga, de 35-40 micras de espesor en los márgenes, 45-90 micras en el centro, células irregulares, 10-20 micras de diámetro, cada célula contiene un solo cloroplasto en forma de copa, de forma cuadrada o pequeña, alargada, lobular y ondulada, gametos haploides biflagelados, con esporofitos y gametofitos, esta especie ocasionalmente se puede encontrar en rocas, muelles o con otras algas (FIGURA 1) (Abbott, 1976; Taylor, 1985; Bold et al., 1989).

FIGURA 1



*Ulva lactuca*

## NOMBRES COMUNES

El alga *Ulva lactuca* se denomina: lechuga de mar, aosa, palahalaha, luce, hai tsai, shuih shum, hun-po, kwanpo, meersalet, gamgamet e ihixlhewis (Naylor, 1976; Cooper, 1977; Chapman y Chapman, 1980).

## DISTRIBUCION Y ABUNDANCIA

A nivel mundial *Ulva lactuca* se distribuye desde el mar de Bering hasta Chile y desde el Artico hasta los trópicos en el Atlántico Norte y Pacífico Norte . También se le ha encontrado en Escocia , Costa Sudamericana del Pacífico, así como en muchas partes del Sureste de Asia (Naylor, 1976).

Esta especie, es muy común a lo largo de las costas oceánicas de zonas tropicales, en los puntos situados entre la marea más alta y más baja principalmente en las áreas rocosas; las algas de estas zonas con frecuencia son arrancadas por la marea y arrojadas a las playas (Marshall, 1987); forman tapetitos en la madera, guijarros, orillas de las conchas y partes expuestas de muchas rocas en muelles, etc., es muy común en los arrecifes coralinos (Rzedowski, 1983).

En México, se puede encontrar en las costas de Baja California Norte y Sur, Golfo de California, Sinaloa, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz, Quintana Roo y Península de Yucatán así como en el Caribe mexicano (FIGURA 2) (Piña et al., 1983; Rzedowski, 1983; Huerta et al., 1987).



FIGURA 2 DISTRIBUCION DEL ALGA *Ulva lactuca* EN LAS COSTAS DE LA

REPUBLICA MEXICANA

--- *Ulva lactuca*

## COMPOSICION QUIMICA

Durante los últimos años, pocos autores han realizado diferentes análisis químicos de *Ulva lactuca* y otras especies del género *Ulva*. Chapman y Chapman (1980) reportaron para la mezcla de *Ulva lactuca* y *Ulva fasciata* un 18.7% de humedad, 14.9% de proteína cruda, 0.04% de extracto etéreo, 15.6% de cenizas y un 0.2% de fibra cruda; por otro lado, Bratova, citado por Audiffred (1988), reportó para *Ulva lactuca* un 18% de proteína cruda, 1.27% de extracto etéreo y un 2.84% de fibra cruda. Cooper (1977), reporta la presencia de los siguientes nutrimentos : proteínas, azúcares, grasas, vitamina A y C; así como también hierro, iodo, aluminio, níquel, manganeso, sodio, potasio, calcio, nitrógeno soluble, fosfatos, sulfatos, rubidio, estroncio, bario, cobalto, boro y arsénico.

## USOS

*Ulva lactuca* es aprovechada en Escocia, este de Asia, Norte de Filipinas, Jamaica, Perú, Hong Kong, Taiwan y Chile para la alimentación humana, también es utilizada en América del Norte, Japón y Europa como complemento en la alimentación de pollos, ovinos y bovinos además se le emplea como abono y materia prima en la fabricación de medicamentos y cosméticos (Cooper, 1977; Marshall, 1987).

### III JUSTIFICACION

Con base a lo anterior, se observa que *Ulva lactuca* es una especie ampliamente distribuida en México y a la que se le han dado diversos usos en otros lugares principalmente orientales para la alimentación humana, no así en los del occidente, donde se utiliza como abono en el campo y en la ganadería como alimento para animales; sin embargo, en nuestro país no se han realizado estudios sobre su valor nutritivo, de aquí el interés por estudiar esta especie como alternativa en la alimentación animal, ya que hoy en día, existe la necesidad de buscar recursos potenciales para la alimentación animal que no sean competitivos con los de consumo humano y que puedan ser aprovechados racionalmente en aquellos lugares donde esté presente.

#### IV OBJETIVOS

##### OBJETIVO GENERAL

- Proponer con base a su composición química, a *Ulva lactuca* como recurso potencial para la alimentación animal.

##### OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la composición química del alga *Ulva lactuca* por medio de: análisis químico aproximado, minerales, energía bruta, fracciones de fibra.
- Determinar la digestibilidad in vitro para rumiantes y monogástricos.
- Determinar la presencia de factores antinutricios: hemaglutininas, alcaloides, glucósidos cianogénicos, saponinas y taninos.

## V METODOLOGIA

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

### PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA COMPOSICION QUIMICA DEL

#### ALGA *Ulva lactuca*

#### COLECTA

|  
\\

#### SECADO

|  
\\

#### MOLIENDA

|  
|

/-Análisis Químico Aproximado (A.Q.A.)

|  
|

|-Energía Bruta

|  
|

|-Fracciones de Fibra

\\

|-Digestibilidad in vitro para rumiantes

/ -Digestibilidad Multienzimática para

#### ANALISIS QUIMICOS

Monogástricos

\ -Minerales (Ca, P, Cu, Fe, Pb)

|-Factores Antinutricios (Hemagglutininas,

| Alcaloides, Glucósidos cianogénicos,

\ Saponinas y Taninos)

## **COLECTA**

Se realizó en el mes de enero de 1991, en La Paz, Baja California Sur, México (FIGURA 3). La colecta fue efectuada por personal del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-I.P.N.), bajo convenio con el Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", recolectando manualmente las algas depositadas en las playas.

## **SECADO**

Se realizó en La Paz (CICIMAR-I.P.N.), sobre una superficie de concreto limpia y exponiendo la muestra al sol directo hasta que se obtuvo una humedad del 10% aproximadamente, el secado se completó en el Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", en una estufa de secado a temperatura de 98°C durante una hora.

## **MOLIENDA**

Se realizó con un molino de cuchillas y malla de 1 mm con lo que se obtuvo una harina homogénea que facilitó los análisis.

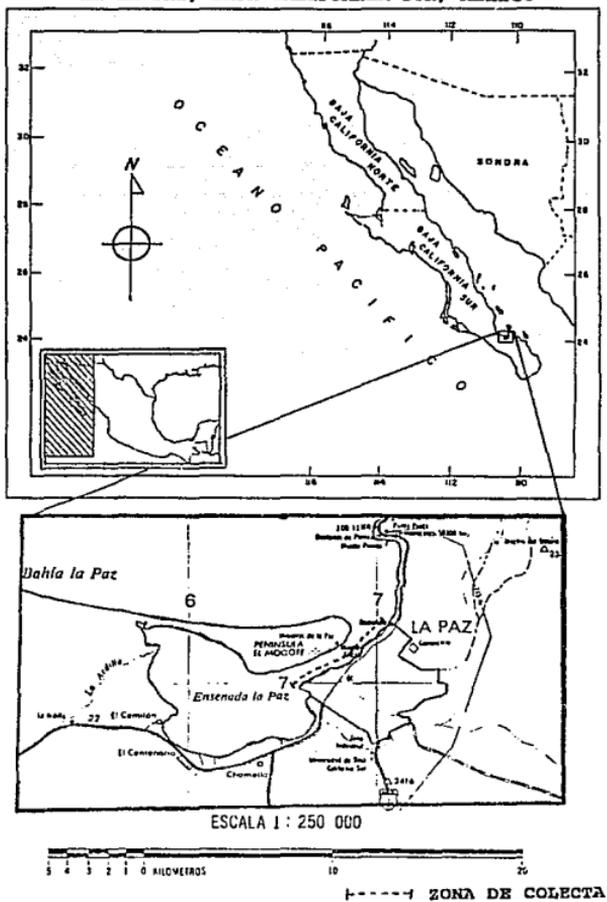
## **ANÁLISIS QUÍMICO**

### **Análisis Químico Aproximado**

El número de repeticiones en cada una de estas determinaciones fue de seis (ver Apéndice 1).

FIGURA 3

UBICACION DE LA ZONA DE COLECTA DEL ALGA *Ulva lactuca*  
EN LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO



- 1) HUMEDAD: Método 934.01; AOAC, 1990.
- 2) CENIZAS: Método 942.05; AOAC, 1990.
- 3) PROTEINA CRUDA: Método 976.05; AOAC, 1990.
- 4) EXTRACTO ETERE: Método 920.39; AOAC, 1990.
- 5) FIBRA CRUDA: Método 962.09; AOAC, 1990.
- 6) EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO.- Se considera que son los carbohidratos asimilables constituidos en la muestra. Se obtuvieron por diferencia, restando de 100 la suma de las determinaciones: humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína cruda y fibra cruda.

ENERGIA BRUTA: Determinación por medio de la bomba calorimétrica.

El número de repeticiones en esta técnica fue de dos.

FRACCIONES DE FIBRA: Fibra neutro-detergente (FAD) y Fibra ácido-detergente (FAD); Tejada, 1985. El número de repeticiones fue de tres y cinco respectivamente.

DIGESTIBILIDAD in vitro PARA RUMIANTES: Tilley and Terri, modificada por Tejada, 1985. Con cuatro repeticiones.

DIGESTIBILIDAD MULTIENZIMATICA: Hsu et al., 1977. Con dos repeticiones.

MINERALES: Absorción atómica; 965.09; AOAC. 1990.

FOSFORO: Método Colorimétrico; 933.01; AOAC. 1990.

El número de repeticiones en estas determinaciones fue de tres.

**FACTORES ANTINUTRICIOS (ver Apéndice 1)**

**1) FACTORES ANTIFISIOLOGICOS**

**HEMAGLUTININAS: Método Cualitativo; I.N.N.S.Z., 1984.**

**TANINOS: Método Cualitativo; I.N.N.S.Z., 1984. Con tres repeticiones.**

**2) FACTORES TOXICOS**

**ALCALOIDES: Método Cualitativo; Domínguez, 1979.**

**GLUCOSIDOS CIANOGENICOS: Método Cualitativo ; I.N.N.S.Z., 1984.**

**3) FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTION**

**SAPONINAS: Método Cualitativo; I.N.N.S.Z., 1984.**

## VI RESULTADOS Y DISCUSION

En el CUADRO 1, se reporta el análisis químico aproximado realizado a *Ulva lactuca*, observando los valores más altos en el contenido de cenizas (53.24%) y en los carbohidratos (30.92%), estos resultados se discuten más adelante.

La cantidad de proteína cruda presente en *Ulva lactuca* fue de 10.75% valor más bajo que el reportado por Chapman y Chapman, (1980) para la mezcla de *U.lactuca* y *U. fasciata*, así como el reportado por Piña et al., (1983) para las algas del mismo género (CUADRO 2). Esta diferencia se puede deber a que las muestras no son de la misma localidad, lo que indica que cada especie presenta características específicas aún cuando son del mismo género. Sin embargo en comparación con *Enteromorfa compressa*, utilizada para la alimentación humana, presenta un valor parecido al de el alga estudiada.

El contenido de proteína de *Ulva lactuca* es similar al de algunos cereales como: avena (10.8%), trigo (10.6%) y centeno (11.3%). Considerando lo anterior, este producto natural es bajo en proteínas.

Las proteínas son muy importantes para el crecimiento, la reproducción y la lactancia así como para el desarrollo de las masas musculares del animal (Ivanou, 1989; García, 1991)

No hay otro nutrimento que pueda reemplazar a las proteínas, por lo que se recomienda que en la ración debe haber un mínimo de éstas, dependiendo del animal, edad, estado fisiológico y fin productivo; por ejemplo para ganado vacuno se recomienda un mínimo de 22% de proteína en la materia seca para terneras (Miller, 1979).

CUADRO 1

ANALISIS QUIMICO APROXIMADO Y ENERGIA BRUTA  
 DEL ALGA *Ulva lactuca*  
 (g/100g Materia seca)

FRACCION	%
Proteína cruda (N X 6.25)	10.75 ± 0.47
Fibra cruda	4.84 ± 0.25
Extracto etéreo	0.25 ± 0.04
Cenizas	53.24 ± 0.36
Carbohidratos (por diferencia)	30.92
*Energía bruta (Kcal/g)	1.64 ± 0.00

Media y desviación estándar de seis repeticiones

\*Media y desviación estándar de dos repeticiones

La fibra cruda influye en la digestión de los rumiantes, regulando el tiempo de tránsito en el intestino, la velocidad de vaciado del estómago y la frecuencia de defecación así como su capacidad de absorber ácidos biliares con lo que se facilita la digestión (Izaquirre, 1988).

*Ulva lactuca* presentó un 4.84% de fibra cruda (CUADRO 2), valor considerado como muy alto con respecto al reportado por Chapman y Chapman (1980) (0.25%) pero más bajo que otras algas verdes (*U. fasciata* (9.61%) y *Enteromorpha compressa* (12.2%)) y muy alto al valor de *U. linza* (0.08%), hay que tener presente que las muestras comparadas no son de la misma localidad y época de colecta.

Si comparamos la fibra cruda de *Ulva lactuca* con algunos cereales tales como: arroz (9.0%), avena (12.4%) y trigo (11.1%) y con los valores de algunos alimentos utilizados con mayor frecuencia para rumiantes (ovinos, bovinos) (valor de 3-5% como bajo y de 35-40% como alto) (Church, 1990), se puede decir que la especie estudiada es pobre en fibra cruda.

En esta determinación se notó la presencia de algunas sustancias de consistencia gelatinosas o muy viscosas (no determinadas) las cuales impidieron una rápida filtración en esta determinación.

CUADRO 2

ANALISIS QUIMICA APROXIMADO DE VARIAS ALGAS MARINAS UTILIZADAS  
COMO ALIMENTO (g/100g)

Especie	Cenizas	Extracto etéreo	Fibra cruda	Proteína cruda	Carbohi- dratos
<i>Ulva lactuca</i> <sup>1</sup>	53.24	0.25	4.84	10.75	30.92
<i>U. lactuca</i> y					
<i>U. fascita</i> <sup>2</sup>	19.19	0.05	0.25	18.32	62.24
<i>Ulva fasciata</i> <sup>3</sup>	26.01	1.80	9.61	17.93	44.65
<i>Ulva linza</i> <sup>2</sup>	22.19	2.0	0.08	22.31	53.41
<i>Enteromorfa</i>					
<i>compressa</i> <sup>2</sup>	12.03	1.38	12.26	14.35	61.34

1) Presente estudio

2) Chapman y Chapman, 1980

3) Piña et al., 1983

El extracto etéreo se encuentra representado por: ácidos grasos, lípidos, clorofila, carotenos, aceite, ceras y glicerol (Bidwell, 1990).

*Ulva lactuca* en este caso presentó un 0.25% de extracto etéreo, valor más alto al reportado por Chapman y Chapman (1980) para la mezcla de *D. lactuca* y *U. fasciata* (0.05%) (CUADRO 2) y bajo en comparación a las otras algas del CUADRO 2, así como para los requerimientos mínimos de grasa para aves (1.5%) y ganado bovino (2%), lo que nos indica que esta alga es pobre en grasa (Necoechea, 1987).

El alga en este estudio presentó un alto contenido de cenizas (53.24%) (CUADRO 2), esto se debe posiblemente a la presencia de impurezas presentes en la muestra como: restos de crustáceos pequeños, conchas, arena de mar, entre otras partículas que fue imposible eliminar y que pudieron alterar este valor. Por otro lado hay que tener presente que por el ambiente en que se desarrollan las algas marinas, éstas se encuentran en contacto con minerales presentes en el medio marino y por lo general, contienen niveles altos de cenizas (CUADRO 2). Necoechea, (1987) recomienda un máximo de cenizas del 8% en los alimentos balanceados para el ganado de engorda.

El porcentaje tan elevado de cenizas implica una alta concentración de minerales y sales que podrían causar en algunos casos efectos laxantes dependiendo de la especie que los consuma.

La cantidad de carbohidratos fue de 30.92% (CUADRO 2), este valor resultó ser el más bajo de los reportados en el CUADRO 2 observando que esta fracción es la más alta de todas.

Sin embargo en este estudio se considera que el 30.92% de carbohidratos es alto, según Shimada, (1983) los carbohidratos están representados por los glúcidos como: azúcares, pentosas, amilasa, almidones, pectina etc.

Una de la función principal de los carbohidratos es la de servir como fuente de reserva para el crecimiento de el alga en épocas desfavorables o antes del período de crecimiento, en lugar de esperar condiciones adecuadas para un rápido período fotosintético (Bidwell, 1990).

La energía es un factor muy importante para la alimentación de los animales. Las necesidades energéticas de mantenimiento representan la cantidad de energía para que los animales se mantengan con el mismo peso y masa corporal, en general las necesidades energéticas varían en relación con la superficie corporal (Miller, 1979; N.R.C.,1984).

La energía bruta de *Ulva lactuca*, fue de 1.64 Kcal/g (CUADRO 1) lo que nos indica que de un gramo de esta especie se obtiene 1.64 Kcal, producto de la combustión de proteínas, grasa, carbohidratos y productos no proteínicos presentes.

Hernández et al., (1987) reporta los valores de energía bruta para arroz (3.64 Kcal/g), trigo (3.5 Kcal/g) y avena (3.67 Kcal/g) resultando ser valores altos en comparación al de *Ulva lactuca*.

Por otro lado Carrillo et al., (1990) reporta para *Macrocystis pyrifera* un 2.452 (Kcal/g) de energía bruta y tomando en cuenta que los carbohidratos, (en este estudio fueron de 30.92%), son fuente de energía, se considera que *Ulva lactuca* presentó un aporte de energía muy cercano a éste (2.452 Kcal/g).

En el CUADRO 3 se reporta la digestibilidad de *Ulva lactuca*, que se define como el porcentaje de los nutrimentos que desaparecen a su paso por el tubo gastro-intestinal (Shimada, 1983).

Todos los alimentos tienen diferente digestibilidad que dependerá por una parte de la presencia y cantidad de los distintos componentes de los alimentos entre sí, influyendo entre otras cosas la fibra cruda, ya que su presencia en grandes cantidades disminuyen la digestibilidad de los alimentos de origen vegetal (Flores, 1983).

*Ulva lactuca* presentó una digestibilidad in vitro de la materia seca del 64.61% y de la materia orgánica del 75.77% (CUADRO 3).

La digestibilidad in vitro en este caso se considera baja, probablemente a que el animal fistulado, del cual se obtuvo el líquido ruminal, no fue sometido a un período de acostumbramiento previo con el alga analizada. Por lo que el animal no desarrolló

enzimas para una mejor degradación y aprovechamiento de los componentes de *Ulva lactuca*.

Este valor se podría aumentar si se somete a periodo de acostumbramiento a el animal del cual se obtendrá el líquido ruminal. Church, (1990) recomienda un periodo de acostumbramiento de 10-20 días previos al análisis con el producto a analizar.

En este caso el animal utilizado no se sometió a este periodo por cuestiones de espacio, tiempo y manejo del animal.

La digestibilidad multienzimática para el caso de los monogástricos fue de 86.47% (CUADRO 3) esta digestibilidad elevada en comparación a los rumiantes, se puede deber al bajo contenido de fibra (4.84%), considerando también que los animales monogástricos, como cerdos y aves, aprovechan mejor los alimentos ricos en proteína (Shimada, 1983).

Las fracciones de fibra para *Ulva lactuca*, son reportadas en el CUADRO 4; en la determinación de fibra neutro-detergente se obtuvo el porcentaje de paredes celulares (44.52), que está formada por material poco disponible o aprovechable por los animales (Church, 1990).

CUADRO 3

---

DIGESTIBILIDAD in vitro DEL ALGA MARINA  
*Ulva lactuca* (g/100g)

---

Digestibilidad in vitro

(Rumiantes)

%

Materia seca 64.61 ± 0.33

Materia orgánica 75.77 ± 0.36

Digestibilidad multienzimática

\* (Monogástricos)

86.47 ± 0.89

---

Media y desviación estándar de cuatro repeticiones

\*Media y desviación estándar de dos repeticiones

La pared celular de las algas verdes se compone de celulosa y otros polímeros (Margulis, 1985). Church, (1990) considera que en la pared celular se encuentra la hemicelulosa, lignina y sílice en los vegetales.

En esta determinación se presentaron algunas sustancias (no determinadas) de consistencia gelatinosa o viscosa, que impidieron una rápida filtración del material digerido.

El contenido celular (55.46%) (CUADRO 4) está representado por el material fácilmente disponible o aprovechable por los animales (Church, 1990), el cual en las algas verdes esta representado por: glúcidos de hidroxiprolina, xilanos, manosa, sacarosa y glucosa así como por proteínas, lípidos en menor proporción (Bidwell, 1990; González, 1987; Bold et al., 1989).

Este contenido celular fué calculado restando a cien la cantidad de paredes celulares, se considera como bueno, si recordamos que esta especie presentó un alto valor de carbohidratos (30.92%) que son fuente de reserva y un material aprovechado por todos los animales.

Con la determinación de fibra ácido-detergente (35.85%) se estimó el contenido de los principales componentes de la pared celular, la cual está formada por: lignina, celulosa, y sílice.

La hemicelulosa se determinó, restando el valor de pared celular menos el de la fibra ácido-detergente.

La cantidad de lignina fue de 3.07% (CUADRO 4), material indigerible para los rumiantes y no rumiantes (Church, 1990); se forma por polisacáridos de sustancias aromáticas de fenilpropano que actúa como esqueleto o unidad estructural y productos fenólicos que forman redes en la pared celular (Orskov, 1988).

La poca digestibilidad de la lignina se debe a la alta resistencia que presentan los polifenoles a ciertas enzimas que actúan en las paredes celulares (Van Soest, 1982).

Celulosa (7.79%) (CUADRO 4) es parcialmente digerida por los rumiantes y no por monogástricos (Church, 1990). La celulosa es un polisacárido formado por una cadena lineal de unidades de glucosa principalmente, así como por: B-1,4 glucopiranosas, glucósidos de hidroxiprolina, xilosa y manosa (Bold, 1978; González, 1987).

Maynard et al., (1981) reporta que la celulosa se presenta sola o con otros materiales en la pared celular de la mayoría de las algas, es fibrosa, resistente y es un polisacárido estructural.

Los enlaces beta (1-4) de la celulosa no son hidrolizados por los animales monogástricos ya que no producen alfa-amilasas, los animales capaces de emplear la celulosa como alimento son los rumiantes (ovinos, bovinos, caprinos) que poseen microorganismos en el rumen que producen celulasa la cual puede degradar la celulosa liberando glucosa que es asimilada por el animal (Bold, 1978; Lehninger, 1982; González, 1987).

La hemicelulosa fue de 8.67% (CUADRO 4), está representada por polímeros de pentosas, hexosas y ácidos urónicos, forma cadenas ramificadas, estas hemicelulosas son desdobladas por xilosidasas beta 1-4, produciendo xilo-oligosacáridos, xilobiosas y por último xilosa, la cual es transformada en glucosa (Shimada, 1983).

Este polímero de pentosas es menos resistente que la celulosa, siendo también aprovechado por los rumiantes más que por los monogástricos (Maynard, 1981).

La celulosa y hemicelulosa son abundantes en los vegetales como soporte estructural, no son digeridos por el hombre, pero sí por los rumiantes; Holtzman, (1986) considera que las hemicelulosas están asociadas directamente a las fibrillas de celulosa, unidas por enlaces de hidrógeno, se estima que cada molécula de hemicelulosa está formada por unas 50 unidades de sacáridos (Potter, 1978).

CUADRO 4

FRACCIONES DE FIBRA DEL ALGA MARINA

*Ulva lactuca* (g/100g)

Fracciones	%
Fibra neutro-detergente	
*Pared celular	44.52 ± 0.06
*Contenido celular	55.48 ± 0.06
Fibra ácido-detergente	35.85 ± 0.49
Lignina	3.07 ± 0.14
Celulosa	7.79 ± 0.37
Hemicelulosa	8.67
Sílice	24.53 ± 0.32

Media y desviación estándar de cinco repeticiones

\*Media y desviación estándar de tres repeticiones

El silicio (Si) es un mineral abundante, que se puede encontrar en forma de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) en la naturaleza o como silicato de aluminio y calcio. Todavía no se conoce la función que desempeña este compuesto en los animales pero su máxima concentración aparece en el hueso y en el tejido conectivo aparentemente en forma orgánica en pollos y ratas (Lehniger, 1982).

El sílice se encuentra en mayor proporción (24.53%) que los compuestos anteriores, lo que indica que éste se acumula en la pared celular de esta alga.

Algunos factores antinutricios estudiados en *Ulva lactuca* no fueron detectados con las pruebas utilizadas en este estudio: hemaglutininas, glucósidos cianogénicos y saponinas (CUADRO 5).

Por otro lado las pruebas de alcaloides dieron la formación de un precipitado moderado con el reactivo de Mayer y abundante con Marquis, Erdman y Wagner, que forman parte de los reactivos de alcaloides, los cuales se usan como prueba presuntiva o cualitativa de su presencia en los productos naturales.

Aún cuando los alcaloides se encuentran ampliamente distribuidos en los vegetales no se ha encontrado alguna referencia que hable de estas sustancias en las algas marinas.

La mayoría de los reactivos son sensibles con los alcaloides como el reactivo de Mayer que forma precipitados con: la morfina, burcina, narconina, quinina, nicotina y atropina etc., de estos grupos alguno pudiera estar presente en *Ulva lactuca*. La clasificación de alcaloides se basa en su origen botánico y bioquímico, así como en su estructura y su acción farmacológica (González, 1989).

Los alcaloides ejercen efectos tóxicos, primordialmente a través del sistema nervioso, los alcaloides en los vegetales se encuentran como medida de defensa ante los insectos y animales superiores (Fabre y Truhaut, 1977; Trease, 1987; González, 1989).

La determinación de ácido tánico dió una concentración de 8.38 mg/100g en *Ulva lactuca*, este valor se encuentra por debajo del contenido que causa problemas en pollos (2g/100g) (Chavan et al., 1979) por lo que no representa peligro alguno en la alimentación de pollos y de rumiantes (Pérez-Gil et al., 1988).

En el CUADRO 6 se reportan los minerales determinados a *Ulva lactuca* en este estudio y *Ulva fasciata* por Piña et al., (1983) observando una diferencia muy marcada de calcio, en este estudio se cuantificó un 0.84% de calcio, lo que significa que este mineral se acumuló más en esta especie, aún cuando ambas son del mismo género.

Este valor 0.84% es muy cercano a los requerimientos de calcio para el ganado vacuno (1.59- 7.1%), así como para aves (3.45%) (NRC, 1984).

CUADRO 5

FACTORES ANTINUTRICIOS ANALIZADOS EN EL ALGA

*Ulva lactuca*

FACTORES ANTIFISIOLOGICOS

HEMAGLUTININAS

Sangre

Humana N.D.

Vaca N.D.

Caballo N.D.

FACTORES TOXICOS

ALCALOIDES

Reactivo

Mayer ++

Marquis +++

Erdman +++

Wagner +++

GLUCOSIDOS CIANOGENICOS N.D.

FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTION

SAPONINAS N.D

\*ACIDO TANICO 8.38 ± 0.05 (mg/100g)

N.D No Detectado

+ Escaso

++ Moderado

+++ Abundante

\* Media y desviación estándar de tres repeticiones

El hierro, de 0.66% (CUADRO 6) es un valor más alto que el de *Ulva fasciata*, el hierro es un elemento importante para el buen funcionamiento y desarrollo fisiológico de las algas.

*Ulva lactuca* proporciona un buen aporte de hierro para el ganado vacuno y aves, ya que su contenido no llega a los niveles máximos de tolerancia para estos animales (0.1%) (Church, 1990).

El cobre de 0.06% (CUADRO 6), es un elemento que puede estar en forma de sal, ya sea cúprica o cuprosa, siendo la primera de mayor solubilidad y la más aprovechada a nivel intestinal por todos los animales (Shimada, 1983).

Los niveles tóxicos de cobre para el ganado vacuno son de 0.1% y para las aves de 0.3% en la dieta diaria (Church, 1990).

Shimada, (1983) considera que todos los animales requieren entre 0.002% a 0.01% de cobre en la dieta, considerando esto, se nota que *Ulva lactuca* presenta un alto contenido de cobre, pero sin llegar a los niveles tóxicos para el ganado vacuno y aves.

El plomo, evaluado en este estudio, presentó un valor más elevado (0.0138%) al que reporta De la Lanza et al., (1989) para *Ulva lactuca* (0.0059%) (CUADRO 6).

Por otro lado, los niveles máximos de tolerancia para plomo en la dieta diaria de ganado, ovinos y aves es de 0.030% (Church, 1990).

Esto nos indica que la especie evaluada, se puede utilizar en la alimentación de estos animales, considerando que el plomo no llega a los niveles máximos de tolerancia.

El fósforo en *Ulva lactuca* resultó mayor (0.144%) al de *Ulva fasciata* (0.028%) (CUADRO 6) , esto debido a que son de diferente localidad. El fósforo en *Ulva lactuca* representa un contenido bajo sin llegar a los valores máximos de tolerancia para el ganado vacuno (2.8-3.9%) y para aves (30-40%) (Church, 1990).

*Ulva lactuca*, presentó un porcentaje de 9.76% de cloruros (CUADRO 6), ya que esta alga se encuentra en un medio rico en cloruros, generalmente en forma de sales, que se van acumulando en esta especie.

El cloro se encuentra en el fluido extra celular donde, es el principal anión, y se absorbe rápidamente en el intestino, participa en la formación de ácido clorhídrico en el estómago, el cloro es proporcionado por los alimentos y las sales minerales en forma de cloruros (Shimada, 1983).

CUADRO 6

COMPOSICION MINERAL DE ALGAS DEL GENERO *Ulva* (g/100g)

	<i>Ulva lactuca</i> <sup>1</sup>	<i>Ulva lactuca</i> <sup>2</sup>	<i>Ulva fasciata</i> <sup>3</sup>
Calcio	0.84		0.197
Hierro	0.66		0.38
Cobre	0.06		0.00
Plomo	0.0138	0.0059	0.00
Fósforo	0.144		0.028
Cloruros	9.79		0.00

- 1) Presente estudio
- 2) De la Lanza et al., 1989
- 3) Piña et al., 1983

Church, (1990) recomienda valores máximos de tolerancia para los cloruros (Cloruro de sodio), en la dieta diaria del ganado (4-9%), ovejas (9%) y aves (2%). El cloro está muy relacionado con el sodio y potasio formando sales, actuando en la regulación del pH en el plasma, de todos los animales (NRC, 1984; Ivanou, 1989).

Recordando que en este estudio se notó un alto contenido de cenizas (53.24%) y de calcio (0.84%) este último esta relacionado con los cloruros, formando compuestos como el cloruro de calcio que forma parte estructural de los dientes y esqueleto de todos los animales, por lo que se puede recomendar a este producto natural como un complemento mineral.

## VII CONCLUSIONES

En el análisis químico aproximado realizado a *Ulva lactuca* en este trabajo, se observaron valores elevados en las determinaciones de cenizas (53.24%) y carbohidratos (30.92%). La proteína cruda (10.74%), fibra cruda (4.84%) y extracto etéreo (0.25%) presentaron valores bajos, en comparación a los requerimientos para el ganado y aves.

Esta especie se puede recomendar como un complemento mineral, dado su alto contenido de cenizas (53.24%), calcio (0.84%), fósforo (0.144%) y cloruros (9.79%).

Aún cuando presentó metales pesados (Cu y Pb), los valores no llegan a los niveles máximos de tolerancia para los animales domésticos.

En las pruebas cualitativas para alcaloides se observó un precipitado moderado con el reactivo de Mayer y abundante con Marquis, Erdman y Wagner.

## VIII RECOMENDACIONES

Para evitar alteraciones en los resultados de cualquier determinación, la muestra debe estar libre de agentes extraños que pudieran influir en dichos resultados.

Para determinar el aprovechamiento de un producto natural es necesario hacer bioensayos en la especie pecuaria a la que se desee incluir el alimento.

Los alcaloides son sustancias tóxicas las cuales se pueden utilizar en la fabricación de medicamentos; es por ello que sería muy interesante poder determinar los grupos de alcaloides presentes en el alga *Ulva lactuca*.

## IX APENDICES

### APENDICE 1 ( Fundamento de las técnicas )

#### Humedad.

Fundamento: La determinación de humedad esta basada en la pérdida de peso que sufre un material cuando se calienta a temperatura cercana a la de ebullición del agua durante un tiempo seleccionado arbitrariamente o bien hasta dos pesadas sucesivas que no difieran en más de 3 mg. El residuo recibe el nombre de sólidos totales (De León, 1985).

#### Cenizas.

Fundamento: Esta técnica se basa en la evaporación del agua y pérdida de constituyentes volátiles cuando se calienta a temperatura superior a los 500°C, por calcinación; así como en la transformación de compuestos orgánicos, en presencia de aire, a óxidos de carbono, nitrógeno y agua que se elimina. El azufre y el fósforo son convertidos en óxidos, los cuales se pierden por volatilización, así como los metales alcalinos (De León; 1985).

#### Proteína cruda.

Fundamento: Se basa en la oxidación de productos nitrogenados tanto orgánicos (nitrógeno amino y amido) como no protéicos (urea, aminoácidos, etc.) con ácido sulfúrico, convirtiendo el nitrógeno orgánico y los no protéicos en sulfatos. Esta sal se hace reaccionar con NaOH para desprender el amoniaco que se destila y se recibe en un ácido que es valorado para determinar la cantidad de amonio desprendido.

Para determinar la cantidad de proteína cruda en la muestra, se multiplica el valor obtenido de nitrógeno total por un factor que es 6.25 para vegetales ( se asume que 100 g de proteína contienen 16 g de nitrógeno, por lo tanto, 100 entre 16 nos da 6.25 ) (Badui, 1981; De León, 1985; Osborne y Voogt, 1986).

#### Extracto etéreo.

Fundamento: Este método se basa en la extracción de todos los compuestos solubles (grasas, vitaminas, pigmentos, etc.) en solventes orgánicos como éter etílico, cloroformo, etc. (De León, 1985).

#### Fibra cruda.

Fundamento: La fibra cruda es el residuo orgánico que no se digiere en una hidrólisis ácida y una básica. Se compone principalmente de celulosa, hemicelulosa, lignina y pentosas presentes en los alimentos de origen vegetal (AOAC, 1990).

#### Extracto libre de nitrógeno .

Se considera que son los carbohidratos asimilables constituidos en la muestra. Se obtienen por diferencia, restando de 100 la suma de las determinaciones: humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína cruda y fibra cruda (Tejada, 1985).

### Energía bruta.

Fundamento: Con este método se determina el calor de combustión total de alimentos, 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 (Tejada, 1985).

### Fracciones de fibra.

Fundamento: El procedimiento se divide en dos etapas:

1) Fibra neutro-detergente (FND). Esta etapa consiste en someter una muestra del material a la acción de un detergente a pH neutro, para romper las paredes de la célula constituida básicamente por lignina, celulosa, hemicelulosa y sílice, que no son totalmente aprovechables o que dependen de la fermentación microbiana para su utilización; y liberar su contenido que comprende los nutrimentos solubles y accesibles (proteínas, carbohidratos, lípidos y minerales) (Tejada, 1985).

2) Fibra ácido-detergente (FAD). En esta etapa, la muestra se somete a reflujo con una solución de detergente en medio ácido para disolver todo el contenido celular y las hemicelulosas. La determinación de FAD es un paso intermedio para obtener lignina, celulosa y sílice; en este paso se disuelve la lignina con una solución de permanganato de potasio. La pérdida en peso, se considera como el contenido de lignina. El residuo contiene celulosa, la cual se separa por incineración. A las cenizas residuales de la determinación de celulosa, se le adicionan

varias gotas de ácido bromhídrico. Después de reposar, se lava y se filtra para ser secada e incinerada esta parte, con lo que se obtiene el sílice y por diferencia de pesos del contenido de pared celular menos la FAD se obtiene el contenido de hemicelulosa ( $\% \text{ hemicelulosa} = \% \text{ Pared celular} - \% \text{ FAD}$ ) (Badui, 1981; Shimada, 1983; Tejada, 1985).

Digestibilidad in vitro para rumiantes.

Fundamento: Esta técnica se sugiere para determinar la digestibilidad in vitro de la materia seca y orgánica de forrajes. La técnica consiste en digerir la muestra en el líquido ruminal, obtenido de un rumiante fistulado, y solución amortiguadora que simula a la saliva, incubando a 39°C por 48 h. Posteriormente se filtra y se digiere con pepsina a unos 39-40°C incubando por 48 h. Filtrando al final de este tiempo y secando el residuo a 100°C y por diferencia de pesos se calcula el % de materia seca digerida o aprovechada. Después de este paso se calcina el residuo a 500°C por una h. y después se pesa para obtener el % de la materia orgánica digerida (Tejada, 1985).

Digestibilidad multienzimática para monogástricos.

Fundamento: La digestibilidad de proteínas es la primera determinación de la disponibilidad de los aminoácidos presentes en los alimentos, la digestibilidad de proteínas se realiza a pH y digestión controlada, utilizando mezcla de enzimas como puede ser la de pepsina-pancreatina o la combinación enzimática de tripsina, quimiotripsina y peptidasa (Hsu et al., 1977).

#### Minerales.

Fundamento: El método de absorción atómica se basa en la medición de la energía absorbida por un átomo para excitar a los electrones, pasando de un estado basal a un estado excitado, esto bajo condiciones adecuadas de temperatura, longitud de onda y tipo de elemento a analizar. Se dice que la absorción es proporcional a la concentración de un elemento determinado (Willard, 1978; Tejada, 1985).

#### Fósforo.

Fundamento: Método colorimétrico. Se basa en la extracción del fósforo de la muestra con solución de nitrato magnésico y HCl, obteniendo un filtrado que se trata con molibdato amónico y sulfito de sodio con el que se desarrolla color y después de reposar por 30 min se lee en el colorímetro a 650 nm, para determinar la concentración del fósforo en la muestra (Hart y Fisher, 1984).

#### Factores antinutricios.

Además de las sustancias nutritivas que presentan algunos vegetales, se encuentran ciertos elementos en forma natural que, dependiendo de la concentración, pueden o no causar daño al ser consumidos por los humanos o los animales (Cheftel, 1989).

#### Factores antifisiológicos.

##### Hemaglutinina.

Las hemaglutininas son proteínas que se encuentran ampliamente distribuidas en el reino vegetal como medida de protección , provocando la precipitación de los eritrocitos y cationes como el Ca, Zn y Mn en la sangre así como aglutinar los glóbulos rojos de la sangre (Liener, 1980; Badui, 1981).

Su determinación cualitativa se basa en la aglutinación de la sangre de diferentes animales, al tratarlas con un extracto de la muestra en un medio salino lo que indica la presencia de hemaglutininas (I.N.N.S.Z., 1984).

##### Taninos.

El término tanino se refiere a un grupo de compuestos fenólicos de alto peso molecular, que tienen la capacidad de precipitar proteínas. Los complejos que se forman entre proteínas y taninos no son metabolizados por los animales, lo que hace que el valor nutritivo del alimento se reduzca (Liener, 1980; Badui, 1981 y De León, 1985).

La determinación colorimétrica se basa en la formación de un color azul claro al reaccionar el ácido tánico presente en la muestra con el reactivo de Folin-Denis y  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Se determina su concentración por medio de una curva patrón después de leer el complejo colorido a 760 nm (I.N.N.S.S., 1984).

### Factores tóxicos.

#### Alcaloides.

Los alcaloides constituyen un grupo muy heterogéneo de bases vegetales nitrogenadas con acción fisiológica sobre los animales. La mayoría de los alcaloides se halla en los vegetales en muy diversas partes, los cuales actúan como protección ante los actos predatorios de insectos y animales (Domínguez, 1979; González, 1989).

La determinación cualitativa de alcaloides se basa en la formación de un precipitado característico cuando reaccionan las bases nitrogenadas de los alcaloides con los reactivos adecuados tales como: reactivo general de alcaloides (Mayer), Marquis, Erdman y Wagner entre otros (Domínguez, 1979).

#### Glucósidos cianogénicos.

Los granos de diversos vegetales, contienen glucósidos cianogénicos que al hidrolizarse, liberan ácido cianhídrico, el cual provoca por intoxicación: confusión mental y letargo, dolor de cabeza y convulsión hasta terminar en coma o la muerte; pequeñas dosis causan irritación en la garganta, así como la falta de oxígeno, dolor muscular (Liener, 1980; Cheftel, 1989).

Esta determinación cualitativa se basa en la liberación de ácido cianhídrico cuando se incuba la muestra a 35°C por 12 h con cloroformo, de existir glucósido cianogénico en la muestra, se notará un cambio de color naranja a rojo brillante en el papel con picrato de sodio (Tejada, 1985).

**Factores que afectan la digestión.**

**Saponinas.**

Las saponinas pertenecen a un grupo llamado heterósidos que se encuentran en un alto porcentaje en plantas, se caracterizan por su propiedad de producir una solución acuosa espumosa. También poseen propiedades hemolíticas y si se inyectan en el torrente sanguíneo son muy tóxicas, pueden llegar a causar una gran depresión, falta de apetito, así como la destrucción de los glóbulos rojos (Liener, 1980; Trease, 1987).

La determinación cualitativa se basa en la formación de espuma después de agitación vigorosa con agua y tomando como patrón en las mismas condiciones, una porción de saponina pura (I.N.N.S.Z., 1984).

## X BIBLIOGRAFIA

- Abbott A. Isabella and Hollenberg J. George. 1976. Marine algae of California. Stanford University Press. Stanford, California. USA.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis, 15 th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Audiffred P.M. 1988. Fuentes no tradicionales de alimentos y su empleo en la alimentación de las aves de 1980 a 1988. Estudio recapitulativo. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. pp 167.
- Badui D.S. 1981. Química de los Alimentos. Alhambra Mexicana México, D.F. pp 430.
- Bidwell R.G.S. 1990. Fisiología Vegetal. AGT. Editores. México. pp 784.
- Bold H.C., Wynne M.J. 1978. Introduction to the Algae. Structure and Reproduction. Prentice-Hall., Inc. New Jersey. USA. pp 706.
- Bold H.C., Alexopoulos C., Delevoryas T. 1989. Morfología de las Plantas y los Hongos. Editorial Omega, S.A. Barcelona, España. pp 911.
- Carrillo D.S., Casas V.M.M., Castro G.M.I., Pérez-Gil R.F., Cárcia V.R. 1990. Nota: Empleo de Algas Marinas *Macrocystis pyrifera* en dietas para pollos de carne. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Invest. agr. Prod. Sanid. anim. 5(3): 137-142.

- Castro G Ma. I., Madrigal A. L., Carrillo D. S. 1992. Las algas marinas en la alimentación humana y animal. Cuadernos de Nutrición. 15(4): 17-32.
- CETENAL. 1983. Cartas topográficas, La Paz. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.
- Chapman V.J., Chapman D.J. 1980. Seaweeds and their Uses. Chapman and Hall. New York. USA. pp 334.
- Chavan J.K., Kadam S.S., Ghonsikar C.P. and Salunkhe D.K. 1979. Removal of tannins and improvement of in vitro protein digestibility of sorghum seeds by soaking in alkali. J. food Sci. 44:1319-1321.
- Cheftel C.J., Cheftel H. 1980. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Vol. 2. Editorial Acribia, Zaragoza, España. pp 404.
- Church D.C., Pond W.G. 1990. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. Limusa Noriega. México, D.F. pp 438.
- Cooper M.J. 1977. The Sea Vegetable Book. Foraging and Cooking Seaweed. Clarkson N. Potter Publishers. New York.
- De la Lanza G., Ortega M.M., Laparra J.L., Carrillo M.R., Godínez J.L. 1989. Análisis Químico de metales Pesados (Hg, Cd, As, Cr y Sr) en Algas Marinas de Baja California. Anales. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 59(1): 89-102.
- De León S. 1985. Análisis de Alimentos. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. pp 137.

- Domínguez X. 1979. Método de Investigación Fitoquímica. Limusa. México, D.F. pp 281.
- Fabre R., Truhaut R. 1977. Tratado de Toxicología, Tomo 2. Paraninfo, S.A. Madrid. pp 462.
- García E.R. 1991. Nutrición, Guía práctica para la suplementación de bovinos en agostadero. Cebú. 17(4):34-39.
- González J. 1987. Las algas de México. La flora ficológica de México en su proyecto de importancia tanto científica como económica. Ciencias, Revista de difusión. UNAM. México.
- González A.S. 1989. Plantas tóxicas para el Ganado. Limusa Noriega. México, D.F. pp 273.
- Hart F.L., Fisher H.J. 1984. Análisis Modernos de los Alimentos. Editorial Acribia. España. pp 619.
- Hernández M., Chávez A., Roldan J.A. 1992. Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. Tablas de uso práctico. Comisión Nacional de la Alimentación. Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán". pp 34.
- Holtzman E., Novikoff A.B. 1986. Estructura y Dinámica Celular. Editorial Interamericana. México, D.F. pp 733.
- Hsu. H. W., Vavak D.L., Satterlee L.d., and Miller G.A. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. J. Food Sci. 42(5): 1269-1273.
- Huerta M.L., Mendoza G.A.C., Mateo-Cid L.E. 1987. Avance sobre un estudio de las algas marinas de la península de Yucatán. Phytología. 62(1): 23-33.

- I.N.N.S.Z. 1984. Manual de Técnicas de Laboratorio para el Análisis de Alimentos. Departamento de Ciencia y Tecnología de los alimentos. División de Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán". México, D.F. pp 171.
- Ivanou L.B. 1989. Algunas deficiencias nutricionales del ganado bovino. Cebú 15(8): 69-72.
- Izaguirre V.M.E. 1988. ¿Cómo saber que contienen los alimentos?. Cebú 14(1): 22.25.
- Lehninger A.L. 1982. Principios de Bioquímica. Editorial Omega, S.A. Barcelona. pp 1013.
- Liener E.I. 1980. Toxic Constituents of Plant Foodstuffs. Academic Press. New York. USA. pp 502.
- Margulis L., Schwartz V.K. 1985. Cinco Reinos. Guía ilustrada de las Phylas de la Vida en la Tierra. Labor, S.A. Barcelona, España. pp 335.
- Marshall W.D. 1987. Biología de las Algas. Limusa. México, D.F. pp 236.
- Maynerd A.L., Loosli K.J., Hintz F.H. Warner G.R. 1981. Nutrición Animal. Mc Graw-Hill. México, D.F.
- Miller W.J. 1979. Nutrición y Alimentación del Ganado Vacuno Lechero. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp 458.
- Molina J.M. 1988. Las Algas Marinas, Recurso de Interés Comercial en Baja California. Los Recursos Pesqueros del País. Secretaría de Pesca. Instituto Nacinal de la Pesca. México, D.F. pp 661.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Naylor J. 1976. Producción, Comercialización y Utilización de Algas y Productos Derivados. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Ganadería. FAO. Roma.
- Necoechea R.R., Márquez Ma. L. 1987. Manual de Aditivos y Suplementos para la Alimentación Animal. Editorial Manual Agropecuario. México, D.F. pp 287.
- N.R.C. 1984. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Sixth Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C. pp 90.
- N.R.C. 1984. Nutritional Requirements of Poultry. Eight Revised National Academy Press, Washington, D.C. pp 71.
- Orskov. 1988. World Animal Science. V 4, Feed Science. Ed. Elsevier. pp 336.
- Ortega M.M., Godínez J.L., Schilchting M., Schilchting H. 1989. Plantas que Nadan, Plantas que Vuelan. Pangea Editores. México, D.F. pp 48.
- Osborne D.R., Voogt P. 1986. Análisis de los Nutrientes de los Alimentos. Acribia, S.A. Zaragoza, España. pp 258.
- Pérez de E C. 1992. El uso de las algas en la cocina. Cuadernos de Nutrición. 15(4): 41-47.
- Pérez-Gil F.R., Arellano M.L., Bourges R.H., García M.M. y Grande C.D. 1988. Alimentos tradicionales y no tradicionales: V. Aspectos del valor nutritivo de la hoja de chaya (*Cnidioscolus chayamansa*), para la alimentación humana y animal. Tecnología de Alimentos. 23(3): 5-10.
- Piña P.C., Ortega M.M., Landeros D. 1983. Contribución al estudio de la composición química del alga mexicana *Ulva fasciata* Delile. Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 54(4): 243-346.

- Potter N.N. 1978. La Ciencia de los Alimentos. Editorial. Edutex, S.A. México, D.F. pp 749.
- Rzedowski J. 1983. Vegetación de México. Limusa. México, D.F. pp 432.
- Shimada A.S. 1983. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias. México, D.F. pp 375.
- Taylor W.R. 1985. Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas. University of Michigan Studies. pp 870.
- Tejada I.H. 1985. Manual de Laboratorio para Análisis de Ingredientes Utilizados en la Alimentación Animal. PAIPEME. México, D.F. pp 387.
- Trease G.E., Evans W. C. 1987. Tratado de Farmacognosia. Editorial Interamericana. México. pp 846.
- Van Soest P.J- 1982. Nutritional Ecology of the Ruminants. O&D Books Ins. pp 374.
- Willard H.H. 1987. Métodos Instrumentales de Análisis. Compañía Editorial Continental S.A. México. pp 970.