

S.I.C.P.

SUBSECRETARIA DE PESCA  
INSTITUTO NACIONAL DE PESCA  
CENTRO DE PROMOCION PESQUERA

---

TRABAJO DE DIVULGACION

NO 3  
AÑO I-1971

Editor: Biol. Sergio García S.  
Jefe del Centro de Promoción  
Pesquera de Tampico.

Tampico, Tamps., México.

ESTADOS

CENTRO DE PROMOCION PESQUERA DE TAMPICO  
INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

LAS ALGAS VERDES COMO COMPLEMENTO  
ALIMENTICIO DEL HOMBRE.

por:

Norman W. Durrant y Coral Jolly

Traducido al español por:

Mirna Cruz R.<sup>+</sup>

Tomado de: Fishery Industrial Research

U.S. Department of the Interior.

Vol. 5. Nº 2, págs. 67-81.

<sup>+</sup> Biólogo del Instituto Nacional de Pesca. México.

## CONTENIDO

### INTRODUCCION

#### I. ALGAS ROJAS Y CAFES

A. Como complemento.

B. Usos.

1. Fertilizantes.

2. Alimento.

a. Alimento para animales.

b. Alimento para el hombre.

(1) Comestibles.

(2) Aditivos alimenticios.

#### II. ALGAS AZUL-VERDE Y VERDES.

A. Algas azul-verde.

B. Algas verdes.

1. Desarrollo de las investigaciones.

a. Estudios de producción.

(1) Características del crecimiento algal.

(a) Eficiencia del crecimiento.

(b) Variabilidad en la composición.

(2) Crecimiento de algas en sistemas cerrados.

(a) Factores que restringen los cultivos.

(b) Modelo de cultivos continuos.

b. Estudios nutricionales.

(1) Propiedades metabólicas de las algas.

(a) Componentes nutritivos.

(b) Elementos no digeribles.

(2) Estudios sobre alimentación.

(a) Alimento para animales.

(b) Para la dieta humana.

2. Mirando hacia el futuro.

### RESUMEN

Las algas marinas y de agua dulce pueden ayudar a resolver el hambre mundial. Dentro de las algas de agua dulce, las azules y verdes son las que presentan un gran futuro. Este trabajo trata particularmente sobre el alga verde del género *Chlorella* y discute su producción artificial y su valor alimenticio. Contienen un 50 por ciento o más de proteínas, sobre la base de peso seco, pueden ser manufacturadas continuamente en gran escala.

## INTRODUCCION

Hácticamente los esfuerzos para resolver el problema del hambre en el mundo están dentro de dos categorías: por un lado el control del crecimiento de población y por otro el incremento de alimentos.

El hombre en un intento de incrementar ésta producción, ha aumentado el cultivo de tierras desmontando algunas áreas o acondicionando desiertos, intensificándolos con cultivos de rotación o fertilizantes, ha incrementado el rendimiento a través del mejoramiento genético de sus productos; uso de pesticidas y mecanización (Brown, 1963). También ha ensayado una variedad de métodos que pugnan acelerar el crecimiento de las plantas, en medios preparados por él mismo, algunas veces en soluciones acuosas (sin suelo).

El incremento de los recursos acuáticos, ha recibido mucha atención, especialmente en las dos últimas décadas. Esto puede incluir el uso de recursos latentes en las pesquerías marinas, cultivos de peces en amplios rangos del medio ambiente utilizando desde estuarios a estanques de agua dulce, y usando plancton (pequeñas plantas y animales que viven flotando en el agua). También se ha extendido el uso de plantas acuáticas especialmente las algas, a los que concierne el papel de incrementar nuestra falta de alimento.

Las algas son un grupo primitivo de plantas, algunas presentan un ciclo de vida muy simple.

Se clasifican de acuerdo con el color del pigmento dominante, por ejemplo: verde, azul-verde, café o rojo. Todas contienen clorofila, la sustancia esencial en el uso de energía solar para la producción de materia orgánica. Las algas verdes y azul-verde se encuentran en agua dulce y salada y a menudo en medios terrestres, pero principalmente en agua dulce, y comparadas con las algas rojas café son relativamente pequeñas, microscópicas. Las algas café, que incluyen a las laminariáceas, algas de roca y otras, crecen mejor en las zonas frías de los océanos y a menudo forman grandes lechos. Las algas rojas florecen en las aguas cálidas y en zonas relativamente profundas.

Tanto las algas rojas y café difieren de las algas verdes y azul-verde en tamaño y estructura, así como en su potencial para cultivo artificial; en la siguiente discusión consideramos por separado a los grupos.

### I. ALGAS ROJAS Y CAFES.

En el empleo de cualquier recurso natural, la cantidad y disponibilidad es importante. A nuestro juicio el potencial de dichas algas como alimento para el hombre deberá someterse antes a una investigación.

#### A. Como complemento.

La abundancia de las algas marinas puede fácilmente comprenderse, considerando que más del 70 por ciento de la superficie terrestre está cubierta de agua, sin embargo el uso de los recursos de los océanos ha sido descuidado. Alrededor de algunas 17 mil especies de algas han sido identificadas, y escasamente 20 han sido analizadas para su utilización comercial. De la gran cantidad de coloides que pudieron extraerse de estas especies, solamente tres (agar, alginatos y carrageninas) han sido substancialmente aprovechadas. Aunque, por

cientos de años, las algas han sido usadas como alimento en varias partes del mundo.

Mientras conocieramos acerca de los recursos "alcales" del mundo en la actualidad, los datos sobre abundancia y concentración son pocos. Los japoneses van al mar a buscar en cantidad a la recolección y uso de estas algas. Si las algas oceánicas fueran un recurso importante, es necesario hacer un convenio internacional para la obtención de mejores resultados. Cantidades de algas han sido localizadas a lo largo de las costas de Australia, Canadá, América del Sur y Central, Gran Bretaña, Nueva Zelanda, Rusia, Estados Unidos y Noruega.

Se han desarrollado un buen número de técnicas para localizar y medir el tamaño de los lechos de algas. Uno de éstos métodos es la simple observación de las porciones flotantes de las algas por medio de cruceros a lo largo de la costa, fotografías aéreas, y por medio del "sonar". La combinación de éstos métodos da buenos resultados.

Es necesario conocer el crecimiento de las algas, en la mayoría de los casos, no hay información acerca de la regeneración de los lechos después de la cosecha. Para obtener máximos rendimientos, debe conocerse cuantas cosechas por año pueden hacerse sin lesionar o exterminar el recurso. Debe hacerse un reconocimiento general del hábitat, con el esfuerzo de los fisiólogos. (encargados del estudio de las algas).

Como la población mundial aumenta y por consiguiente la alimentación es cada vez, es necesario empezar a hacer uso de los recursos oceánicos disponibles. Algún día el oceano será indudablemente un gran productor de alimento para el hombre.

## B. Usos.

De la manera como se han usado hasta ahora las algas tienen una relación tanto directa como indirecta en nuestra alimentación, ya que se han utilizado como fertilizantes y como alimento.

### 1.- Fertilizantes.

Las algas caféas se han usado como abono del suelo desde hace cientos de años, en Francia, Inglaterra, Escocia, Irlanda, Noruega, Canadá y Nueva Zelanda. En Estados Unidos no tienen gran importancia, porque se dispone de otros fertilizantes más accesibles. Por su alto contenido en potasio se usa en cultivos de remolacha y papa; los cuales requieren de grandes cantidades de este elemento. Las laminariaceas y algas de roca contienen grandes cantidades de nitrógeno, materia orgánica y otros minerales, pero su contenido en fósforo es bajo, así cuando se usan, deben añadirse compuestos fosfatados para que sea un fertilizante completo. Debido a su voluminosa, su uso como fertilizante ha sido restringido a zonas costeras, no obstante se ha demostrado que tienen cualidades para apresurar la germinación de las semillas, incrementa los nutrientes en las plantas, proporciona cierto grado de resistencia al congelar el producto, y las plantas son más capaces de soportar infecciones patógenas por hongos e insectos (Booth, 1966).

### 2.- Alimento.

El uso de las algas marinas como recurso alimenticio ha sido incrementado en los últimos años.

a. Nutriente para animales.- Por ejemplo en Islandia y Finlandia, se utilizan como complemento para la comida de corderos y ganado vacuno; en Noruega, Francia y Escocia y otras ciudades costeras también las usan con el mismo fin. En Noruega han sido utilizadas en la dieta para polluelos, gallinas ponedoras y cerdos.

5. Alimentos para el hombre.- Las algas pueden ser usadas como alimento a través de aprovechamiento la planta en sí o indirectamente obteniendo extractos y sustancias a varias comidas.

(1). Preparaciones de cocina.- En 1913 un escritor para el "New York Evening Post" predijo: Dentro de una razonable expectativa pronto veremos: "Pasta de alga", "Hoja de alga", "Algas rojas desecadas", "Sargazo de fácil digestión", "Nereocystis esponjados", "Algas malteadas", "Crema de algas marinas", además sustitutos para los "hot cakes" y miel de maple, hechos en paquetes de una libra con el título de: "Garantizado bajo las reglas de fines comestibles", y especiales para glotonos y enfermos de la garganta. (Chapman, 1952).

Estas predicciones fueron prematuras, aunque ahora en varios países ya se consumen. Culas el género más común es *Porphyra*, diferentes especies de ella se utilizan en varios países, otra alga aprovechada es *Rhodymenia palmata* (dulce, nombre común) y es completamente digerible para el hombre. Esta es comúnmente desecada y se come en crudo, como goma de mascar, se acompaña con pescado y mantequilla, cocida con leche y harina de centeno (atole). En algunas ciudades del Mediterráneo se usada en guisos u otros platillos. Durante épocas de hambre en Irlanda comieron esta alga y papas, los habitantes de las provincias marinas de Canadá, los consideran como un gran alimento.

En Japón constituyen la parte esencial de la dieta, en ningún país se come tanta alga como aquí. Tienen gran importancia nutricional y comercial, tanto que en forma natural y cultivadas son insuficientes para la gran demanda.

*Porphyra* o "nori" es la más importante como alimento en Japón, se cultivan en grandes extensiones. Fuertes redes soportadas por estacas de bambú son tendidas sobre la superficie del agua y sembradas natural o artificialmente con esporas que crecerán hasta la talla comercial. Es importante colocar las redes a la profundidad adecuada dentro del rango de mareas, de manera que esté cubierta la mayor parte del tiempo, y cuando es ocasionalmente expuesta (4 horas por día) el "nori" puede ser cosechado por los trabajadores, desplazándose en pequeños botes y quitando las algas con la mano. La red usual mide 60 pies de largo por 4 pies de ancho con abertura de 6 pulgadas.

*Porphyra* es usada en Japón para hacer el "Makisushi", este platillo es preparado con arroz, pedazos de pescado u otro marisco y a veces vegetales, esto se coloca al centro del platón y alrededor se acomodan las algas. Otra alga consumida en Japón es *Udaria pinnatifida*. Desde 1950 la producción anual de *Udaria* en este país alcanzó casi 65,000 toneladas.

Otro comestible importante es el género *Laminaria*, del cual se obtiene el sazónador químico llamado glutamato de sodio, ahora usado extensamente en los EE.UU.

Algunos científicos sugieren que los guisos con algas compensan la pérdida de inductores peristálticos ocasionados por la dieta arroz - pescado de la gente asiática. Otros opinan que el mayor valor alimenticio de las algas están en las sales minerales y vitaminas (A, B y C) que contienen, los cuales ayudan a prevenir enfermedades, también se sugiere que el alto contenido de yodo en las algas contribuye a la baja incidencia de bocio en el oriente (Chapman, 1952; Okazaki, 1964).

No se han hecho experimentos definitivos sobre la digestibilidad de las proteínas o carbohidratos de las algas. Aunque aquellos que las colectan y comen saben que el número y cantidad de los nutrientes varían no solo con la especie sino particularmente con la localidad y estación del año en que se colectan. Aunque los experimentos en ganado y humanos indican que la digestibilidad mejora después de una adaptación a la dieta, no son aún completas.

...alimento, las algas azules, azul-verde, han certificado el valor nutritivo para el hombre; esta sustancia es bajo en carbohidratos y en carbohidratos digeribles, almidón y azúcar; es un buen recurso de proteínas y se considera también como...

(b) Alginatos alimenticios. Generalmente con los extractos porque de ellas se extraen alginatos, carragenina y agar-agar, que son ampliamente usados en el procesamiento de algunos alimentos.

Los alginatos son usados como estabilizadores en helados, quesos y repostería.

Carragenina, se extrae de Chondrus crispus y Gigartina stellata (marzo de Irlanda) y también se emplea como estabilizador de comestibles, así como para espesar líquidos y para gelatinas; es ampliamente utilizado en el procesamiento del chocolate con leche, relleno de pasteles y pudines.

El agar-agar se extrae de ciertas especies de algas rojas que crecen principalmente en Japón. Se usa comúnmente como agente solidificador para medios de cultivo; se emplea también en la manufactura de jaleas, salsas, quesos y en repostería.

## II. ALGAS AZUL-VERDE Y VERDES.

A diferencia de las algas café y rojas, las algas verdes y azul-verde presentan un aspecto totalmente diferente en cuanto a posibilidades y problemas como recurso alimenticio. Estas plantas son abundantes principalmente en agua dulce. El valor alimenticio de las algas azul-verde está principalmente en su uso en los cultivos de arroz, el potencial como comestible se virtualmente inexplorado aún. Por otro lado, de las algas verdes, se conoce su potencial para uso directo como alimento.

### A. Algas azul-verde.

Se conocen como un factor importante en el cultivo de arroz, ya que proporcionan una buena fijación de nitrógeno debido a las bacterias asociadas con las algas. Este ciclo simbiótico es complementado con la descomposición de las algas, enriqueciendo el suelo con compuestos nitrogenados, también juegan un papel importante en la aereación de los campos arroceros, ya que el oxígeno producido en la fotosíntesis aumenta el metabolismo de la planta de arroz.

### B. Algas verdes.

Cuando se considera la necesidad de una gran cantidad de alimento, es posible alentar la idea de una producción de algas verdes en gran escala.

En la siguiente discusión consideramos el desarrollo de las investigaciones acerca del uso de algas verdes, Chlorella primordialmente, como alimento humano y entonces pensamos en los derivados de algas como solución al problema del hambre mundial.

#### 1.- Desarrollo de las Investigaciones.

Esto incluye estudios sobre nutrición y producción. El proceso de manufactura probablemente requiera un alto capital, de acuerdo a los costos debe obtenerse un producto sabroso, digerible y nutritivo, así el problema de producción sería más fácil de resolver.

a. Estudios de producción.-- Debemos primero considerar las características de crecimiento en la forma natural y observar si se adaptarían a sistemas de cultivo.

Producción (a) Características del crecimiento.-- De los factores que afectan la producción de algas verdes, la eficiencia del mecanismo de crecimiento y la facilidad con la que se puede variar su composición orgánica, lo más importante es su uso como producto comestible. lo más importante es su uso como producto comestible.

La mayor producción de especies de plantas produciendo de una hectárea un poco más que suficiente para alimentarse, y solo, por lo general usa una parte de 32 de la planta.

En la síntesis de material orgánico, las plantas solo utilizan una pequeña porción de la energía solar, esto se debió fundamentalmente a tres factores: (1) en las zonas templadas el crecimiento es de solo cuatro meses, de éstos solo dos o tres semanas utilizan para la elaboración de carbohidratos. (2) solo emplean la mitad de las radiaciones solares para la fotosíntesis, a menudo esta de ella es aprovechada en menos del 1%. (3) el bióxido de carbono es la materia prima con la cual se forman las sustancias orgánicas; de aquí que la concentración de este gas en la atmósfera es de 0.03%, así que el rango de fotosíntesis es necesariamente limitado (Spoehr, 1951).

Las algas unicelulares como Chlorella son capaces de salvar estas dificultades. Su eficiencia como fotosintetizadoras es realmente alta, ellas producen y almacenan su materia orgánica dentro de sus células, se reproducen por división, cada una se divide en dos y participan en la fotosíntesis. Se reproducen cada 12 horas, así que pueden incrementar su producción casi 200 veces en cuatro días. Los requerimientos nutritivos son muy simples: agua, en la que ellos están suspendidos, bióxido de carbono y otros nutrientes que están disueltos en el agua y luz para la fotosíntesis. El cultivo continuo proporciona altas cosechas y permite la mayor eficiencia para el uso de la tierra, luz solar y poder humano. (Spoehr, 1951).

(b). Variabilidad en la composición.- La característica que hace a Chlorella mas aprovechable es su composición orgánica, la cual puede ser alterada.

Spoehr (1951) y Milner (1955) encontraron que los cambios en el medio ambiente, causan en las plantas amplia variación en el contenido proteínico, carbohidratos y lípidos. Cuando el nivel de nitrógeno fue reducido hasta valores críticos, la reproducción se detuvo, y los lípidos en un 85% de peso seco fueron sintetizados. Los carbohidratos también pueden variar de 6 a 39% (Cook, 1950; Brittain, 1952).

Datos estimativos indican que un acre de Chlorella puede producir 20 toneladas de proteína deshidratada y 2 toneladas de grasa anualmente, y si se cultiva con intenciones de aumentar su contenido en grasas, se obtendrían 6 toneladas anuales por acre ó 6 c/4000 m<sup>2</sup>.

(2). Crecimiento de algas en sistemas cerrados.- Si se puede controlar la producción de Chlorella u otra alga unicelular, puede llegar a ser un buen recurso alimenticio. Los científicos de Stanford se hacen las siguientes preguntas: a). Es técnicamente posible lograr grandes cantidades de alga?, b). Que sistemas emplear entonces?, c). Cómo valorar el material producido?, d). Cuáles son las condiciones óptimas para el máximo desarrollo?, e). Cuál es el costo de producción?

Las respuestas que los científicos obtuvieron fueron alentadoras, encontraron que el crecimiento en masa en un simple y continuo sistema es factible y práctico, y que si el sistema es bien diseñado, la producción en gran escala es económica. Las condiciones óptimas para el crecimiento son relativamente fáciles de obtener, la temperatura necesaria es de 20° a 25°C. El bióxido de carbono, agua, sales minerales y fijación de nitrógeno en concentraciones apropiadas puede ser renovado después de la cosecha, agregando la cantidad necesaria de agua corriente, así los costos pueden ser bajos. Debe agitarse el medio para prevenir que las células se fijen fuera y deben mantenerse condiciones estériles para evitar contaminación. Bajo estas condiciones Chlorella podrá ser cosechada continuamente con un simple, barato y eficiente sistema (Cook, 1950).

Los científicos del Stanford Research Institute han descubierto que pueden incrementar las cosechas inoculando el medio de cultivo con células en estado exponencial de crecimiento o crecimiento tipo geométrico. Los experimentos en tanques de cultivo demuestran que cilindros inclinados en dirección de los rayos solares presentan mayor eficiencia.

En 1951 se operó con una planta piloto para la Cornegie Institution of Washington para determinar los costos de producción. Usaron un tubo de 150 pies de largo, que capta 1,200 galones de cultivo en una capa de 2 a 3 pulgadas de profundidad.

Las algas fueron removidas por medio de centrifuga y cosechadas por este medio también. La producción durante 3 meses de operación produjo casi 10 gramos de producto seco por metro cuadrado, ó sean 16 tons. por acre por año (4,000 m<sup>2</sup>). El costo estimado fue de 17 a 25 centavos por libra (Milner, 1955) (= \$7.00/kg.).

(a). Factores que restringen los cultivos.- Durante los estudios de la planta piloto se detectaron varios factores que afectan el óptimo desarrollo de las algas. Milner (1955) encontró que en bajos rangos de intensidad luminosa, las algas pueden convertir el 25 % de la energía luminosa en energía química almacenada como material. El aumento en el crecimiento es proporcional al aumento de luz. En un medio intensificado, el crecimiento alcanza altos valores, pero la eficiencia de conversión de energía disminuye en un 15 %. En altas intensidades las algas solo pueden usar una pequeña porción (2 a 3 %) de energía, a una mayor exposición de luz solar pueden dañarse o morir las algas.

(b). Modelo de cultivos continuos.- Un modelo teórico ha sido designado por el cultivo continuo de Chlorella (Fig. 1). Estos cultivos de algas tienen dos partes: el sitio del cultivo y una planta procesadora. En el primero las plantas crecen en una serie de grandes cilindros horizontales, introduciendo un medio fresco en pequeños intervalos. Para proporcionar igual flujo en cada caso, el operador puede mantener la densidad de población al mismo nivel. La cantidad necesaria de nutrientes y carbohidratos son suministrados con el agua. En la planta procesadora, las células son separadas del medio por flotación. Los gases de desecho del material usado para deshidratar y esterilizar proveen gran cantidad de bióxido de carbono para un óptimo crecimiento.

Los cultivos de algas pueden adaptarse especialmente a regiones en el Trópico donde el suelo es pobre pero con muchas horas de luz solar y una temperatura estable a lo largo de un año.

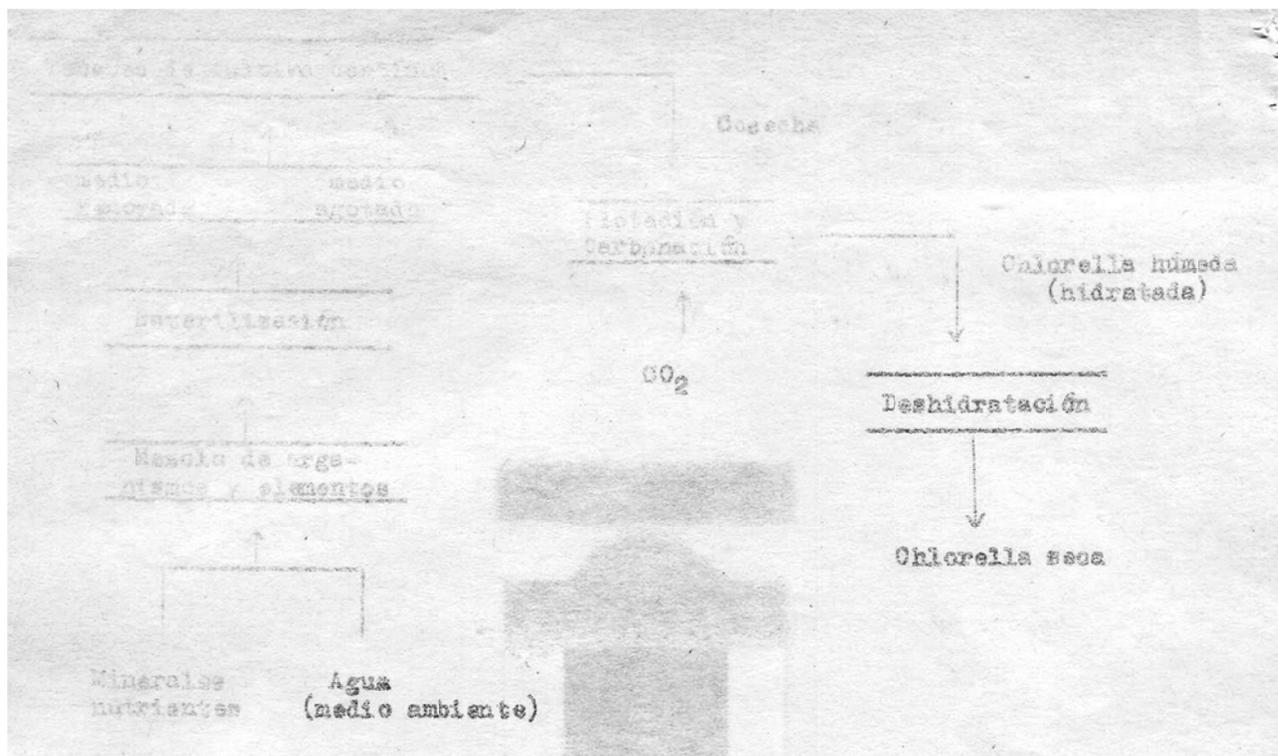


Fig. 1. Diagrama del proceso de cultivo continuo (Cook, 1950, pág. 72).

b. Estudios nutricionales.- Los científicos han encontrado en las plantas con crecimiento ordinario los siguientes equivalentes en peso seco: de 40 a 60 % proteínas, 10 a 20 % grasas y casi 20 % de carbohidratos, y que en cultivos enriquecidos las proteínas alcanzan de 7 a 85 %, grasas de 4 a 85 % y carbohidratos de 5 a 38 %. Se ha encontrado que contiene adecuadas cantidades de vitamina B, C, D y abundante cantidad de vitamina A y K.

(1). Propiedades metabólicas de las algas.- No es suficiente conocer solo el contenido proteínico de los alimentos, es necesario saber si es adecuada a los requerimientos del cuerpo y si es digerible.

(a). Componentes nutritivos.- El contenido proteínico de Chlorella es comparable con el de la harina de centeno, gluten de maíz, o a la pulpa de casahuate. Pero el contenido proteínico debe estar balanceado con los aminoácidos esenciales. Se ha encontrado en las algas un índice de aminoácidos con valor de 62. En los huevos el valor es de 100, las proteínas animales alcanzan entre 80 y 90, y las proteínas de cereales es de 50 a 70.

El aminoácido más deficiente en Chlorella es metionina, en otras vegetales esta misma deficiencia ocasiona un relativo bajo índice proteínico. Afortunadamente la síntesis de metionina a partir de otros productos es relativamente fácil y económica.

Los experimentos sobre carbohidratos y lípidos no son aún completos. Los carbohidratos en Chlorella son principalmente gamas vegetales, especialmente pentosanas. Los lípidos son altamente insaturados, pero de esto se conoce poco, aún.

(b). Elementos no digeribles.- Aunque estas algas unicelulares contienen una pequeña cantidad de celulosa (parte indigerible de las plantas superiores) tienen una pared celular dura, que es resistente al ataque de elementos químicos, térmicos o mecánicos. De este modo pasan a través del tracto digestivo sin proporcionar efectos nutricionales. Es necesario hacer más experimentos sobre que enzimas pueden aplicarse a las algas destinadas al consumo humano.

(2). Estudios sobre alimentación.- Las propiedades alimenticias han sido localizadas en el laboratorio y probadas en dietas para el hombre y animales.

(a). Alimento para animales.- Los resultados de los experimentos en que las algas verdes se han usado como alimento de animales, son muy ambiguos, en parte por las técnicas empleadas, y en parte porque el valor nutritivo depende de los métodos de crecimiento y procesamiento. Pruebas de alimentación con ratas condujeron a Hayami y Shino (Tamiya, 1959) del Instituto Nacional de la Nutrición en Tokio, - Japón, mostraron que la digestibilidad y valor nutritivo en *Chlorella*, varía ampliamente de acuerdo con el método de procesamiento. Los materiales desecados a altas temperaturas (100°C, sin tratamiento de alcohol) dan una digestibilidad tan baja como 47 a 57 %. Los resultados fueron diferentes cuando las ratas se alimentaron con material desecado a bajas temperaturas (menor de 40°C). En este caso la digestibilidad fue de 75 % o más. Otros experimentos hechos con algas desecadas y agregando harina de arroz resultaron excelentes para las ratas. El peso ganado en 120 días fue el 50 % más alto que con la dieta de leche.

Parte de la diversidad en los resultados de estos trabajos puede deberse a los diferentes aminoácidos contenidos en las algas usadas.

(b). Para la dieta humana.- Son pocos los estudios a este respecto, es en Japón donde se ha trabajado más sobre esto. Se ha sugerido el uso de las algas desecadas y pulverizadas para hacer té, también se han preparado tallarines con una mezcla conteniendo un 2 % de *Chlorella* y un poco de harina de trigo negro o trigo común, los cuales fueron bien aceptados, además esta harina de *Chlorella* se ha usado para hacer pan, sopa y nieves. En su forma hidrolizada puede sustituir la salsa de soya (Fisher y Burlew, 1953).

Un experimento hecho a mediados de 1940 en Cabo Blanco Leprosarium, Maiquetía, D.F., Venezuela, consistió en mezclar microorganismos de agua dulce, tales como varias especies de algas, incluso *Chlorella* y varios organismos microscópicos, el crecimiento se obtuvo en una cuenca arcillosa, con agua no tratada y se le agregó fertilizante comercial, esto se revolvió con un cucharón, dos veces al día. Con un sifón se extrae la cosecha y el agua se devuelve a la cuenca; al producto se le agrega un poco de agua limpia, hasta formar una especie de sopa y se pone a cocer por 20 minutos, se sazona con un poco de sal. Los pacientes la tomaron con buen agrado, durante 5 años sin producirles malos efectos, sino al contrario, la energía, peso y el aspecto general de los pacientes mejoró marcadamente. (Jorgensen y Convit, 1953).

El tratamiento con alcohol, se ha intentado para reducir el color verde de las algas, y se encontró que el material parcialmente decolorado resultaba más suave en olor y sabor, pudiéndose usar en más cantidad para la elaboración de comidas.

Algunos jóvenes alimentados con productos obtenidos con algas, tales como pasteles, galletas, pan y leche, tuvieron una pequeña dificultad para aceptar un poco más de 100 gr de alimento, observándose dificultades para digerir esta mezcla.

Los científicos concluyen que las algas desecadas pueden ser toleradas como alimento por cortos períodos, ya que si se desean emplear como un mayor recurso deberán emplearse otros métodos de procesamiento.

En experimentos hechos con *Scenedesmus* y *Chlorella* alimentando a las personas en 5 y 20 días respectivamente, se encontró que pueden ser ingeridas por esos períodos sin que se presenten efectos dañinos, también se ha encontrado que los japoneses son más tolerantes a la dieta de algas (Krauss, 1962).

## 2.- Mirando hacia el futuro.

Hasta ahora solo se ha experimentado con algunas especies de *Chlorella* y

de proteínas, 18-20 % carbohidratos, B6, B12 y C. El Instituto Francés - establecer estanques de cultivo.

Las algas, por contaminación bacteriana, pueden ser controladas por la creación de una planta piloto, en la cual se controlen las condiciones de cultivo y de esta manera resolver muchas de las dificultades. De los experimentos mas importantes sería el de convertir las algas en un producto sabroso y nutri-

El proyecto se llevara a cabo con la cooperación de varias ciudades, - los costos serian altos.

En 1952 Gran Bretaña declaró lo siguiente: "Ingenieros competentes de que el cultivo de *Chlorella* en gran escala no presenten problemas que no puedan ser resueltos", esta aseveración resulta una verdad, - con los avances obtenidos en la última década.

El efecto de la dieta a base de algas, sobre longevidad, ciclo reproductivo, incidencia de enfermedades y comportamiento, puede ser analizado en varias especies de animales y en el hombre.

Una pregunta interesante es la siguiente: puede la gente ser persuadida a alterar sus hábitos alimenticios y adoptar las algas como parte de su dieta? Es posible que los avances técnicos en el procesamiento hagan factible este hecho, - pero la gente occidental tendría que hacer ajustes antes de aceptarla completamente; esto debe acompañarse de una buena labor de promoción y educación.

#### RESUMEN

Se conocen alrededor de 17,000 especies de algas marinas y de agua dulce en el mundo, de las cuales sólo unas pocas han sido investigadas para determinar su valor como alimento para el hombre. Se han empleado como fertilizantes, en la dieta del hombre y de animales, y se han incorporado a productos farmacéuticos y en cosméticos.

Una de las algas con mas futuro como recurso continuo es *Chlorella* (alga verde unicelular), con características especiales que contribuyen a su valor potencial. Esto incluye: 1) rápido crecimiento, 2) composición variable como resultado del medio ambiente en que se encuentre, 3) capacidad para crecer y reproducirse en sistemas cerrados.

Se han hecho estudios para determinar sus propiedades nutritivas tanto en el hombre como en animales. Varias pruebas y resultados están aún inconclusas, - pero en general se ha demostrado que *Chlorella* en su forma natural es de más difícil digestión para el hombre, la apariencia del producto no es muy aceptada. Los japoneses tienen mayor capacidad de tolerancia, lo cual indica que el sistema digestivo humano puede adaptarse a varios cambios en la dieta. La modificación de la estructura celular, por medios físicos o químicos, puede hacer a ésta alga de más fácil digestión.

Son necesarios mas estudios para procurar un mejor sabor si se desea usar ampliamente este producto.