

01673

9

2EJ



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

LAS ALGAS MARINAS Sargassum sinicola y
Ulva lactuca COMO FUENTES ALTERNAS DE
MINERALES Y PIGMENTOS EN GALLINAS
DE POSTURA

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN PRODUCCION ANIMAL

P R E S E N T A :

MV. MANUEL GUILLERMO RODRIGUEZ BERNAL



ASESORES: MVZ. MPA. SILVIA CARRILLO DOMINGUEZ
MVZ. M.Sc. FERNANDO PEREZ-GIL ROMO
MVZ. M.Sc. ERNESTO AVILA GONZALEZ

MEXICO, D. F.

1995



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.

DEDICATORIAS

A mis padres:

Guillermo Rodríguez Páez
Hilda C. Bernal Bernal

Por su amor, apoyo y confianza, que han sido el motor de mi vida y la base de mi felicidad.

A mi hermana Sandra C.:

Por su cariño, paciencia y comprensión, y por todos los momentos que juntos hemos compartido.

A mi tía Esther y mi abuelita Virginia:

Por ser ejemplos de amor, entrega y respaldo incondicional hacia mí.

A Perlita:

Por su cariño, ternura y dedicación, que me han hecho sentir como en casa y han despertado en mí nuevas ilusiones y expectativas.

AGRADECIMIENTOS

- Al Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" (INNSZ) y al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPA) de la FMVZ - UNAM, por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

- A la MPA. Silvia Carrillo Domínguez, asesora principal de mi tesis, por su excelente dirección, valiosos consejos y sincera amistad.

- Al Dr. Fernando Pérez-Gil Romo, jefe del Depto de Nutrición Animal del INNSZ, asesor y jurado de mi tesis, por la confianza e inmenso apoyo que me brindó durante la realización del trabajo.

- Al Dr. Ernesto Avila González, director del CEIEPA y asesor de mi tesis, por sus valiosas enseñanzas, su ayuda incondicional y sus palabras de aliento y estímulo.

- Al personal del Centro de Investigaciones en Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) por la colecta y envío de las algas.

- A las Biol. Rocío Sanchezarmas y Rosa Ma Castillo, y al Ing. Jesús Carmona, por su importante y desinteresada ayuda durante la realización de los análisis de laboratorio.

- A la MC. Adriana Gómez Zamarróni (Pigmentos Vegetales del Centro S.A. de C.V.) y a la QFB. Hortensia Villavicencio (Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Iberoamericana) por las determinaciones de pigmentos.

- Al Ing. Hans Mann (Productos Roche S.A. de C.V.) por su valiosa ayuda en los análisis de calidad del huevo y por el material bibliográfico que me facilitó.

- Al MVZ. José Luis Vicente (Laboratorios Prodemex S.A. de C.V.) por su colaboración en las lecturas del color de yema.

- Al Depto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (INNSZ) por facilitar las instalaciones para llevar a cabo las pruebas de evaluación sensorial y a la QFB. Ma Elena Carranco J. por su gran ayuda durante la realización de éstas.

- A todos los jueces, por su participación en las pruebas de evaluación sensorial.

- Al Dr. Carlos López Coello, Dr. Alfredo Kurt Sproas Suárez, Dra. Guadalupe De La Lanza Espino y MPA. Ma. Isabel Castro González, jurados de mi tesis, por su tiempo, comentarios y valiosas sugerencias.

- A todos los que de alguna manera intervinieron positivamente en este trabajo de investigación.

- A MEXICO POR SU INIGUALABLE HOSPITALIDAD Y AL SEÑOR MI DIOS POR PERMITIRME ALCANZAR UNA META MAS EN LA VIDA.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	1
I. INTRODUCCION	3
II. REVISION DE LITERATURA	5
III. JUSTIFICACION	30
IV. OBJETIVOS	31
V. HIPOTESIS	32
VI. MATERIALES Y METODOS	33
VII. RESULTADOS Y DISCUSION	49
VIII. CONCLUSIONES	93
IX. RECOMENDACIONES	95
X. LITERATURA CITADA	97
ANEXOS	
INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	

RESUMEN

RODRIGUEZ BERNAL M. GUILLERMO. Las algas marinas Sargassum sinicola y Ulva lactuca como fuentes alternas de minerales y pigmentos en gallinas de postura (Bajo la dirección de Silvia Carrillo Domínguez, Fernando Pérez-Gil Romo y Ernesto Avila González).

México es un país rico en recursos marinos que hasta la fecha no han sido aprovechados, tal es el caso de las algas Sargassum sinicola y Ulva lactuca, especies de amplia distribución caracterizadas por su elevado contenido de minerales y gran variedad de pigmentos. Los objetivos de este trabajo fueron 1) Conocer la composición química de estas algas y su carga microbiana, 2) Determinar su valor como fuentes de minerales para el huevo y de pigmentos para la yema, incorporándolas en raciones para gallinas de postura y 3) Averiguar si su inclusión en las dietas influye en el sabor del huevo. Las algas se colectaron en las costas de Baja California Sur, México, y al caracterizarlas químicamente (S. sinicola y U. lactuca) se obtuvieron los siguientes resultados (%): Humedad 7.40 y 5.69, proteína cruda 6.57 y 8.55, extracto etéreo 1.05 y 2.65, carbohidratos totales 46.63 y 25.65, cenizas 38.35 y 57.46, proteína verdadera 5.64 y 7.35, digestibilidad protéica 82.43 y 82.25, FDN 22.65 y 51.40, FDA 34.92 y 41.26, hemicelulosa negativa y 10.13, lignina 17.47 y 3.73, celulosa 14.84 y 7.28, sílice 2.59 y 30.15, Ca 3.21 y 2.59, P 0.011 y 0.0064, Mg 0.90 y 0.82, Na 20.07 y 17.79, K 5.77 y 0.15, Fe 3600 ppm y 3600 ppm, Cu 1.0 ppm y 0.7 ppm, y Zn 1600 ppm y 700 ppm, xantofilas totales 14.47 ppm y 15.43 ppm, EB 2.52 Kcal/g y 2.52 Kcal/g, y EMV 1.19 Kcal/g y 1.42 Kcal/g. Microbiológicamente, ninguna de ellas manifestó contaminación por Salmonella sp.

Para el experimento se emplearon 252 gallinas Leghorn distribuidas al azar en 7 tratamientos con 3 repeticiones de 12 aves cada una, bajo un diseño factorial 2x3 contra testigo. Los tratamientos consistieron en la inclusión por separado de S. sinicola y U. lactuca a dietas sorgo-soya en niveles de 0, 3, 6 y 9%, sustituyendo totalmente al pigmento comercial y parcialmente al sorgo, la soya, el CaCO₃, el ortofosfato y la sal. El estudio duró 5 semanas y no se encontraron diferencias estadísticas (P>0.05), por especie de alga ni por concentración, en: parámetros productivos (porcentaje de postura, consumo de alimento y conversión alimenticia); cenizas, Ca, Mg, Na, K, Fe y Zn del huevo; peso y tamaño del huevo; calidad del cascarón (peso, grosor, densidad); Mg, Na, Cu y Zn del cascarón; y sabor del huevo preparado. Por el contrario, sí se detectaron diferencias (P<0.05) en el huevo donde el P fue superior en los tratamientos con S. sinicola y el testigo y el Cu en los tratamientos con 3% de S. sinicola y U. lactuca. En altura de albúmina hubo superioridad

significativa en los tratamientos con 6 y 9% de inclusión de algas, mientras que en Unidades Haugh la hubo en el tratamiento S. sinicola 9%. En la medición del color, el grupo U. lactuca 9% fue el que mejor nivel obtuvo, comportamiento similar al observado en amarillamiento por colorímetro de reflectancia. Asimismo, en cuanto a la preferencia por el color, las yemas del grupo U. lactuca 9% tuvieron mayor aceptación. Por otra parte, en el cascarón hubo superioridad de Ca en S. sinicola 3% y el testigo, y de Fe en U. lactuca 9%.

En conclusión, S. sinicola y U. lactuca al 6 y 9% resultaron ser factores de mejoramiento para la cantidad de proteína y la calidad de albúmina en el huevo. Además, con U. lactuca al 9% se obtuvieron yemas de color amarillo intenso; y con ambas algas se obtuvieron buenas concentraciones de minerales en huevo y cascarón.

Los datos de éste estudio sugieren un alto potencial de S. sinicola y U. lactuca como ingredientes en la alimentación de las aves.

I. INTRODUCCION.

La reserva ecológica más grande del mundo la constituyen los océanos, cubriendo el 72% del planeta, y con ellos, la inmensa variedad de algas marinas allí alojadas, que según la literatura (22) constituyen una incalculable biomasa vegetal. En 1918, se cosecharon 400,000 toneladas métricas de Macrocystis y Laminaria en Estados Unidos, y en 1966 se obtuvieron alrededor de 50,000 toneladas de Undaria pinnatifida en el Japón, lo que da una idea del inmenso potencial de este recurso a nivel mundial (22).

En general, las algas marinas se caracterizan por su alto contenido en minerales y su gran variedad de pigmentos. Dado ésto, y considerando a México como un país indudablemente privilegiado en cuanto a su ubicación geográfica y extensos territorios costeros, es imperativo profundizar sobre el aprovechamiento de estos recursos con miras a la obtención de mayores eficiencias en el área de la producción animal, particularmente la avícola donde el suministro de fuentes minerales de calidad y pigmentos constituyen aspectos de gran importancia. A nivel nacional, la investigación sobre el tema es muy escasa. Existen algunos trabajos (9, 12, 46, 65, 87) sobre la utilización de micro y macroalgas como complemento alimenticio en dietas para pollos y codornices, que sugieren perspectivas alentadoras; sin embargo, hacen falta estudios que suministren mayor información respecto al valor de estas algas

como fuentes de minerales y pigmentos en las aves. De aquí el interés para llevar a cabo el presente trabajo.

Sería interesante que, valorando los recursos naturales disponibles, se tome en cuenta que las algas marinas en México pueden llegar a constituir una importante alternativa en la alimentación humana y animal al igual que en la industria de fertilizantes y ficocoloides, donde ya comienzan a demostrar su verdadero potencial (13, 35, 38, 68, 78).

II. REVISION DE LITERATURA.

1. Algas Marinas.

1.1 Aspectos generales.

1.1.1 Definición.

Las algas son plantas fotosintéticas no vasculares que contienen clorofila y poseen estructuras reproductivas simples (15, 22). Habitan en los océanos, mares, lagos, estanques, ríos y pantanos, en lugares de extremo calor o frío, en el suelo sobre rocas y árboles, e incluso en el aire que las transporta a grandes distancias (70). Esto da una idea de la inmensa cantidad de especies que, aunque tienen características en común, difieren grandemente en otras como el tamaño, habiendo algas de unas cuantas micras y otras de 60 metros ó más.

1.1.2 Clasificación.

Desde el punto de vista taxonómico, se han logrado reunir las características morfológicas y bioquímicas de las algas marinas, para dar origen a una compleja clasificación, cuya parte fundamental se describe de la siguiente forma (15):

<u>División</u>	<u>Clase</u>
1. Rhodophyta (Algas rojas)	Rhodophyceae
2. Clorophyta (Algas verdes)	Clorophyceae
	Prasinophyceae
	Charophyceae
3. Euglenophyta (Euglenas)	Euglenophyceae

4. Chloromonadophytas	
(Cloromonas)	Chloromonadophyceae
5. Xantophyta	
(Algas amarillo-verdes)	Xantophyceae
6. Bacillariophyta (Diatomeas)	Bacillariophyceae
7. Chrisophyta	
(Algas pardo-doradas)	Chrisophyceae
	Haptophyceae
8. Phaeophyta (Algas pardas)	Phaeophyceae
9. Pyrrhophyta (Dinoflagelados)	Dynophyceae
	Desmophyceae
10. Cryptophyta (Criptomónadas)	Cryptophyceae

Las divisiones Rhodophyta, Chlorophyta y Phaeophyta constituyen en su mayoría macroalgas, dentro de las cuales se encuentran las especies consideradas en el presente estudio.

Las algas Chlorophytas son verdes debido a las clorofilas a y b, y sus sustancias de reserva son similares al almidón de las plantas superiores. La clase más grande de esta división es la Chlorophyceae, a la cual pertenece la Ulva lactuca bajo el orden Ulvales y la familia Ulvaceae.

Por su parte, la división Phaeophyta contiene una sola clase, la Phaeophyceae. Esta clase de algas, son de color pardo por la presencia del carotenoide fucoxantina recubriendo las clorofilas a y c; su principal sustancia de reserva es la laminarina. A ésta división pertenece el Sargassum sinicola,

bajo el orden Fucales que junto con el Laminariales, constituyen las formas más diferenciadas de este tipo de algas (22).

1.1.3 Distribución.

Toda la inmensa variedad de algas marinas presenta grandes diferencias en lo que a su distribución se refiere, observándose géneros de cobertura mundial y otros de ubicación específica. En el caso particular de la división Chlorophyta, estas algas verdes abundan en las áreas submareales superiores, especialmente en aguas tropicales y subtropicales, donde abundan ejemplos de formas multinucleadas, multicelulares (Cladophorales y Siphonocladales) y sifonosas ó cenocíticas (Dasycladales y Caulerpales).

Por otra parte, la mayoría de algas pardas más grandes son especies de agua fría y forman extensos estratos de quelpos a lo largo de las costas del Atlántico norte (Laminaria, Alaria) y del Pacífico norte (Nereocystis, Macrocystis) (22).

1.1.4 Composición Química.

Aunque la composición química de las algas marinas experimenta variaciones importantes de acuerdo a la estación y ubicación geográfica de las mismas (83), sus principales constituyentes pueden enumerarse de la siguiente forma:

a. Humedad. Entre un 80 y 90% en estado fresco. Es de anotar que el elevado contenido de agua es uno de los factores más

importantes al momento de realizar estudios de rentabilidad.

b. Constituyentes Inorgánicos. Las algas marinas son capaces de concentrar y acumular gran variedad de elementos presentes en el medio marino, lo que les otorga un gran valor farmacológico y nutricional. Estas plantas han llegado a evidenciar más de un 39.4% de cenizas y en algunos casos hasta un 50% (57), lo que sugiere una muy buena cantidad de minerales (44). Se mencionan (44) entre los principales macrominerales el potasio (0.1-10.6 g/100g) (16, 76); sodio (3.1-3.8 g/100g) (14, 57); calcio (0.2-12 g/100g) (14, 16, 57); magnesio (0.3-12.1 g/100g) y fósforo (0.03-5.5 g/100g) (14, 16, 76); y entre los elementos menores el estroncio, hierro (300-4000 ppm) (14, 16, 76), boro, aluminio y bario.

En algunas algas verdes y pardas, han sido comprobados elementos traza como cobalto, cobre (3-20 ppm), zinc (60-80 ppm) (16) y manganeso.

También han sido demostrados aniones tales como cloruros, sulfatos, nitratos, silicatos y en menor grado carbonatos, bromuros y ioduros, generalmente ligados a sodio o potasio (44).

c. Lípidos. La mayoría de las especies estudiadas contienen pequeñas cantidades de lípidos, no mayores del 3%, que generalmente se componen de ácidos grasos saturados tales como el mirístico, palmítico, láurico y esteárico (92). Resulta importante recalcar que según la literatura, los ácidos grasos mencionados son resistentes a la rancidez durante periodos

prolongados de almacenamiento, lo que sugiere la presencia de sustancias antioxidantes en las algas (1), característica comprobada en Ulva lactuca donde se confirmó actividad peroxidasa (60).

Dentro de la fracción de lípidos no saponificables, se habla de la presencia de diferentes tipos de esteroides mencionando con particular importancia el sargasterol, saringosterol, brasicasterol, sitosterol, colesterol (común en algas rojas) y fucosterol. A éste último, junto con ciertos polisacáridos se le han atribuido propiedades hipocolesterolémicas en pollos, característica que según Hoppe (44) es propia de las algas verdes, no así de las pardas.

Es de señalar que la biosíntesis de lípidos y ácidos grasos está controlada por factores medioambientales, lo que se refleja en las diferentes concentraciones de los mismos en algas de diversos nichos ecológicos (44).

d. Carbohidratos. Se han descrito concentraciones de 44.5 a 65.3% y de 34.5 a 62.5% en algas pardas y verdes respectivamente.

Generalmente se encuentran bajo la forma de polisacáridos complejos como alginatos de Ca^{++} , Mg^{++} y Na^{++} comunes en algas pardas, glicósidos como florosid e isoflorocid en algas rojas, y azúcares-alcoholes como el sorbitol, dulcitol, laminitol, mitilitol, volemitol y manitol. También se menciona la presencia de celulosa denominada como "algulosa", sustancia que queda como residuo tras la extracción de los ficocoloides (44).

e. Proteínas. Se describen concentraciones de 5.3 a 12.7% y de 10.3 a 29.2% en algas pardas y verdes respectivamente, y constituyen del 60 al 70% del contenido de nitrógeno de estas plantas, atribuyéndose el resto a péptidos, aminoácidos y otros compuestos nitrogenados. Se menciona que algunos trabajos relacionados con la obtención de proteínas solubles, hablan de su importancia farmacológica, describiendo su asociación a propiedades lipolíticas, anticoagulantes e hipoglicemiantes (44).

Con respecto a los péptidos, pocos han sido aislados en su estado puro, entre ellos se mencionan los ácidos octaglutámico y pentaaspártico, la L-arginil-L-glutamina, la eisenina, la fastigiantina y la analipina, péptido constituido de ácidos glutámico y aspártico, 6 de sus amidas. También se describe un compuesto peptídico denominado "sustancia 334" que al poseer gran capacidad de absorción de rayos solares, parece desempeñar un importante papel en el proceso fotosintético.

En lo referente a los aminoácidos, muchos de ellos han sido aislados en las algas marinas. Entre los últimos encontrados se mencionan la N-metiltaurina, la D-gliceriltaurina, los ácidos D-cisteinólico, domóico y rodóico, la condrina, la gongrina y la gigartina, todos ellos de valor farmacológico, sin dejar de mencionar el ácido Alfa-kaínico y la laminina, a los que se les han demostrado propiedades antihelmínticas e hipotensivas respectivamente.

Es de señalar que ya sea en forma libre ó combinada a manera de péptidos, ha sido posible el aislamiento de todos los aminoácidos indispensables aunque sus cantidades han variado entre especímenes frescos y desecados, encontrándose mayores concentraciones en éstos últimos (44).

f. Vitaminas. Las algas marinas son una excelente fuente de vitaminas. Dentro de sus principales aportes se destacan: el ácido ascórbico (20 a 125 mg/100g), la biotina, el caroteno, la cianocobalamina (hasta 13.29 g/100g), el ácido fólico (0.03 a 8.8 g/100g), los ácidos nicotínico y pantoténico, la riboflavina (0.75 a 1.3 mg/100g), la tiamina (0.07 a 0.21 mg/100g), el tocoferol y la vitamina K (14, 44).

g. Pigmentos. Los pigmentos de las algas pardas, verdes y rojas, han sido objeto de numerosas investigaciones. Hasta el momento se conoce gran variedad de ellos, cuatro de los cuales resultan ser los principales: las clorofilas, los carotenos, las xantofilas y las ficobilinas ó bilicromoproteínas. Cada uno de los pigmentos enunciados tiene sus propias variedades, tal como se describe a continuación:

Clorofilas : clorofila a, b, c, y d.

Carotenos : alfa caroteno, beta caroteno, y gamma caroteno.

Xantofilas : luteína, astaxantina, neoxantina, sifoneína, sifonoxantina, taraxantina, violaxantina, zeaxantina, fucoxantina, diatoxantina y flavoxantina.

Ficobilinas : ficocianina y ficoeritrina.

Es de notar que los animales, al no estar capacitados para sintetizar carotenoides de novo deben tomarlos de las plantas y modificarlos parcialmente, lo que los convierte en organismos dependientes del reino vegetal por éste y muchos más requerimientos (103).

1.1.5 Usos.

Con respecto a los usos de las algas marinas, existe abundante literatura en lo referente a su explotación industrial para la producción de fertilizantes y extracción de alginatos o ficocoloides (23, 51).

Desde el punto de vista farmacológico, las algas marinas también han jugado un papel muy importante. Estas plantas fueron utilizadas para tratar parasitosis, desórdenes gastrointestinales, hipertensión, problemas urinarios e hipercolesterolemia y en la actualidad aún se emplean algunas de ellas en el área de la medicina homeopática y naturista (3, 58).

Sin embargo, ninguna de las formas de aprovechamiento anteriores, ha sido tan antigua como el uso de las algas marinas en la alimentación humana. Los japoneses y los chinos las han consumido durante milenios, en sus variedades pardas, verdes y rojas, de las cuales, una de las más conocidas es la Porphyra, comunmente denominada "Nori", a la que se le han comprobado elevadas propiedades farmacológicas y nutricias (43). Otras especies de los órdenes Laminariales y Fucales,

como Sargassum spp., también forman parte importante en la dieta de algunos pueblos orientales, sin dejar de mencionar el alga verde Ulva lactuca, mejor conocida como "lechuga de mar" en Inglaterra, donde se consume en estado fresco, a manera de ensalada (14, 22, 44).

Respecto a su utilidad en la alimentación animal, varias algas intermareales y submareales se han cosechado a lo largo de las áreas costeras y se han utilizado como forraje durante varios cientos de años, principalmente en Europa donde se usan como fuente directa de forraje Palmaria (alga roja), Alaria y Laminaria (algas pardas). En Inglaterra y otros países europeos, se colectan algas marinas (Ascophyllum, Laminaria, Macrocystis, Phaeophyta) para secarlas, molerlas y hacer harina que se proporciona directamente a los animales, o se usa como suplemento mineral (14, 22).

Estudios económicos realizados en Israel, reflejan importantes beneficios en la utilización de las algas como alimento para peces y aves (8, 56); de hecho, promete ser una realidad el amplio aprovechamiento de éstas plantas en la acuicultura, ya que el alto contenido de aminoácidos, ácidos grasos, minerales y vitaminas de algunas de ellas es valiosa fuente nutricia para peces, bivalvos y otras especies acuícolas de importancia zootécnica, cuya explotación se encuentra "en vía de desarrollo" (7, 26, 36, 86).

Trabajos cubanos (28, 29) en los que se empleó harina de algas como alimento para gallinas en producción, mencionan que su

inclusión en la dieta determina precocidad en la postura y transfiere al huevo características organolépticas agradables al consumidor. De igual forma, trabajos realizados en Estados Unidos (23, 37) confirman la utilidad de las algas marinas en la alimentación de pollos y gallinas, mencionando niveles de inclusión del 10 % y resaltando su valor como fuente económica de proteína, pigmentos, minerales u otros nutrimentos, dependiendo de la variedad empleada.

1.2 Sargassum sinicola (Nombre común: "Sargazo") (16).

1.2.1 Clasificación taxonómica (15).

División : Phaeophyta
Clase : Phaeophyceae
Orden : Fucales
Familia : Sargassaceae
Género : Sargassum
Especie : Sargassum sinicola

1.2.2 Aspectos morfológicos.

El género Sargassum incluye algas de color café, que muestran un alto grado de diferenciación morfológica y están provistas de una base rizoidal que es perenne (77), un estípite, hojas, ramas laterales y vesículas de aire (Figura 1). En éste género los receptáculos son ramas modificadas presentes en las porciones superiores de la planta (15, 22).

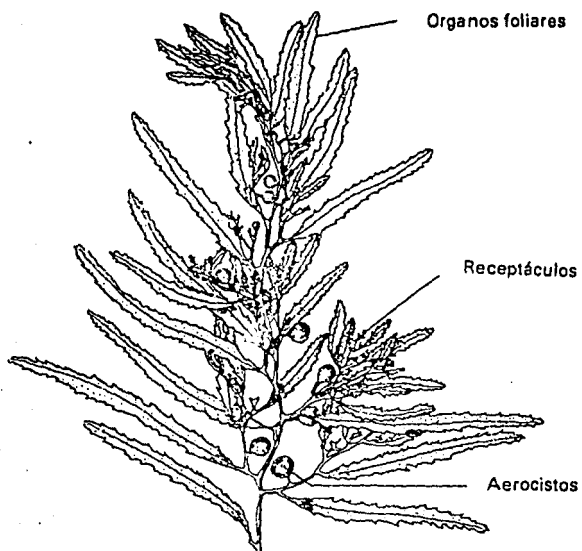


FIGURA 1. Morfología de *Sargassum sinicola*.
Fuente: Ortega et.al, 1993 (69).

1.2.3 Distribución.

El orden Fucales está especialmente representado en las aguas frías del hemisferio meridional (Australia meridional, Tasmania, Nueva Zelanda, Africa), con algunos géneros ampliamente distribuidos en las zonas intermareales de las aguas templadas. Varias algas pardas se encuentran también en las aguas tropicales y subtropicales; los miembros de los Dictyotales (Dictyota y Padina) y Fucales (Sargassum y Cystoseira) son los más comunes, destacándose Sargassum como un amplio género pantropical y templado (22). Según la literatura (16, 22), este género es de cobertura mundial, habiéndose comprobado su presencia al sur de la Florida (Mar de los Sargazos), en la costa oeste de Norteamérica, Brasil, Gran Bretaña, India, Japón y Corea, entre otros lugares. La especie S. sinicola ha sido identificada en México, formando grandes mantos en las costas de Baja California, el Golfo de México y el Caribe (12, 30, 41, 82).

1.2.4 Potencial estimado.

Según la literatura (16), se estima un potencial de 15'600,000 toneladas anuales de algas pardas en base fresca a nivel mundial. De esta cantidad, una buena parte le corresponde al género Sargassum, considerando que se calculan cantidades de 354,000 toneladas de material seco en Japón, más de 700 toneladas en las costas de Omán (India) y millones de toneladas en el Mar de los Sargazos en Estados Unidos (16).

Este género es el más importante en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México, pudiéndose obtener casi 20,000 toneladas en una primavera (41); además, de cosecharse una cantidad no menos importante en épocas frías (30). Sin embargo, se concluye que la mayoría de especies del género Sargassum en la Bahía, tienen un ciclo anual de especial abundancia, lo que indica que sólo es posible cosecharlas una vez al año.

Por otro lado, en 1939, al identificar grandes cantidades de la especie S. natans flotando libremente en el Golfo de México, se estimó una biomasa aproximada de 90,000 toneladas anuales (16).

1.2.5 Composición química.

Para Sargassum sinicola, la literatura (12, 14) menciona los siguientes valores en su composición química:

Cenizas 37.25-43.30%, carbohidratos 44.52-49.73%, extracto etéreo 0.58-1.02%, proteína cruda 11.14-12.42%, energía bruta 2.11-2.15 Kcal/g, xantofilas 68.75-70.43 ppm, Ca 0.22-3.86 g/100g, P 2.32-2.75 g/100g, Na 2.2-3.88 g/100g, K 2.22-3.33 g/100g, Fe 1310-1450 ppm, Mg 12.16-13.33 g/100g, Cl 6.06-16.16 g/100g, Zn 10 ppm, Cu 10-20 ppm y Mn 100-120 ppm.

La elevada cantidad de cenizas y carbohidratos se atribuye a la alta concentración de minerales y polisacáridos estructurales complejos, mejor conocidos como alginatos (40, 49).

Por otra parte, se especifica la presencia de los pigmentos violaxantina, alfa y beta carotenos, flavoxantina y especialmente, fucoxantina (15, 22).

1.2.6 Usos.

En cuanto al aspecto de aplicaciones de S. sinicola, investigaciones preliminares en México (12) sugieren su utilización como fuente de pigmentos y minerales en la alimentación animal, ya que se le atribuye un contenido de xantofilas superior al del maíz amarillo (17.6 mg/Kg) y una cantidad elevada de cenizas (43.30%), lo que da lugar a un muy buen contenido de minerales.

Por otra parte, las algas de este género vienen siendo utilizadas desde hace siglos en la alimentación de algunos pueblos orientales (22, 44). Asimismo, dichos especímenes son explotados mundialmente con el fin de extraer y comercializar sus ficocoloides, de inmenso valor en la industria farmacéutica y alimentaria (16, 40).

1.3 Ulva lactuca (Nombres comunes: "Lechuga de mar", "Lechuguilla", "Luche verde", "Aosa", "Palahalaha") (16, 22, 74).

1.3.1 Clasificación taxonómica (15).

División : Chlorophyta
Clase : Chlorophyceae
Orden : Ulvales
Familia : Ulvaceae
Género : Ulva
Especie : Ulva lactuca

1.3.2 Aspectos morfológicos.

Las algas del género Ulva son láminas diestromáticas (de dos capas celulares de espesor) de color verde pasto, que se fijan al sustrato por discos basales (Figura 2). Si persiste el disco basal, éste produce nuevas frondas en la primavera, así, la planta puede ser pseudoperenne. Los fragmentos de las frondas también pueden separarse y continuar creciendo y reproduciéndose, formando grandes mantos flotantes en el agua. Aunque la morfología de las especies de Ulva es muy variable debido a las condiciones ambientales U. lactuca es muy característica por su gran similitud con la lechuga, tal como lo dice su nombre (15, 22).

1.3.3 Distribución.

Las especies de Ulva son variedades cosmopolitas que van desde el ártico hasta los trópicos en el Atlántico norte y Pacífico norte, incluyendo el sur de China y Japón (22).

La especie U. lactuca es de cobertura mundial, pues ha sido identificada en las costas del Caribe y Baja California (México), Antillas, Cuba, Chile, oeste de Europa, Escocia, China y Filipinas (16, 28, 74).

1.3.4 Potencial estimado.

En 1973 se obtuvo una producción de 900,000 toneladas de algas verdes en Japón y Corea (22). Esta cifra, aunque es

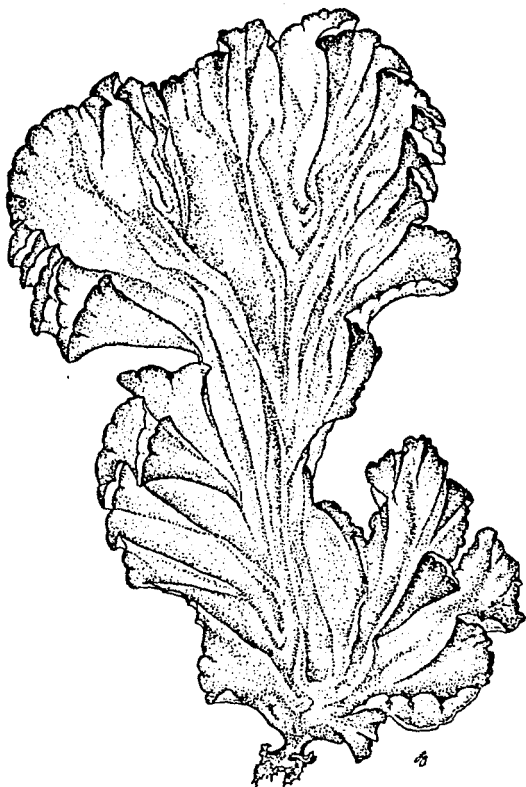


FIGURA 2. Morfología de Ulva lactuca.
Fuente: Dawes, 1991 (22).

significativa, no refleja el verdadero potencial de estas plantas, teniendo en cuenta que en estudios más recientes (16) se estimó una biomasa cosechable de 4'018,000 toneladas anuales de materia seca del género Ulva en la República Japonesa. En México, aunque el género se encuentra vastamente distribuido en las costas de ambos océanos, no hay estudios que sugieran una cifra aproximada de su potencial (76).

1.3.5 Composición química.

Para el género Ulva, Piña, et.al.(76) determinaron la composición química de la especie U. fasciata en México, obteniendo los siguientes resultados: Cenizas 26.01%, carbohidratos 44.65%, extracto etéreo 1.80%, proteína cruda 17.93%, Ca 0.20 g/100g, Mg 0.83 g/100g, K 0.13 g/100g, P 0.028 g/100g y Fe 3800 ppm. Además de describirse para el género un alto contenido de minerales, principalmente Fe (16), también se menciona para la especie U. lactuca, una elevada concentración de pigmentos entre los cuales se cuentan la luteína, zeaxantina, cantaxantina, astaxantina, violaxantina, linoxantina, neoxantina y beta-caroteno (15); sin dejar de mencionar la sifonoxantina que según Yokohama (104) es una xantofila especial, característica de las algas verdes de aguas profundas que les permite capturar la luz dentro de un límite de 470 nm.

comestible) (47) y una proporción de fibra soluble del 8 al 15% (52).

Por otro lado, estudios toxicológicos revelan que aunque esta especie tiende a concentrar estroncio, el metal no alcanza niveles nocivos, lo que apoya el uso del alga en la alimentación de los animales domésticos (25).

1.3.6 Usos.

Trabajos cubanos (28, 29) en los que se empleó Ulva lactuca como alimento para pollos de engorda, mencionan que dicha alga fue muy bien aceptada por los animales y que éstos evidenciaron mayor robustez y fortaleza en sus patas como consecuencia de su consumo. Describen que Ulva reflejó mejores rendimientos en comparación al Sargassum o la Turbinaria, pudiendo ser administrada a razón de un 30% de la dieta como máximo nivel de inclusión, siendo el ideal, un 10% de la misma.

Asimismo, U. lactuca también ha sido mencionada como componente de la dieta humana en países como Inglaterra, China, Filipinas, Chile, Jamaica, Trinidad y Tobago, Antigua y Barbados, donde se consume cruda o cocida a manera de ensalada, sopa o té (16, 22).

Finalmente, se menciona la utilización de esta alga como biofiltro para amoníaco en estanques de explotación acuícola (18, 61) y se le atribuyen propiedades farmacológicas de diverso tipo (16, 44).

Es de destacar que para los géneros Sargassum y Ulva hay muy

poca información a nivel nacional en lo referente a su composición química y uso en alimentación animal; además, no existen estudios de rentabilidad para su explotación como alimento o fuentes de alginatos.

2. Pigmentos en Aves.

En la avicultura mexicana, un área de verdadera trascendencia es la pigmentación de los productos avícolas. Tomando en cuenta las características de confinamiento de este tipo de explotaciones, el suministro de fuentes de pigmento en el alimento resulta una práctica indispensable para el buen mercadeo de la carne y el huevo, no tanto por el valor nutritivo que ello le confiera, sino por la preferencia cultural que se presenta a nivel de consumidor.

En el caso del huevo, la coloración amarillo intensa y amarillo rojiza tienen mayor acogida, fenómeno que se observa en varios países latinoamericanos con preferencia por el "huevo de rancho" (Cuadro 1), pero donde el maíz, ingrediente rico en xantófilas se destina principalmente para consumo humano, lo que obliga el uso de granos más económicos que como el sorgo, son deficientes en pigmentos (21).

En la industria avícola nacional, el empleo de aditivos pigmentantes representa entre un 3 y 10% del costo del alimento (Carrillo, 1993), lo que implica un desembolso importante por este rubro e incentiva a la búsqueda e identificación de fuentes alternativas económicas e inocuas.

CUADRO 1. Preferencia de los consumidores por la pigmentación de la yema de huevo en algunos países Latinos, con base en los valores de la escala colorimétrica Roche.

Países	Intervalo	Valor deseado
Argentina	7 - 12	8
Brasil	8 - 15	11
Chile	10 - 12	11
México	9 - 12	11
Perú	7 - 12	9
Venezuela	7 - 11	8

Fuente: Modificado de Becerril (6).

Existe una gran variedad de pigmentos, entre los cuales se mencionan las antocianinas, las betalainas, las hemoglobinas, los citocromos, las clorofilas y los carotenoides, siendo éstos últimos los más importantes en la composición química de las algas y los de mayor utilidad en la avicultura (5).

Definidos como una familia de compuestos terpenoides ampliamente distribuidos en la naturaleza, los carotenoides se dividen en dos grandes grupos desde el punto de vista químico: Carotenos y Xantófilas, los primeros conformados únicamente por hidrógeno y carbono y los últimos provistos además de oxígeno (5, 53).

Se reportan más de 400 variedades de xantófilas, pero no todas poseen valor pigmentante. Entre las de mayor intensidad de

pigmentación, se mencionan la Luteína, la Zeaxantina y la Capxantina, variando en sus matices desde amarillo limón, hasta amarillo dorado, anaranjado y rojo.

Resulta importante aclarar que para poder ser utilizados como pigmento en la industria avícola, las xantófilas deben reunir determinadas características:

- Facilidad de absorción
- No metabolizables a vitamina A
- De rápido depósito en tejido graso
- Estabilidad
- Humedad máxima del 10%
- Buena textura y fineza
- Contenido máximo de antioxidante del 1% (medido como Etoxiquín)
- Libre de pigmentos indeseables (85).

Metabólicamente en la gallina no se requiere que las xantófilas se encuentren saponificadas, pues aparentemente son absorbidas por el intestino delgado en estado libre, transportadas por el suero sanguíneo y depositadas en el hígado. A partir de allí, los pigmentos se reincorporan a la circulación y son acarreados por lipoproteínas que además, se encargan de depositarlos en el órgano blanco, en éste caso, la yema del huevo (81).

Según la literatura (75, 91), una de las xantófilas naturales más utilizadas en gallinas de postura, es la luteína ya sea libre o en forma esterificada con ácidos grasos. Sin embargo,

hace falta mayor investigación sobre el comportamiento de otros pigmentos que les permita ser considerados como alternativa en este tipo de explotaciones.

Algunas de las fuentes naturales de xantófilas más utilizadas se ilustran en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Fuentes naturales de xantófilas.

Fuente de Xantófilas	mg/Kg
H. de flor de Cempasúchil	6000 - 10000
H. de chile (<i>Capsicum</i>)	5000 - 10000
Alga <i>Chlorella</i>	4000
H. de alfalfa (20%)*	400 - 550
H. de gluten de maíz (60%)*	330
Paprika española	274
Achiote	265
Maíz amarillo	20 - 25

* : Contenido en Proteína cruda.

Fuente: Patrick et.al. (72).

3. Minerales en aves.

Es ampliamente conocido el papel fundamental que los minerales desempeñan en el organismo animal. Entre las múltiples funciones que cumplen, vale la pena destacar su papel en la composición de tejidos estructurales, la composición y activación de sistemas enzimáticos y en el caso de la gallina, la composición del huevo, particularmente en su cascarón (21).

Son múltiples las razones por las cuales debe realizarse una suplementación mineral. La utilización de pocos ingredientes en la ración, la variación en el contenido de elementos inorgánicos en las materias primas, las pérdidas ocasionadas durante el procesamiento, la indisponibilidad de algunas fuentes minerales, el confinamiento, la selección genética y las condiciones de estrés, son algunos de los factores que hacen de la administración mineral complementaria una práctica imprescindible para la obtención de niveles productivos competitivos en la industria avícola (21).

En el caso particular de la gallina de postura cobran especial interés minerales que, como el calcio, fósforo y magnesio, influyen directamente en la formación y contextura del cascarón (Cuadro 3), factores de indiscutible trascendencia en las explotaciones destinadas a esta línea productiva considerando la incidencia tan alta de ruptura de huevos, desde el momento de la oviposición hasta la venta al consumidor (Cuadro 4) (21, 89).

CUADRO 3. COMPOSICION GENERAL DEL CASCARON EN EL HUEVO COMERCIAL.

Fracción	%
Cenizas	11.0
Carbonato de Calcio	98.0
Carbonato de Magnesio	1.0
Fosfato de Calcio	1.0
Materia orgánica	2.0

Fuente: Cuca et.al. (21)

CUADRO 4. Incidencia del rompimiento del huevo desde la oviposición hasta la venta al consumidor

	FUENTE A		FUENTE B		FUENTE C	
	Media %	Intervalo %	Media %	Intervalo %	Media %	Intervalo %
Oviposición			3.2	0.8 - 9.3	3.5	0 - 35
Colección mecánica			2.5	0 - 3.6		
Colección manual	2.2	1 - 4.2				
Lavado	1.8	0.5 - 4	1.5	0.5 - 2.6	2.7	0 - 11
Empacado	1.4		1.4	1.2 - 6.7	3.5	0 - 8
Transporte	1.1	0.6 - 3.1				
TOTAL	6.5	2.1 - 11.3	8.6	1.5 - 22.2	9.7	0 - 54

Fuente A, B, C : Valores tomados de Cuca et.al. (21).

Según la literatura (22, 44), las algas marinas poseen un alto contenido en cenizas, que se refleja en valores elevados de minerales. Trabajos realizados en México (12, 76) describen niveles de elementos inorgánicos de 43.30 y 26.01% en las algas Sargassum sinicola y Ulva fasciata respectivamente, con concentraciones importantes de minerales en su composición química; lo que justifica la utilización de dichos recursos en la alimentación de las aves con expectativas prometedoras.

Las fuentes convencionales que se han venido utilizando para la suplementación de calcio y fósforo son el carbonato de calcio y la concha de ostión para el primero, y la roca fosfórica, la harina de hueso y los fosfatos monocálcico y dicálcico para ambos. Los elementos traza como es sabido, se suministran en conjunto a manera de premezcla (21).

III. JUSTIFICACION.

Hoy en día, el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales y el establecimiento de alternativas no convencionales son temas prioritarios en las investigaciones enfocadas al mejoramiento y eficiencia zootécnica de los animales. Siendo los minerales y pigmentos principios indispensables para lograr comportamientos de producción y mercadeo deseables, se hace necesario profundizar sobre el aprovechamiento de fuentes alternas que los provean adecuadamente y que sin implicar mayores desembolsos económicos, representen una opción en el desarrollo productivo de las granjas avícolas. Las algas marinas, ingredientes ricos en elementos inorgánicos y carotenoides, son una opción natural de inmenso potencial que puede ser empleada en la avicultura principalmente en territorios de la República Mexicana, cuya ubicación permita un fácil acceso a la materia prima.

IV. OBJETIVOS.

Objetivo general.

Determinar la utilidad de las algas marinas Sargassum sinicola y Ulva lactuca como fuentes de minerales y pigmentos en gallinas de postura.

Objetivos particulares.

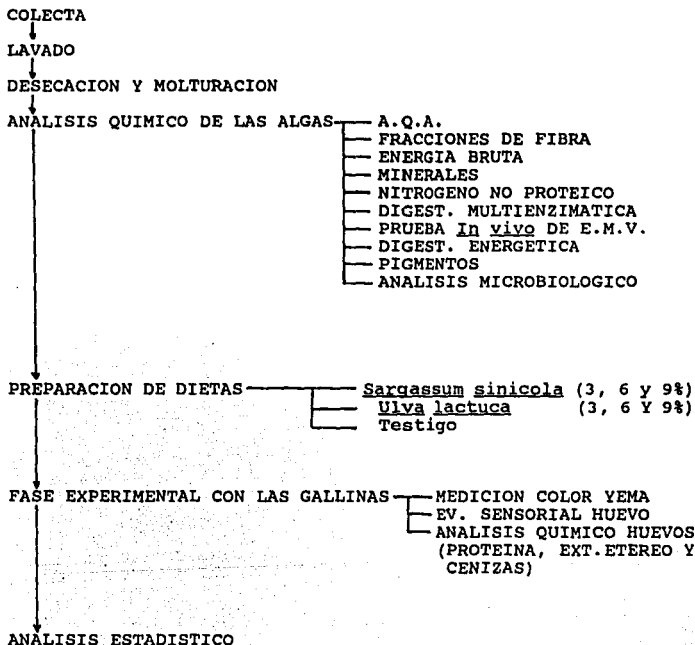
1. Caracterizar químicamente a las algas S. sinicola y U. lactuca.
2. Determinar la digestibilidad de S. sinicola y U. lactuca.
3. Analizar microbiológicamente a S. sinicola y U. lactuca.
4. Evaluar los parámetros productivos de gallinas de postura alimentadas con diferentes niveles de inclusión (3, 6 y 9%) de S. sinicola en la dieta.
5. Evaluar los parámetros productivos de gallinas de postura alimentadas con diferentes niveles de inclusión (3, 6 y 9%) de U. lactuca en la dieta.
6. Evaluar la calidad del cascarón y la pigmentación de la yema en huevos de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión del alga S. sinicola en la ración.
7. Evaluar la calidad del cascarón y la pigmentación de la yema en huevos de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión del alga U. lactuca en la ración.
8. Determinar si las características organolépticas del huevo se ven afectadas por la adición de S. sinicola ó U. lactuca en las raciones para aves.

V. HIPOTESIS.

1. La inclusión de Sargassum sinicola en la dieta de gallinas de postura mejora la calidad del cascarón.
2. La inclusión de Ulva lactuca en la dieta de gallinas de postura mejora la calidad del cascarón.
3. Conforme se eleve el porcentaje de inclusión del alga S. sinicola en la dieta de gallinas ponedoras, se incrementa el color en la yema del huevo.
4. Conforme se eleve el porcentaje de inclusión del alga U. lactuca en la dieta de gallinas ponedoras, se incrementa el color de la yema del huevo.
5. La adición del alga S. sinicola en la dieta de gallinas ponedoras en los niveles de inclusión de 3, 6 y 9%, no confiere al huevo características organolépticas indeseables para el consumidor.
6. La adición del alga U. lactuca en la dieta de gallinas ponedoras en los niveles de inclusión de 3, 6 y 9%, no confiere al huevo características organolépticas indeseables para el consumidor.

VI. MATERIAL Y METODOS.

METODO EMPLEADO PARA LA UTILIZACION DE LAS ALGAS
MARINAS Sargassum sinicola Y Ulva lactuca COMO FUENTES DE
MINERALES Y PIGMENTOS EN GALLINAS DE POSTURA.



El presente trabajo forma parte de la línea de investigación "Aprovechamiento de recursos marinos en la Alimentación animal", perteneciente al Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" (I.N.N.S.Z.).

6.1 Obtención y procesamiento de las algas.

La colecta de las algas fue realizada por personal del Centro de Investigaciones en Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (I.P.N.).

Sargassum sinicola se obtuvo en junio de 1993, en Punta de León, Bahía de La Paz, Baja California Sur (México) (Figura 3), fue lavada con agua de mar, secada al sol durante tres días y sometida a molturación con molino de martillos.

Ulva lactuca por su parte, se colectó en junio de 1990 en la Ensenada de La Paz, Baja California Sur (Figura 3), el lavado y desecación fueron similares y su molturación se llevó a cabo con molino de cuchillas.

Una vez procesadas, ambas algas se empaquetaron por separado en bolsas plásticas y se identificaron debidamente, para ser transportadas vía aérea al Departamento de Nutrición Animal del I.N.N.S.Z. en la Ciudad de México.

6.2 Análisis químico de las algas.

Se realizó un muestreo por cuarteo con el propósito de obtener material representativo para los análisis que se mencionan a

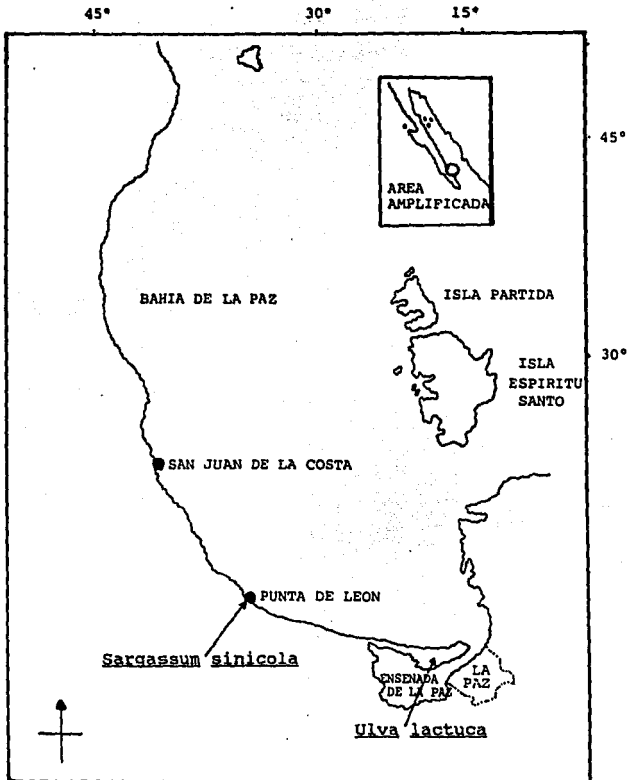


FIGURA 3. Zona de colecta de S. sinicola y U. lactuca.

Fuente: Hernández et.al (41).

continuación:

6.2.1 Análisis químico aproximado (A.Q.A.) (4):

Humedad, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y carbohidratos.

6.2.2 Fracciones de fibra (4):

Por medio de esta técnica, se determina fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), hemicelulosa, lignina, celulosa y sílice.

El método consiste en adicionar a la muestra soluciones detergentes de pH neutro y ácido, que por medio del calor, logran separar el contenido y la pared celular (FND), destruyendo la hemicelulosa de esta última para obtener la FAD. El residuo obtenido es sometido a oxidación con soluciones de permanganato de potasio, etanol y ácido oxálico para determinar la lignina. Finalmente, el material es doblemente incinerado para obtener los valores de celulosa y sílice, adicionando para este último, algunas gotas de ácido bromhídrico.

6.2.3 Energía Bruta (Bomba calorimétrica de Parr) (99).

6.2.4 Minerales (Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu y Zn por absorción atómica y P por colorimetría) (4):

El resultado de sodio obtenido por absorción atómica fue corregido, descontando la cantidad del mismo mineral presente en cada alga por efecto de adsorción. Este último valor se obtuvo centrifugando una solución acuosa de la muestra y determinando la cantidad de sal del sobrenadante por

diferencia. El valor de sodio se calculó teniendo en cuenta la concentración del mismo en la sal del agua de mar (10.760 g/Kg) (71).

6.2.5 Nitrógeno no protéico (99):

En esta técnica se precipita a la proteína con ácido tricloroacético al 20% y se filtra la solución con papel de poro fino. Al filtrado obtenido se le determina nitrógeno, cuantificándose así, la fracción no protéica de este elemento. Calculando la diferencia entre el nitrógeno total y el no protéico, se obtiene el porcentaje protéico de nitrógeno, que al multiplicarlo por el factor correspondiente (6.25), da como resultado la fracción de proteína verdadera (4).

6.2.6 Digestibilidad multienzimática (99):

Por medio de esta técnica se determina la digestibilidad de la proteína. El método consiste en incubar el ingrediente de prueba, en una suspensión acuosa a 37°C con una combinación de las enzimas peptidasa, tripsina y quimotripsina. El pH, inicialmente ajustado a 8, decrece rápidamente durante los primeros minutos de incubación, estabilizándose de manera gradual a los 10 minutos de la misma aproximadamente (33, 45). El drástico decremento en el pH de la solución se debe a la liberación del hidrógeno (H+) de los grupos carboxilo que fueron separados de la estructura protéica por efecto de la digestión multienzimática.

6.2.7 Prueba In vivo de Energía Metabolizable Verdadera y Digestibilidad energética (95):

Se realizó en el Campo Experimental "Valle de México" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (I.N.I.F.A.P.) de la S.A.R.H., en Chapingo, Estado de México.

Se utilizaron 12 gallos blancos Leghorn adultos (ocho experimentales y cuatro testigos) de cresta simple, con un peso promedio de 1.766 Kg. Las aves se alojaron en jaulas individuales de acero inoxidable identificadas al azar, colocando debajo de cada jaula una charola forrada con plástico previamente pesado y rotulado, cuya función fue la recepción de las excretas.

Antes de iniciar la prueba, los gallos ayunaron por 24 horas, después de lo cual, a cuatro de ellos se les administró por consumo forzado 30 g de harina de Sargassum sinicola y a otros cuatro, 30 g de harina de Ulva lactuca. Los cuatro gallos restantes fueron testigos y se mantuvieron en ayuno. Pasadas 48 horas se retiraron las charolas y se pusieron a secar las excretas de todos los animales a temperatura ambiental de 20-25°C durante 5 días. Posteriormente, se pesó cada uno de los plásticos, calculando por diferencia la cantidad de heces obtenidas en cada caso. Finalmente, las excretas de cada gallo y se molieron y homogeneizaron separadamente para determinarles energía bruta por Bomba calorimétrica Parr (99).

Para calcular la energía Metabolizable Verdadera de los ingredientes en estudio, es decir la fracción energética realmente aprovechable por el animal, se empleó la siguiente fórmula (94, 95):

$$EMV = (EBi \times X) - [(EBe \times Y) - (EBet \times Z)] / X$$

donde:

EMV = Energía metabolizable verdadera del ingrediente en estudio (Kcal/g).

EBi = Energía bruta del ingrediente en estudio (Kcal/g).

X = Cantidad del ingrediente administrado (30 g).

EBe = Energía bruta de las excretas del ave experimental (Kcal/g).

Y = Cantidad de heces excretadas por el ave experimental (g).

EBet = Energía bruta de las excretas del ave testigo (Kcal/g).

Z = Cantidad de heces excretadas por el ave testigo (g).

Asimismo, la digestibilidad energética de los ingredientes se calculó utilizando la siguiente fórmula (94, 95):

$$\%DE = (EMV / EBi) \times 100, \text{ donde:}$$

%DE = Digestibilidad energética del ingrediente en estudio.

EMV = Energía metabolizable verdadera del ingrediente en estudio (Kcal/g).

EBi = Energía bruta del ingrediente en estudio (Kcal/g).

6.2.8 Pigmentos:

Xantófilas totales (4), luteína y carotenos (placa fina); realizados por el Instituto de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Iberoamericana, y Pigmentos Vegetales del Centro S.A. de C.V.

6.2.9 Análisis microbiológico (19):

Bacterias mesófilas aerobias, hongos, levaduras, coliformes totales, coliformes fecales y Salmonella spp. El análisis fue realizado por el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos del I.N.N.S.Z.

6.3 Fase experimental.

Se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.A.) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se trabajó con 252 gallinas Leghorn de 28 semanas de postura, distribuidas conforme a un diseño completamente al azar bajo un arreglo factorial 2 x 3 contra testigo (96), donde un factor fue el tipo de alga (S. sinicola y U. lactuca) y el otro, los niveles de inclusión de cada una de ellas (3, 6 y 9%). Dichos tratamientos fueron asignados aleatoriamente por triplicado a grupos de 12 aves cada uno:

- Tratamiento 1: 3% de Sargassum sinicola
- Tratamiento 2: 6% de Sargassum sinicola
- Tratamiento 3: 9% de Sargassum sinicola

- Tratamiento 4: 3% de Ulva lactuca
- Tratamiento 5: 6% de Ulva lactuca
- Tratamiento 6: 9% de Ulva lactuca
- Tratamiento testigo: Dieta testigo a base de sorgo-soya, con fuentes convencionales de calcio, fósforo, sodio y pigmento.

Las algas se incluyeron en las dietas experimentales sustituyendo parcialmente al sorgo, pasta de soya, carbonato de calcio, ortofosfato y a la sal; el resto de ingredientes, incluyendo la premezcla mineral de elementos traza, fueron constantes en todos los casos, a excepción del aceite, cuya inclusión aumentó conforme disminuía el nivel de sorgo en cada ración (Cuadro 5).

Las dietas fueron isoenergéticas e isoprotéicas y se formularon cubriendo por cálculo los requerimientos para gallinas ponedoras señalados por el National Research Council (N.R.C.) de 1994 (64). La proteína cruda y el calcio aportados en cada ración fueron determinados por análisis químicos (4).

Las aves se alojaron en grupos de tres gallinas por jaula durante las cinco semanas que duró el experimento, suministrando agua y alimento a libre acceso.

6.3.1 Evaluación de parámetros productivos.

Se midió porcentaje de postura, consumo de alimento y conversión alimenticia a la mitad del experimento (2a semana y media) y al final del mismo (5a semana).

CUADRO 5. Composición de las dietas

Ingredientes (%)	Dietas						
	S. sinicola	S. sinicola	S. sinicola	U. lactuca	U. lactuca	U. lactuca	Testigo
	3%	6%	9%	3%	6%	9%	
Sargassum sinicola (6.57% P.C.)	3	6	9				
Ulva lactuca (8.55% P.C.)				3	6	9	
Sorgo (8.8% P.C.)	55.9	52.99	50	55.95	53.21	50.53	58.5
Soya (44% P.C.)	25.88	26.02	26.14	25.71	25.71	25.65	25.8
Pigmento (1)							0.10
Antioxidante	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Aceite vegetal	3.3	3.77	4.24	3.28	3.73	4.18	2.83
Premezcla mineral (2)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Ca CO ₃ (36% Ca)	9.69	9.11	8.53	9.69	9.11	8.53	10.27
Ortofosfato (21% P)	1.44	1.42	1.40	1.44	1.42	1.40	1.46
Sal	0.10			0.24	0.13	0.02	0.35
DL Metionina (99%)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
Colina (50%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla vitamínica	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Promotor (Nitrovin)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fungistático	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Total	100	100	100	100	100	100	100
Aporte :							
Proteína cruda (%)	16.36 ± 0.35	16.81 ± 0.17	17.29 ± 0.26	17.98 ± 0.27	17.82 ± 0.26	17.84 ± 0.16	17.59 ± 0.12
Calcio (g/100g)	3.09 ± 0.35	2.65 ± 0.33	2.91 ± 0.40	3.24 ± 0.51	3.60 ± 0.24	3.69 ± 0.21	3.52 ± 0.45
E.M. (Kcal/g) *	2763.92	2769.72	2772.44	2753.35	2753.18	2753.66	2749.27
* Aporte calculado (x ± de) según las necesidades nutricias del N.R.C. (64).							
1. Avelut amarillo : 15 g/Kg de xantófilas hidrolizadas de flor de Cempasuchil.							
2. Fe 110g, Zn 50g, Mn 110g, Cu 12g, I 0.3g, Se 0.1g y Co 0.2g por kilogramo de premezcla.							

6.3.2 Evaluación de la calidad del huevo (80).

Incluyó la medición del peso y tamaño del huevo, la altura de la albúmina y las Unidades Haugh.

- Peso total: se determinó diariamente por cada réplica.
- Tamaño del huevo (altura x diámetro): se midió con la ayuda de un Vernier, en una muestra de nueve huevos tomados al azar por tratamiento (tres por réplica), a los 18 y 35 días del experimento.
- Altura de la albúmina y Unidades Haugh: fueron determinadas al final de la prueba en tres huevos tomados al azar por tratamiento (uno por réplica), con la ayuda de un sistema computarizado de medición, propiedad de Productos Roche S.A. de C.V.

Se cree que por medio de la altura de la albúmina, más que de la yema, se puede apreciar la calidad del huevo una vez abierto (80).

Se definen las Unidades Haugh como la altura de la albúmina, expresada logarítmicamente y corregida con el peso del huevo. Es la forma más utilizada en la actualidad para medir la calidad interna del huevo (63, 80, 100).

6.3.3 Evaluación de la calidad del cascarón (80).

Se midió el peso y la densidad del cascarón utilizando las mismas muestras y el mismo equipo de medición que el empleado para altura de albúmina y Unidades Haugh. El grosor del cascarón se determinó por medio de un micrómetro electrónico.

6.3.4 Medición del color.

A la mitad y al final del experimento, se midió la pigmentación de la yema en nueve huevos por tratamiento (tres de cada réplica) con el abanico colorimétrico de Roche 1989 y un colorímetro de reflectancia Minolta CR-200; las lecturas se realizaron sobre fondo blanco y con luz artificial del mismo color.

El sistema de detección utilizado por el colorímetro de reflectancia fue el CIE-Lab., que mide la luminosidad (L^*), y el color, suministrando para éste último, niveles de enrojecimiento (a^*) y amarillamiento (b^*) que se indican en dos ejes (Figura 4) donde, a^* es el eje de los rojos y verdes y b^* es el de los amarillos y azules. Los números positivos en a^* corresponden al color rojo y los negativos al verde; asimismo, los números positivos de b^* son los amarillos y los negativos los azules (6, 32, 48).

6.3.5 Evaluación sensorial.

Se utilizó una prueba Hedónica (102) que duró 2 días, y se llevó a cabo en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del I.N.N.S.Z., en cubículos individuales bajo luz blanca y roja, para evaluación de color y sabor de huevo respectivamente. Participaron 50 jueces no entrenados (ambos sexos), consumidores habituales de huevo a quienes se les presentó con su respectivo cuestionario (Anexos 1, 2, 3 y 4) el siguiente material:

CIE 1976 L*a*b* COLOR SPACE

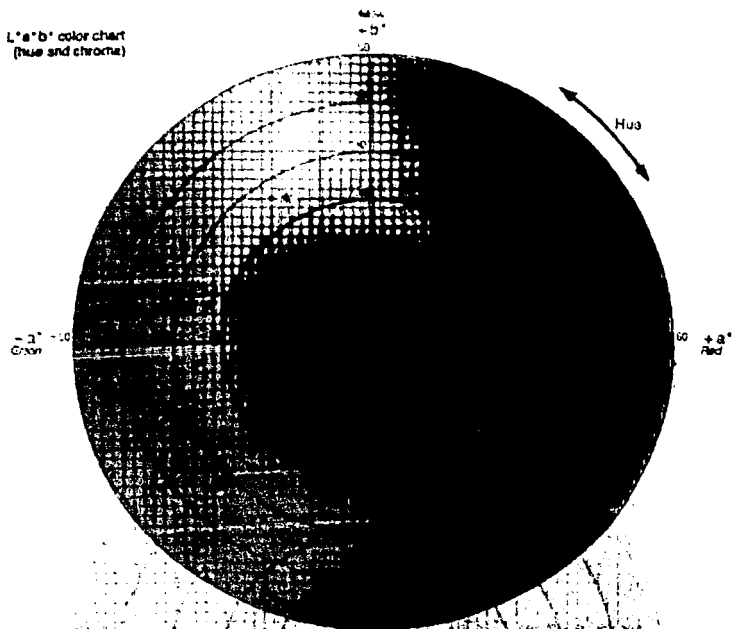


FIGURA 4. Carta de colores del Sistema CIE-Lab.
Fuente: Carrillo, 1993: (9)

Día 1 (Huevos de gallinas alimentadas con diferentes niveles de Sargassum sinicola):

- Un plato con cuatro diferentes muestras de huevo preparado, acompañadas de pan blanco y agua, que se debía consumir antes de probar cada muestra. Los números aleatorios asignados para cada tratamiento (0, 3, 6 y 9%) fueron 054, 068, 960 y 693 respectivamente. Los panelistas indicaron el grado en que les agradaba cada muestra, escogiendo la categoría apropiada entre las diferentes opciones que iban desde "Gusta mucho", pasando por "Ni gusta ni disgusta", hasta "Disgusta mucho" (Anexo 1).

- Una charola con cuatro yemas, una por tratamiento (0, 3, 6 y 9%) etiquetadas con los números aleatorios 653, 259, 532 y 356 respectivamente. El juez debía en primera instancia, asignarle a cada yema el valor del abanico Roche que más le correspondiera y posteriormente debía ordenar las muestras de uno a cuatro según su preferencia (Anexo 2).

Día 2 (Huevos de gallinas alimentadas con diferentes niveles de Ulva lactuca):

Se siguió la misma metodología que en el día uno, pero cambiando los números aleatorios de identificación. En este caso, los valores asignados a cada tratamiento (0, 3, 6 y 9%) fueron:

- 304, 319, 377 y 312 para la evaluación del sabor (Anexo 3) y
- 913, 535, 339 y 803 para la evaluación del color (Anexo 4).

En cada prueba sensorial se asignaron valores aleatorios diferentes a fin de que los jueces no asociaran los números de una prueba con la siguiente.

6.4 Análisis químico aproximado del huevo.

Para este propósito se tomaron nueve huevos al azar por cada tratamiento (tres de cada réplica), liofilizando los contenidos (yema y clara mezcladas) para facilitar el manejo de las muestras, y moliendo los cascarones para realizar las siguientes determinaciones (4):

- Contenido: Humedad, cenizas, proteína cruda, extracto etéreo y minerales (Ca, P, Mg, Na, K, Fe, Cu y Zn).
- Cascarón : Minerales (Ca, P, Mg, Na, K, Fe, Cu y Zn).

Generalmente, para la determinación de minerales se efectúa una digestión del material a estudiar tal como está; sin embargo, al determinar minerales en el cascarón, se tuvo que incinerar la muestra antes de efectuar la digestión para evitar la reacción violenta de los carbonatos del cascarón con el ácido nítrico adicionado, lo que provocaba pérdida de muestra y error en la determinación.

6.5 Análisis estadístico.

Se empleó un diseño completamente al azar bajo un arreglo factorial 2×3 , donde un factor fueron las algas en estudio, y el otro los niveles de inclusión de cada una de ellas.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + E_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Variable de respuesta debida a la i -ésima alga, al j -ésimo nivel de inclusión y a la k -ésima repetición.

U = Media poblacional.

A_i = Efecto de la especie de alga incluida.

B_j = Efecto del nivel de inclusión del alga en la dieta.

$(A \times B)_{ij}$ = Interacción alga por nivel de inclusión, de la i -ésima alga y el j -ésimo nivel de inclusión.

E_{ijk} = Error experimental, asociado a la unidad experimental ijk .

Todos los datos, a excepción de los obtenidos en la preferencia del color de yema (Evaluación sensorial), se sometieron a un Análisis de Varianza (ANDEVA) conforme al diseño empleado, comparando al factorial contra el testigo. Las diferencias entre niveles o cuando hubo interacción algas x niveles de inclusión, se manejaron con pruebas de Tukey (66, 96).

Los datos de preferencia de color en yema se compararon por separado (tratamientos con *S. sinicola* y *U. lactuca*) contra el testigo, por la prueba no paramétrica de Friedman, donde al sumar los puntajes obtenidos en cada tratamiento se calcularon las diferencias entre ellos, comparándolas con un valor de tablas (102). En todos los análisis se utilizó una confianza del 95%.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION.

7.1 Composición química de las algas S. sinicola y U. lactuca.

7.1.1 Caracterización química general.

En el Cuadro 6, puede apreciarse que en ambas especies las principales fracciones fueron cenizas y carbohidratos. Esto, aunque es algo típico en las algas marinas, resulta interesante. El alto contenido en cenizas se debe a la capacidad de dichas plantas de captar y almacenar elementos inorgánicos del medio marino (16, 22, 44), más adelante se mencionará qué tipo de minerales son los que más acumulan las algas consideradas en el presente estudio. La cantidad de cenizas de S. sinicola es similar a la descrita por Carrillo (12) y Manzano (57) (37.25 y 43.30% respectivamente). En cuanto a U. lactuca, el valor está dentro del intervalo citado por diferentes autores (14, 16, 74, 76) para algas verdes (15.6-53.2%). Otro dato interesante que se puede apreciar en éste cuadro es que el contenido de cenizas de U. lactuca fue superior al de S. sinicola, posiblemente debido a la elevada concentración de sílice en el alga verde (30.15%).

En cuanto a los carbohidratos, es importante mencionar que en esta fracción se consideran componentes solubles e insolubles. En las algas pardas, los carbohidratos insolubles están constituidos principalmente por alginatos, que pueden representar hasta un 36% del peso seco en S. sinicola (40).

CUADRO 6. Composición química general ($\bar{x} \pm de$) de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca*

Fracción	<i>S. sinicola</i>	<i>U. lactuca</i>	Algas pardas *	Algas verdes *
Humedad (%)	7.40 \pm 0.24	5.69 \pm 0.18		
Proteína cruda (%)	6.57 \pm 0.25	8.55 \pm 0.22	5.3 - 12.7	10.3 - 29.2
Extracto etéreo (%)	1.05 \pm 0.27	2.65 \pm 0.29	0.6 - 4.7	0.05 - 1.8
Cenizas (%)	38.35 \pm 0.24	57.46 \pm 0.22	2.8 - 43.3	15.6 - 51.1
Carbohidratos (%)	46.63	25.65	44.5 - 65.3	34.5 - 62.5
Xantofilas totales (ppm)	14.47	15.43	68.7 - 70.4	**
Proteína verdadera	5.64	7.35	**	**
E.B. (Kcal/g)	2.52 \pm 0.22	2.52 \pm 0.24	2.11 - 2.15	1.64
E.M.V. (Kcal/g)	1.19 \pm 0.19	1.42 \pm 0.13	**	**
Digest. protéica	82.43 \pm 0.38	82.25 \pm 0.28	72.3 - 90.8	72.8 - 85.8

* Fuentes : Carrillo et.al. (11, 12); Castro et.al. (14); Chapman y Chapman (16); Hoppe et.al. (44); Pérez (74); Piña et.al. (76) y Rodríguez y Hernández (83).

** : No se encontraron datos.

La celulosa y otros polisacáridos complejos como el ácido algínico y la fucosa también son importantes, y pueden ocupar hasta un 10% de la planta en base seca (22, 57). Los carbohidratos solubles están conformados basicamente por Laminarina, glucano unido por enlaces Beta 1-3 y provisto de cadenas laterales unidas por enlaces Beta 1-6 (22).

Por otra parte, en las algas verdes la mayoría de los carbohidratos insolubles son celulosa; mientras que la fracción soluble está constituida por almidón principalmente (22).

Existe un intervalo amplio en los contenidos de carbohidratos de Phaeophytas y Chlorophytas (44.5-65.3% y 34.5-62.5%) (12, 14, 16, 74), dentro del cual caen los resultados encontrados en S. sinicola y V. lactuca.

Respecto al valor protéico de las algas, se puede decir que éste resultó relativamente bajo en ambas especies, siendo menor al de la avena (13.3%) pero muy similar al del sorgo (8.0%) (64); estos resultados concuerdan con lo dicho por Jensen (49), quien menciona que las algas pardas son especies de pobre valor protéico, mismo que según Chapman (16), oscila entre 5.3% en Laminaria y 12.7% en Macrocystis. Las algas verdes por su parte, poseen mayor cantidad de proteína, de hecho, se mencionan valores que fluctúan entre un 10.3% y un 29.2% para los géneros Ulva y Enteromorpha respectivamente (14, 74, 83); sin embargo, los contenidos de proteína verdadera fueron buenos, considerando que representaron el 85.9% de la proteína total, lo que se acerca a lo descrito por Hoppe (44), donde

afirma que aproximadamente el 70% del contenido de nitrógeno de las algas lo constituyen las proteínas. Asimismo, la digestibilidad protéica también resultó buena, pues de acuerdo a los análisis, el 82% es disponible para el animal.

Con respecto al extracto etéreo, a pesar de que fue un poco mayor en V. lactuca, ambos valores resultaron bajos, lo que concuerda con las observaciones de Hoppe (44), Leuring (55) y Manzano (57) respecto a que, en forma general los niveles de lípidos en las algas son bajos. Estos resultados también coincidieron con los descritos en la literatura para S. sinicola (1.02%) (12, 57) V. lactuca y V. fasciata (0.25 y 1.80%) (74, 76).

Del total de energía contenida en S. sinicola y V. lactuca sólo un 47.3% y un 56.2% de éstas respectivamente, fueron aprovechadas por las aves para diversas funciones metabólicas, probablemente debido al alto contenido de fibra en estas algas. Las concentraciones de Energía metabolizable verdadera (E.M.V.) fueron similares a los descritos para pasta de cártamo (1.16-1.49 Kcal/g) y salvado de trigo (1300 Kcal/g), pero estuvieron por debajo de otros alimentos como la pasta de soya (2.23-2.40 Kcal/g) y la pasta de ajonjolí (2.21-2.51 Kcal/g) (21); de manera que, ninguna de las algas evaluadas representó una fuente eficaz de energía para aves, debido a su alto contenido en carbohidratos complejos y material inorgánico, así como, por su baja concentración de grasas.

7.1.2 Fracciones de fibra.

Esta determinación permite cuantificar el contenido y la pared (FND) celular de la planta, así como, las fracciones que conforman ésta última: celulosa, lignina, sílice (FAD) y hemicelulosa (99).

En el Cuadro 7 puede observarse que en Sargassum sinicola el valor de fibra ácido detergente (FAD) fue insólitamente superior al de fibra neutro detergente (FND), considerando que ésta última contiene a la primera (99). Este resultado puede obedecer a lo siguiente:

Las Phaeophytas ó algas pardas se caracterizan por su elevado contenido de polisacáridos complejos mejor conocidos como gomas en su pared celular (67); dentro de estas gomas, la predominante en el género Sargassum es el ácido algínico (2) que según la literatura, es un polímero estructural configurado linealmente por unidades monoméricas de ácido Beta-D-manurónico y Alfa-L-gulurónico, unidas por enlaces 1-4 (40, 42, 73); composición que le confiere elevadas características de insolubilidad y estabilidad a la hidrólisis (2). Finalmente, dichas características pueden llegar a ser afectadas por la exposición a soluciones cuyo pH oscile entre 4 y 10, pero permanecen intactas bajo el contacto con solventes de mayor acidez, ya que éstos inducen mayor viscosidad y eventual precipitación del ácido algínico (34). De acuerdo a ésto, se deduce que las paredes celulares de S. sinicola no pudieron ser hidrolizadas por la solución FAD, permaneciendo en su interior

CUADRO 7. Composición de la fibra ($x \pm de$) en Sargassum
sinicola y Ulva lactuca

Fracción (%)	<u>S. sinicola</u>	<u>U. lactuca</u>
F.N.D.		
Pared celular	22.65 \pm 0.30	51.40 \pm 0.82
Contenido celular	77.35	48.60
F.A.D.	34.92 \pm 0.38	41.26 \pm 0.92
Hemicelulosa		10.13 \pm 0.90
Lignina	17.47 \pm 0.21	3.73 \pm 0.18
Celulosa	14.84 \pm 0.36	7.28 \pm 0.20
Silice	2.59 \pm 0.26	30.15 \pm 0.92

F.N.D. = Fibra neutro detergente

F.A.D. = Fibra ácido detergente

el contenido celular de la muestra, situación que no aconteció al adicionar la solución FND. Al permanecer atrapado el contenido celular, éste se sumó al resultado de fibra detergente ácida, lo que elevó anormalmente su valor, y en consecuencia, impidió la separación de la hemicelulosa, incrementando automáticamente las cifras de celulosa y lignina. Por otro lado, en Ulva lactuca la fracción predominante fue el sílice (30.15%), que resultó claramente superior al observado en Sargassum (2.59%), lo que explica el mayor contenido de cenizas (Cuadro 6) y el menor contenido celular del alga verde en comparación a la parda. La otra fracción mayoritaria en Ulva fue la hemicelulosa, permaneciendo como constituyentes minoritarios la celulosa y la lignina, comportamiento similar al observado por Pérez en 1992 (74). Estos resultados no concuerdan con lo mencionado por Dawes (22) respecto a que la gran mayoría de algas verdes tienen una pared celular constituida predominantemente por celulosa. Por lo tanto, de acuerdo con lo mencionado por Kim (50), se puede decir que la fibra y sus constituyentes en las algas, están sujetos a cambios de acuerdo a la época del año y las condiciones medioambientales imperantes (50).

7.1.3 Composición mineral.

En la determinación de los minerales se observaron mayores concentraciones de Ca, P, Mg, Na, K, Cu y Zn en S. sinicola.

El Fe fue igual en ambas algas, tal como se expresa en el Cuadro 8. La mayor concentración de los minerales mencionados en S. sinicola puede deberse que los alginatos (sales de ácido alginico) requieren de una gran cantidad de cationes para su formación, especialmente Ca^{++} , Mg^{++} y Na^{++} (40, 42). Por el contrario, en los géneros de algas verdes entre los cuales se cuenta Ulva, no existe la formación de éste tipo de polisacáridos, lo que eleva la proporción de elementos nitrogenados totales y aniones tales como los silicatos (44). Además, es de destacar el alto contenido de Fe en ambas algas (Espinaca: 4.4 mg/porción comestible) (47), condición que confirma lo estipulado por Chapman (16) respecto a la riqueza de Ulva lactuca en cuanto a este mineral.

Con respecto a lo mencionado por otros autores (12, 14, 57) para la especie S. sinicola, las concentraciones de Ca, K y Fe fueron similares; las de P, Mg, y Cu resultaron menores y los de Na y Zn mayores.

En Ulva lactuca por su parte, los resultados de Mg, K y Fe fueron iguales a los mencionados por Piña et.al. (76) para la especie U. fasciata, en tanto que los de P y N resultaron menores y el de Ca mayor en comparación al mismo estudio. Asimismo, el valor de Ca fue superior y el de P inferior a los encontrados por Pérez (74) en la especie U. lactuca.

Esta variación en la cantidad de elementos en ambas algas confirma la observación de Hoppe (44) respecto a que el contenido mineral en éstas plantas depende de la estación

CUADRO 8. Composición mineral ($\bar{x} \pm de$) de Sargassum sinicola
y Ulva lactuca (g/100g)

Mineral	<u>S. sinicola</u>	<u>U. lactuca</u>	Algas pardas **	Algas verdes **
Calcio	3.21 \pm 0.54	2.59 \pm 0.37	1.2 - 12	0.2 - 6.7
Fósforo	0.011 \pm 0.00	0.0064 \pm 0.00	0.1 - 5.5	0.03 - 0.5
Magnesio	0.90 \pm 0.09	0.82 \pm 0.36	0.7 - 12.1	0.3 - 0.8
Sodio *	20.07 \pm 0.45	17.79 \pm 0.11	3.1 - 3.8	***
Potasio	5.77 \pm 0.06	0.15 \pm 0.10	2.5 - 10.6	0.1 - 0.8
Hierro (ppm)	3600 \pm 0.33	3600 \pm 0.32	300 \pm 0.1	500 \pm 0.4
Cobre (ppm)	1.0 0 \pm 0.00	0.67 \pm 0.00	3.00 \pm 0.002	***
Zinc (ppm)	1600 \pm 0.11	700 \pm 0.01	60 \pm 0.008	***

* Valor corregido con el de sodio por adsorción.

** Fuentes : Castro et.al. (14); Chapman y Chapman (16); Manzano y Rosales (57) y Piña et.al. (76).

*** No se encontraron datos.

del año, y principalmente de la concentración de los mismos en el agua de mar, tanto así, que las algas por ésta capacidad, podrían ser utilizadas como indicadores de contaminación.

Resulta importante aclarar que la cantidad de sodio determinada en las algas, fue corregida descontando la concentración de dicho elemento que se encontraba adherida a cada alga en su porción externa. Estos resultados de "Na por adsorción" fueron de 0.0929 g/100g (*S. sinicola*) y 0.0529 g/100 g (*U. lactuca*), valores muy bajos en ambos casos, considerando que representaron un 0.46% y un 0.30% del sodio total; lo que indica que la concentración de éste mineral es intrínseca de las algas en más del 99%. Estas cifras son válidas únicamente para el presente trabajo, ya que dependen por completo del tipo de manejo y procesamiento de que haya sido objeto el material en estudio.

7.1.4 Composición de pigmentos.

Por razones de costo, no fue posible cuantificar cada pigmento identificado en las algas, por lo que hubo que hacerlo cualitativamente.

La concentración de xantófilas totales fue semejante entre ambas algas (Cuadro 6), sin embargo, hubo grandes diferencias en su composición. Cualitativamente, en placa se observó en *S. sinicola* una notable predominancia de carotenos, una mínima cantidad de luteína y la presencia de dos pigmentos amarillos y uno azul verdoso no identificados.

El contenido de xantófilas totales de S. sinicola no concuerda con el mencionado por Carrillo (12) para la misma especie (68.75-70.43 ppm); sin embargo, la composición de estos pigmentos coincide con lo estipulado por Chapman y Dawes (15, 22) respecto a que las Phaeophytas contienen gran cantidad de Alfa y Beta carotenos, e involucran ciertos pigmentos atípicos como la violaxantina, flavoxantina y fucoxantina.

En U. lactuca, se evidenció predominancia de luteína, una mínima cantidad de carotenos y presencia de pigmentos epoxicarotenoides; estos resultados también coinciden con la literatura (15, 23, 104), donde se menciona que las Chlorophytas contienen una elevada concentración del pigmento amarillo luteína, que predomina por completo sobre otros como la zeaxantina (pigmento naranja), la cantaxantina y la astaxantina (pigmentos rojos).

Vale la pena mencionar que ambas algas evidenciaron una concentración de xantófilas totales similar a la descrita para el maíz amarillo (2.3-40 ppm) (6), pero inferior a la observada en otros ingredientes como la harina de alfalfa (400-550 ppm) y el alga Chlorella (4000 ppm) (72).

7.1.5 Análisis microbiológico.

A partir del análisis microbiológico se obtuvieron resultados que aunque no pueden ser comparados con normas nacionales de tolerancia por su inexistencia, emiten información interesante sobre el tipo y grado de contaminación de las algas empleadas para el presente estudio (Cuadro 9).

CUADRO 9. Análisis microbiológico de Sargassum sinicola
y Ulva lactuca

Microorganismos	<u>S. sinicola</u>	<u>U. lactuca</u>
Bact. Mesóf. Aerobias (ufc/g)	5 600	1 700 000
Hongos (ufc/g)	menos de 10 (0 en dil 0.1)	40
Levaduras (ufc/g)	menos de 10 (0 en dil 0.1)	menos de 10 (0 en dil 0.1)
Coliformes Totales (nmp/g)	Negativo	9.1
Coliformes Fecales (nmp/g)	Negativo	menos de 3
Salmonella sp. en 25 g	Negativo	Negativo

ufc = Unidades formadoras de colonias.

nmp = Número más próximo.

Ante todo, es importante enfatizar sobre la ausencia completa de Salmonella sp. en las dos algas, considerando el poder patógeno y zoonótico que ésta bacteria involucra. Asimismo, la ausencia de coliformes en S. sinicola, sugiere un menor grado de contaminación en esta alga, donde también se encontraron niveles inferiores de bacterias mesófilas aerobias y hongos, en comparación a U. lactuca. Indudablemente, este hecho se encuentra íntimamente ligado a la naturaleza del área en la que fueron recolectadas las algas, ya que, mientras S. sinicola fue obtenida en Punta de León, zona de playas vírgenes (Figura 3), U. lactuca fue colectada en la Ensenada de La Paz, conocida zona hotelera y puerto de embarcaciones (Figura 3).

7.2 Fase experimental.

7.2.1 Composición de las dietas.

Aunque el aporte de nutrimentos en las dietas fue calculado con base en las necesidades para gallinas en producción y de acuerdo a la composición de cada uno de los ingredientes (64), se creyó conveniente determinar los contenidos de proteína cruda y calcio para tener una idea sobre la homogeneidad de estos nutrimentos en las raciones.

Tal como lo ilustra el Cuadro 5, en la proteína hubo una diferencia de 1.62 puntos porcentuales entre el valor máximo y el mínimo determinados, pero éste último (16.36%) fue prácticamente igual a la necesidad de dicho nutrimento,

estipulada para ponedoras (16.5%) (64). Asimismo, la diferencia entre los niveles extremos de calcio fue de 1.04 puntos porcentuales; aunque los valores fueron levemente inferiores al requerimiento establecido (3.8%) la uniformidad entre ellos resultó ser aceptable (64). El déficit determinado pudo obedecer a la pérdida del mineral en la mezcladora, debida a la fina contextura de su presentación (CaCO_3), a un error de muestreo o a la manipulación.

7.2.2 Parámetros productivos.

Como puede observarse en el Cuadro 10, los valores obtenidos para porcentaje de postura, consumo de alimento y conversión alimenticia fueron excelentes y no evidenciaron diferencias significativas ($P > 0.05$) por alga y por concentración; esto indica que S. sinicola y U. lactuca pueden ser incluidas en raciones de gallinas en producción hasta en un 9%. De hecho, los valores de conversión alimenticia fueron muy buenos, considerando que un valor de 2.0 es el ideal (93); esto concuerda con los resultados obtenidos por Díaz Piferrier y Ochoa (28, 65), donde se encontró que el nivel óptimo de Uva en las raciones para aves es de 10% aproximadamente.

CUADRO 10. Efecto de la inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en dietas para ponedoras, sobre los parámetros productivos

Alga	% POSTURA				
	Niveles de Inclusión (%)			Media	Testigo
	3	6	9		
<u>Sargassum sinicola</u>	90.87	88.43	90.00	89.10 a	86.59 a
<u>Ulva lactuca</u>	85.87	84.28	86.19	85.45 a	
Media	88.37 a	85.36 a	88.09 a		
CONSUMO DE ALIMENTO (g)					
<u>Sargassum sinicola</u>	106.52	104.99	108.41	106.64 a	103.43 a
<u>Ulva lactuca</u>	102.30	102.52	101.05	101.96 a	
Media	104.41 a	103.75 a	104.73 a		
CONVERSION ALIMENTICIA					
<u>Sargassum sinicola</u>	1.88	1.94	1.93	1.92 a	1.93 a
<u>Ulva lactuca</u>	1.93	2.00	1.85	1.93 a	
Media	1.91 a	1.97 a	1.89 a		

a. Por cada parámetro, literales iguales indican similitud estadística ($P > 0.05$).

7.2.3 Calidad del huevo.

En el Cuadro 11 se observa que de las cuatro variables medidas para evaluar la calidad del huevo, dos de ellas (tamaño y peso) no se vieron afectadas por la inclusión de S. sinicola o U. lactuca hasta en un 9% de la ración. El peso del huevo además, coincidió perfectamente con el valor estipulado por el manual de la estirpe Dekalb Delta (27) y correspondió al segundo mejor tamaño de huevo comercial, según la Norma Oficial Mexicana para productos avícolas de 1991 (90).

En altura de albúmina se encontró que las concentraciones al 6 y 9% de cada alga, fueron superiores al 3% pero iguales al testigo, dicho comportamiento fue confirmado al evaluar este mismo parámetro con las Unidades Haugh (U.H.) (Figura 5) método más exacto donde la altura de la albúmina se toma en función logarítmica y se corrige con el peso del huevo (20, 63, 80, 100); para esta variable se detectó una diferencia significativa entre los grupos S. sinicola 3% y S. sinicola 9% siendo este último mayor ($P < 0.05$). Esto constituye información de gran relevancia teniendo en cuenta que la altura de la albúmina está considerada como uno de los principales criterios de evaluación en la calidad interna del huevo (100); ya que la altura está dada por una mayor viscosidad de la albúmina, lo que es común en un huevo fresco de buena calidad. Sin embargo, factores como la edad del ave, deficiencias nutricias o prolongado almacenamiento disminuyen la viscosidad por disociación del complejo ovomucina-lisozima, ocasionada por

CUADRO 11. Efecto de la inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en dietas para ponedoras, sobre la calidad del huevo

Alga	TAMAÑO DEL HUEVO *			Media	Testigo
	Niveles de inclusión (%)				
	3	6	9		
<u>Sargassum sinicola</u>	5.01	5.07	5.04	5.04 a	4.97 a
<u>Ulva lactuca</u>	5.04	5.01	5.01	5.02 a	
Media	5.02 a	5.04 a	5.02 a		
PESO DEL HUEVO (g)					
<u>Sargassum sinicola</u>	61.45	63.11	63.04	62.54 a	61.01 a
<u>Ulva lactuca</u>	62.91	62.39	62.12	62.47 a	
Media	62.18 a	62.75 a	62.58 a		
ALTURA DE LA ALBUMINA (mm)					
<u>Sargassum sinicola</u>	4.73	6.53	7.67	6.31 a	5.40 ab
<u>Ulva lactuca</u>	5.53	6.30	5.57	5.80 a	
Media	5.13 b	6.42 a	6.62 a		
UNIDADES HAUGH (UH)					
<u>Sargassum sinicola</u>	63.33 b	79.00 ab	86.67 a	78.33	71.00 ab
<u>Ulva lactuca</u>	71.00 ab	76.00 ab	70.67 ab	72.55	
Media	67.17	77.50	78.67		

*: El valor corresponde a la raíz cuadrada del producto entre altura y diámetro.
a,b. Por cada variable, literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

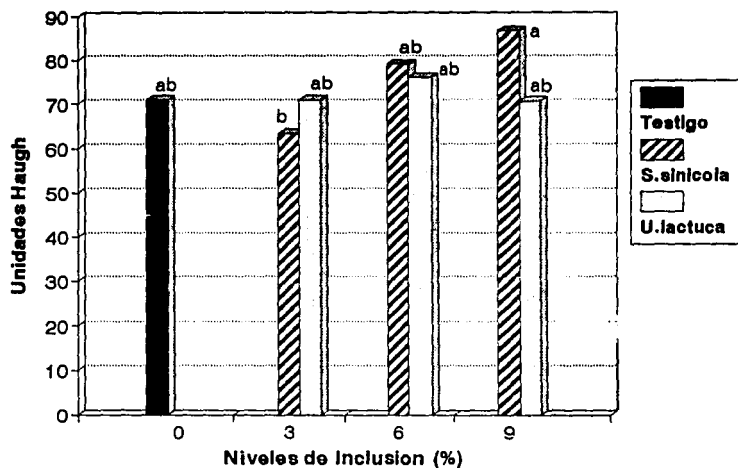


FIGURA 5. Efecto de la inclusion de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en dietas para ponedoras, sobre las Unidades Haugh.

^{a,b} Literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

la liberación de CO₂ y aumento del pH en huevo (63, 80).

En todos los casos, los datos resultaron superiores al valor mínimo deseable para el huevo comercial estimado por Coutts (60 U.H.) (20). De acuerdo al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y con base en las Unidades Haugh determinadas, todos los huevos evaluados obtuvieron clasificación A, excepto los pertenecientes a los tratamientos S. sinicola 6% y S. sinicola 9% que alcanzaron la mayor denominación: Doble A (AA) (80). Es posible que el alto contenido de gomas e hidrocoloides de S. sinicola, haya contribuido a aumentar la capacidad de conservar la viscosidad de la albúmina.

7.2.4 Calidad del cascarón.

Como se observa en el Cuadro 12, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en el peso, grosor y densidad del cascarón entre algas y niveles de inclusión. En vista de que la mayoría de valores de referencia se encuentran en función al grosor del cascarón, la mayor parte de los comentarios serán dirigidos a éste; sin embargo, todo lo aseverado para grosor podrá ser extrapolado a peso y densidad del cascarón, pues según la literatura (100), existe una elevada correlación positiva entre los parámetros mencionados cuando dichas pruebas se llevan a cabo sobre el mismo huevo.

Los valores de grosor obtenidos, fueron levemente inferiores a la cifra considerada como deseable para esta característica (325 micrones) (100), situación que puede obedecer al elevado peso del huevo en ésta línea. Un aspecto interesante lo

CUADRO 12. Efecto de la inclusión de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en las dietas para ponedoras, sobre la calidad del cascarón

PESO DEL CASCARON (g)					
Alga	Niveles de Inclusión (%)			Media	Testigo
	3	6	9		
<i>Sargassum sinicola</i>	7.47	7.77	8.10	7.78 a	8.09 a
<i>Ulva lactuca</i>	7.80	8.60	8.30	8.23 a	
Media	7.63 a	8.18 a	8.20 a		
GROSOR DEL CASCARON (Micrones)					
<i>Sargassum sinicola</i>	302.67	311.33	323.00	312.33 a	293.00 a
<i>Ulva lactuca</i>	316.33	322.00	289.66	309.33 a	
Media	309.50 a	316.67 a	306.33 a		
DENSIDAD DEL CASCARON (mg/cm ²)					
<i>Sargassum sinicola</i>	100.30	104.03	111.33	105.22 a	112.33 a
<i>Ulva lactuca</i>	103.67	113.00	108.70	108.45 a	
Media	101.98 a	108.52 a	110.02 a		

a. Por cada variable, literales iguales indican similitud estadística ($P > 0.05$)

constituye la aparente tendencia al incremento en el grosor del cascarón conforme aumentó el nivel de inclusión de Sargassum, comportamiento que también pudo ser comprobado en el peso y la densidad de dicho constituyente del huevo. Aunque éstos valores no evidencian diferencias estadísticas ($P > 0.05$), sí coincidieron lo mencionado por Carrillo et.al. (12) en relación a que el valor de Sargassum sinicola puede ser visto en su contenido de minerales principalmente. por lo que su aprovechamiento debe estar enfocado a este aspecto.

7.2.5 Coloración de la yema.

En el Cuadro 13 se aprecian los valores de coloración de la yema en los diversos tratamientos, medidos por un colorímetro de reflectancia y el abanico Roche.

A partir del primer método, se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los resultados de luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*) y amarillamiento (b^*). En primera instancia, se observó un valor de L^* estadísticamente superior en los tratamientos de Sargassum sinicola con respecto a los de Ulva lactuca, aunque ninguno de éstos grupos manifestó diferencias con el testigo. Esto puede obedecer al menor grado de pigmentación en los huevos de las gallinas alimentadas con S. sinicola; dicha palidez en las yemas ocasiona más brillo y por consiguiente, mayor valor de luminosidad. En esta variable no hubo diferencias entre los niveles de inclusión de las algas

CUADRO 13. Efecto de la inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en las dietas para ponedoras, sobre el color de la yema evaluado con colorímetro de reflectancia (L*, a*, b*) y abanico Roche.

Alga	LUMINOSIDAD (L*)			Media	Testigo
	Niveles de inclusión %				
	3	6	9		
<u>Sargassum sinicola</u>	70.80	70.39	70.96	70.72 a	68.95 ab
<u>Ulva lactuca</u>	68.62	68.11	68.45	68.39 b	
Media	69.71 a	69.25 a	69.70 a		
ENROJECIMIENTO (a*)					
<u>Sargassum sinicola</u>	-6.47 b	-6.54 b	-6.36 b	-6.45	-5.07 a
<u>Ulva lactuca</u>	-6.93 b	-6.59 b	-5.41 a	-6.31	
Media	-6.70	-6.57	-5.88		
AMARILLAMIENTO (b*)					
<u>Sargassum sinicola</u>	25.96 e	27.16 de	31.16 d	28.09	40.77 bc
<u>Ulva lactuca</u>	36.97 c	45.84 ab	49.12 a	43.98	
Media	31.46	36.50	40.14		
ABANICO ROCHE					
<u>Sargassum sinicola</u>	1.89 d	2.11 d	2.22 d	2.07	5.33 b
<u>Ulva lactuca</u>	4.11 c	5.11 b	6.78 a	5.33	
Media	3.00	3.61	4.50		

a, b, c, d, e. Por cada variable, literales distintas indican diferencias estadísticas (P<0.05).

en general, que además resultaron similares al tratamiento testigo.

Los valores de enrojecimiento fueron negativos en todos los casos (eje de los verdes) (Figura 4) y aunque hubo superioridad significativa en el grupo U. lactuca 9% con respecto a los demás tratamientos experimentales, se puede decir que ninguno de ellos evidenció la presencia de pigmentos rojos, por lo que las algas estudiadas no deben ser consideradas como fuentes de éstos.

Finalmente, los resultados de amarillamiento experimentaron mayores diferencias entre sí. Se observó (Figura 6) un aumento lineal de b^* conforme se incrementaba el porcentaje de inclusión de las algas; notándose que el grupo U. lactuca 9% fue estadísticamente superior ($P < 0.05$) a los tratamientos con S. sinicola y el testigo. Con el abanico Roche, también se detectó superioridad significativa de U. lactuca 9% con respecto a los demás tratamientos y el testigo (Figura 7).

Estos resultados obedecen a la elevada concentración de luteína en U. lactuca, pues según la literatura (5), este pigmento al ser incluido en la dieta, es uno de los que poseen mayor afinidad por la yema del huevo (8.21 $\mu\text{g/g}$); comportamiento que no se observa con el Beta caroteno, uno de los principales pigmentos de S. sinicola, cuya afinidad por la yema apenas le permite ser depositado en trazas. Dicho comportamiento también coincide con un trabajo de Schaeffer (91), donde 28 días

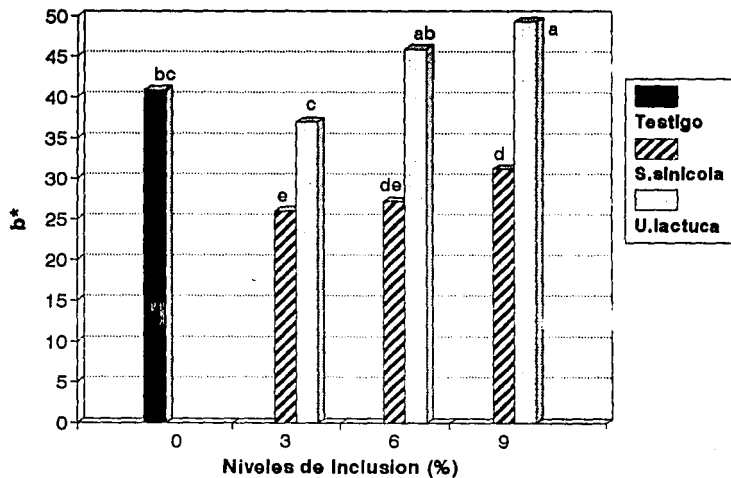


FIGURA 6. Efecto de la inclusion de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en dietas para ponedoras, sobre el amarillamiento (b^*) de la yema (colorimetro de reflectancia).

a, b, c, d, e Literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

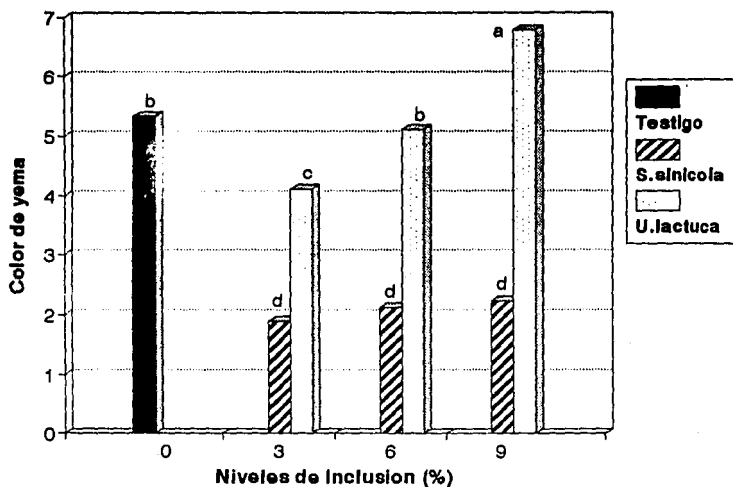


FIGURA 7. Efecto de la inclusión de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en dietas para ponedoras, sobre el color de la yema (abanico Roche).

a,b,c,d Literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

después de haber administrado carotenos y luteína en las raciones para gallinas ponedoras, se encontraron concentraciones de 0.06 y 10.74 ug/g de estos pigmentos en la yema, lo que confirma la mayor afinidad de la luteína por ésta.

7.2.6 Evaluación sensorial.

7.2.6.1 Medición del color de la yema (Abanico Roche).

El aspecto de mayor relevancia lo constituyó una vez más la notable superioridad del tratamiento U. lactuca 9% sobre los 6 restantes ($P < 0.05$); ésto indica que con el respaldo de 50 criterios más, la dieta con 9% de Ulva lactuca resultó ser la que indujo mayor pigmentación en la yema de huevo (Cuadro 14). También se evidenció tendencia al aumento en el color, conforme se incrementó el nivel de inclusión de las algas en la ración.

7.2.6.2 Preferencia por el color de la yema.

Mediante este análisis se observó (Figura 8) que conforme aumenta el nivel de pigmentación en la yema, se incrementa el grado de aceptación de la misma por parte del consumidor (Cuadro 15); aunque éstos resultados no pueden ser generalizados a nivel nacional, constituyen un elemento válido para confirmar lo descrito en la literatura, con respecto al mayor agrado de la gente por el huevo intensamente pigmentado en México, Latinoamérica y el mundo (6, 21, 31, 39, 53, 72, 75, 84, 91, 98).

En el caso de S. sinicola se observó que el tratamiento con 9% tuvo mayor aceptación que el de 3%, pero menos que el testigo

CUADRO 14. Efecto de la inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en las dietas para ponedoras, sobre el color de la yema (abanico Roche) y la evaluación sensorial del huevo

COLOR DE LA YEMA					
Alga	Niveles de Inclusión (%)			Media	Testigo
	3	6	9		
<u>Sargassum sinicola</u>	1.92 d	2.28 d	3.62 c	2.61	5.16 b
<u>Ulva lactuca</u>	3.08 c	5.08 b	6.42 a	4.86	
Media	2.50	3.68	5.02		
SABOR DEL HUEVO					
<u>Sargassum sinicola</u>	2.64	2.46	2.52	2.54 a	2.73 a
<u>Ulva lactuca</u>	2.82	2.42	2.68	2.64 a	
Media	2.73 a	2.44 a	2.60 a		

a, b, c, d. Por cada variable, literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

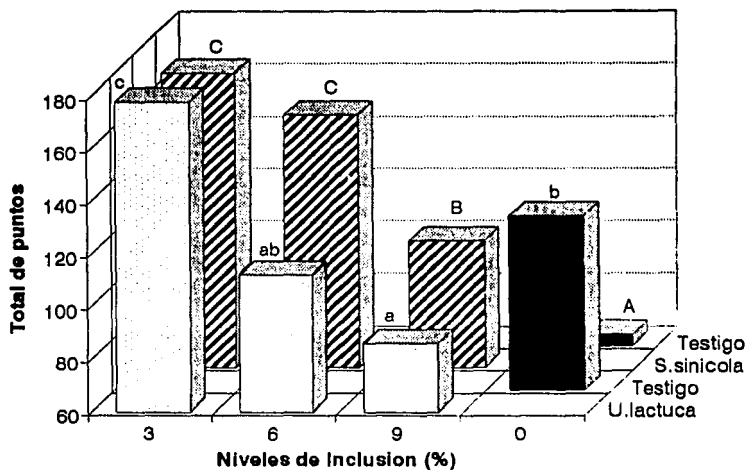


FIGURA 8. Efecto de la inclusion de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en dietas para ponedoras, sobre la preferencia por el color de la yema.

A,B,C, a,b,c

Literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

CUADRO 15. Efecto de la inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en las dietas para ponedoras, sobre la preferencia por el color de la yema.

Alga	Niveles de Inclusión (%)			Testigo
	3	6	9	
<u>Sargassum sinicola</u>	172 c	156 c	108 b	64 a
<u>Ulva lactuca</u>	178 c	112 ab	86 a	126 b

a, b, c. Por cada alga, literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

($P < 0.05$), lo que indica que ésta alga, por lo menos hasta un 9% de inclusión en la dieta de gallinas ponedoras no transmite al huevo la pigmentación requerida por el consumidor.

En el caso de Ulva por el contrario, el panorama fue muy diferente. Aquí, el tratamiento U. lactuca 9% agradó más que el testigo, y éste a su vez, igual que el U. lactuca 6% ($P > 0.05$), lo que indica que la inclusión de Ulva lactuca desde un 6% en la dieta, confiere al huevo características de pigmentación deseables para el consumidor, mismas que aumentan al incrementar la cantidad del alga por lo menos hasta un 9%, que fue el nivel de mayor preferencia.

7.2.6.3 Preferencia por el sabor del huevo preparado.

Los valores obtenidos en ésta evaluación no evidenciaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre los siete tratamientos, ya sea por alga o por nivel de inclusión (Cuadro 14). Además no se acompañaron de comentarios relacionados con la detección de sabores ajenos al normal, como el de pescado, tan común en la mayoría de productos marinos (9). Dichos resultados demuestran que el sabor característico del huevo no se ve afectado por la inclusión de S. sinicola ó U. lactuca en las dietas de gallinas en producción hasta en un 9%, lo que aprueba su utilización en las mismas.

7.3 Composición química aproximada del huevo liofilizado.

Antes de entrar en materia, vale la pena mencionar que dentro de la revisión de trabajos relacionados con el papel de las

algas en la nutrición de las aves (10, 37, 46, 49, 56, 65, 101), no se señalan datos sobre la composición química aproximada de la carne y/o el huevo, pues todos ellos basaron sus conclusiones en la medición y análisis de parámetros productivos.

En el presente estudio, los valores presentados en el Cuadro 16 se dan considerando un contenido de humedad de 1.11 ± 0.49 en las muestras de huevo deshidratadas.

En cuanto al contenido de proteína, fue interesante observar, como se aprecia en la Figura 9, que casi todos los tratamientos experimentales resultaron significativamente superiores al testigo, excepto S. sinicola 3% y U. lactuca 6% que fueron iguales a él ($P < 0.05$); sin embargo, todos los valores estuvieron dentro del intervalo descrito en la literatura para contenido proteínico en huevo deshidratado (45.8-53.8%) (17, 47, 80, 88, 100).

Aunque no se conocen trabajos que hayan evaluado la concentración proteínica del huevo de gallinas alimentadas con algas, los resultados obtenidos en la presente investigación sugieren la existencia de un factor mejorador de este nutrimento del huevo en dichas plantas, hipótesis que debe ser comprobada en estudios subsecuentes.

Por el contrario, en la fracción que incluye grasas, pigmentos, vitaminas liposolubles y otros compuestos solubles en éter, el hallazgo más importante lo constituyó el hecho de que la mayoría de los resultados experimentales demostraron tendencia

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO 16. Efecto de la inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en las dietas para ponedoras, sobre la composición química aproximada del huevo liofilizado.

PROTEINA CRUDA (%)					
Alga	Niveles de inclusión (%)			Media	Testigo
	3	6	9		
<u>Sargassum sinicola</u>	48.20 d	50.09 a	49.26 b	49.18	48.86 cd
<u>Ulva lactuca</u>	50.07 a	49.02 bc	49.50 b	49.53	
Media	49.14	49.56	49.38		
EXTRACTO ETereo (%)					
<u>Sargassum sinicola</u>	36.37 a	33.30 c	35.23 b	34.97	35.48 b
<u>Ulva lactuca</u>	32.98 c	33.43 c	34.98 b	33.80	
Media	34.68	33.37	35.10		
CENIZAS					
<u>Sargassum sinicola</u>	3.65	3.65	3.73	3.66 a	3.66 a
<u>Ulva lactuca</u>	3.64	3.57	3.55	3.69 a	
Media	3.64 a	3.61 a	3.64 a		

a, b, c, d. Por cada variable, literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

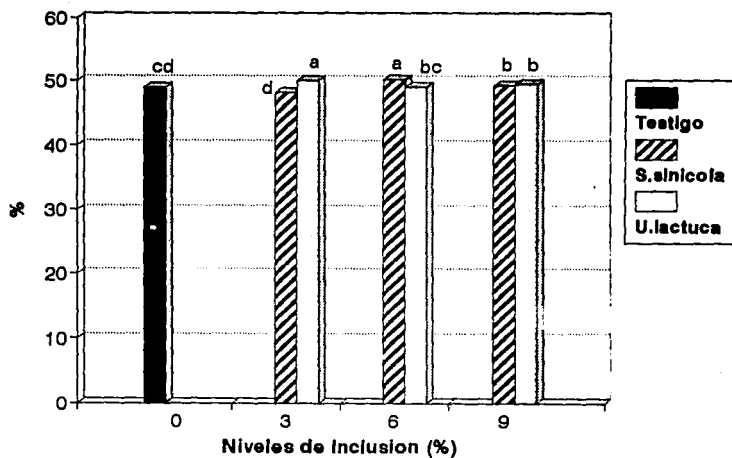


FIGURA 9. Efecto de la inclusion de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en dietas para ponedoras, sobre la proteina del huevo liofilizado.

a, b, c, d Literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

(Figura 10) a ser inferiores al testigo, situación que podría estar evidenciando la supuesta propiedad de las algas marinas para reducir los niveles de lípidos (3, 44, 58, 62); de hecho, algunas investigaciones mencionan ciertos efectos depresores de la absorción y deposición tisular de grasas en humanos (3, 44, 58) y ratas (62) alimentados con estas plantas. También vale la pena mencionar que todos los valores fueron menores a los mencionados en la literatura como intervalo de extracto etéreo en huevo (40-53%) (47, 88), lo que confirma que algunos componentes grasos de éste pueden variar de acuerdo a factores ambientales, genéticos y nutricionales (54, 100).

Finalmente, los resultados de cenizas fueron estadísticamente iguales entre todos los tratamientos ($P > 0.05$) y además, se apegaron a los valores descritos en la literatura (3.5-4.2%) (88) para el contenido de elementos inorgánicos en el huevo. A partir del análisis de minerales, únicamente se obtuvieron diferencias significativas en fósforo y cobre, tal como se aprecia en los Cuadros 17 y 18 respectivamente; en el resto de minerales no se detectaron diferencias por alga ó por nivel de inclusión. En el caso del P, se observó un valor estadísticamente superior ($P < 0.05$) en los tratamientos de S. sinicola y el testigo, con respecto a los de U. lactuca, lo que puede obedecer a la mayor concentración de P en Sargassum (Cuadro 8). Sin embargo, todos los resultados fueron menores a los citados por otros autores (0.78-0.92%) (89, 100), lo que contradice la versión de Sauveur (88), respecto a que los

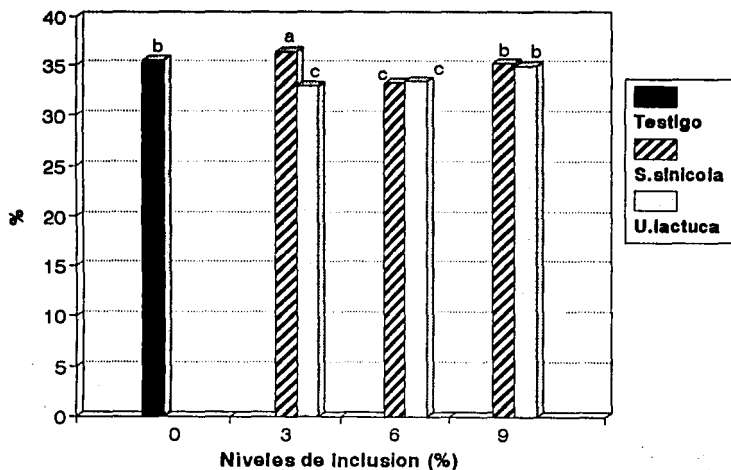


FIGURA 10. Efecto de la inclusion de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en dietas para ponedoras, sobre el extracto etereo del huevo liofilizado.

a, b, c Literales distintas indican diferencias estadisticas ($P < 0.05$).

CUADRO 17. Efecto de la inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en dietas para ponedoras, sobre la composición mineral del huevo liofilizado (macroelementos) (g/100g)

CALCIO					
Alga	Niveles de Inclusión (%)			Media	Testigo
	3	6	9		
<u>Sargassum sinicola</u>	0.3433	0.4000	0.3433	0.3622 a	0.3600 a
<u>Ulva lactuca</u>	0.3400	0.4367	0.3800	0.3656 a	
Media	0.3417 a	0.4183 a	0.3617 a		
FOSFORO					
<u>Sargassum sinicola</u>	0.0333	0.0327	0.0323	0.0326 a	0.0326 a
<u>Ulva lactuca</u>	0.0313	0.0320	0.0313	0.0316 b	
Media	0.0323 b	0.0323 b	0.0318 b		
MAGNESIO					
<u>Sargassum sinicola</u>	0.0016	0.0016	0.0016	0.0016 a	0.0016 a
<u>Ulva lactuca</u>	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015 a	
Media	0.0016 a	0.0016 a	0.0015 a		
SODIO					
<u>Sargassum sinicola</u>	1.096	0.818	1.142	1.018 a	1.087 a
<u>Ulva lactuca</u>	0.944	0.597	1.175	0.905 a	
Media	1.020 a	0.708 a	1.159 a		
POTASIO					
<u>Sargassum sinicola</u>	0.580	0.600	0.610	0.600 a	0.610 a
<u>Ulva lactuca</u>	0.600	0.590	0.600	0.600 a	
Media	0.590 a	0.600 a	0.600 a		

a, b. Por cada mineral, literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

CUADRO 18. Efecto de la inclusión de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en las dietas para ponedoras, sobre la composición mineral del huevo liofilizado (microminerales) (ppm).

HIERRO					
Alga	Niveles de Inclusión (%)			Media	Testigo
	3	6	9		
<i>Sargassum sinicola</i>	10,37	6,10	5,20	7,22 a	7,73 a
<i>Ulva lactuca</i>	5,87	21,60	21,90	16,39 a	
Media	8,02 a	13,85 a	13,55 a		
COBRE					
<i>Sargassum sinicola</i>	0,67	0,34	0,45	0,48 b	0,56 b
<i>Ulva lactuca</i>	0,87	0,45	0,45	0,52 b	
Media	0,67 a	0,39 b	0,45 b		
ZINC					
<i>Sargassum sinicola</i>	133,67	69,33	66,67	89,89 a	125,33 a
<i>Ulva lactuca</i>	73,00	339,33	376,33	262,69 a	
Media	103,33 a	204,33 a	221,50 a		

a, b. Por cada mineral, literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0,05$).

macroelementos son nutrimentos con poca variación en el huevo. Dicha decremento en la concentración de P, puede obedecer a la elevada deposición de Ca en el contenido del huevo comparada con el valor mencionado en la literatura (0.2 g/100g) (88, 89, 100), misma que también pudo ocasionar una baja concentración de Mg en dicha porción. Aunque no se conoce con certeza esta interacción a nivel del huevo, sí se sabe que los niveles elevados de Ca, disminuyen por competencia los lugares de absorción y deposición del P y Mg (59).

En el cobre por su parte, hubo superioridad estadística en los tratamientos de S. sinicola y U. lactuca al 3% con respecto a los demás niveles de inclusión y el testigo, ($P > 0.05$). Aunque dicha diferencia no sugiere algún comportamiento en particular, sí confirma la variación en la cantidad de microelementos del huevo (88), misma que se refleja en la disminución de los valores obtenidos, a comparación de los mencionados en la literatura (0.63-1.2%) (89, 100). Otro aspecto interesante es que en los tratamientos donde se encontró mayor concentración de Cu (S. sinicola y U. lactuca al 3%), también se observó menor concentración de Fe y Zn; aunque estos últimos valores no fueron estadísticamente inferiores, sí coinciden con lo estipulado por Puls (79) respecto a que una elevada cantidad de Cu reduce los niveles de Fe y Zn en hígado, comportamiento que posiblemente afecte de manera directa la composición del huevo, reflejando en éste, un comportamiento similar.

La variación en los microelementos del huevo mencionada en la literatura, también justifica la diferencia entre los resultados de Fe y Zn obtenidos en el presente estudio y los observados por otros autores (Cuadro 19).

CUADRO 19. Composición mineral del huevo deshidratado según varios autores.

MINERAL	A	B	C
Ca (g/100g)	0.22	0.20	0.20
P (g/100g)	0.92	0.88	0.78
Mg (g/100g)	0.04	0.04	0.03
Na (g/100g)	0.55	0.48	0.41
K (g/100g)	0.56	0.56	0.55
Fe (ppm)	85	92	78
Cu (ppm)	--	12	63
Zn (ppm)	--	56	48

Fuentes : A:Sauveur (88); B:Scott et.al. (89); C:U.A.A. (100).

7.4 Composición química del cascarón.

Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los siguientes minerales:

- Calcio : En el Cuadro 20 se observa que no se incrementó el nivel, con la inclusión de cada alga en la dieta, y aparentemente se redujo la concentración de Ca en el cascarón. Aunque estadísticamente se detectaron diferencias en los tratamientos con S. sinicola 3% y testigo que fueron iguales, los resultados sugieren una buena disponibilidad del

Ca presente en las algas. Cabe mencionar que todos los valores caen dentro de la cifra promedio considerada como normal (37.3%) (88); además las mediciones de grosor y densidad de cascarón fueron similares entre tratamientos. En futuros estudios sería conveniente aumentar el número de análisis para obtener una mayor precisión en el contenido de Ca y P que a continuación se discute.

- Fósforo : Los tratamientos U. lactuca 6% y U. lactuca 9% fueron similares entre sí, y claramente superiores a S. sinicola 6% y S. sinicola 9%; observándose además, un aumento de P en el cascarón conforme se incrementó el nivel de Ulva en la dieta. Dicho fenómeno fue opuesto al observado con S. sinicola; lo que podría obedecer a una mayor facilidad de absorción del mineral en la primera alga. Aunque los valores de P obtenidos resultaron inferiores a los descritos en la literatura (0.12-0.35%) (79, 88), ésto no indujo las consecuencias mencionadas por De Blas (24) respecto a que los bajos niveles de éste mineral incrementan la formación de cristales de calcita en el útero, mejorando la calidad del cascarón por mayor depósito de Ca. Probablemente, ésta situación se debió al bajo número de muestras analizadas, como se mencionó anteriormente.

- Potasio : La concentración de K evidenció un comportamiento errático y las diferencias estadísticas establecidas no

reflejaron tendencia alguna que pudiera suponer una influencia de los tratamientos en la concentración del mineral y la calidad del cascarón, más aún si se tiene en cuenta que el K, junto con el Fe, Na, Cu y Zn, están considerados como elementos traza en esta porción del huevo por lo que no participan directamente en su consistencia (24).

- Hierro : El tratamiento U. lactuca 9% fue estadísticamente el más elevado en hierro (Cuadro 21), lo que concuerda con lo estipulado por Chapman (16) respecto a que U. lactuca es especialmente apreciada por su alto contenido en éste mineral.

Finalmente vale la pena recalcar que el Mg, tercer mineral en importancia para el cascarón, después del Ca y el P, no presentó diferencias entre tratamientos y evidenció valores similares a los mencionados en la literatura (0.35 g/100g) (24, 88), por lo que la inclusión de las algas no afectó su concentración en esta porción del huevo.

En conclusión, la composición mineral del huevo y el cascarón sugiere haber sido influenciada por la inclusión de las algas en la dieta, principalmente en los elementos Ca, P, Cu y Fe. Sin embargo, vale la pena aclarar que dicha influencia, en lo que corresponde a cascarón, no se vió reflejada en la calidad del mismo, tal como se discute en el punto 7.2.4.

CUADRO 20. Efecto de la inclusión de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en las dietas para ponedoras, sobre la composición mineral del cascarrón (macroelementos) (g/100g).

CALCIO					
Alga	Niveles de Inclusión (%)			Media	Testigo
	3	6	9		
<i>Sargassum sinicola</i>	49.503 a	32.120 b	34.387 b	38.670	46.123 a
<i>Ulva lactuca</i>	32.583 b	33.187 b	36.190 b	33.987	
Media	41.043	32.653	35.288		
FOSFORO					
<i>Sargassum sinicola</i>	0.0073 ab	0.0057 b	0.0055 b	0.0061	0.0066 ab
<i>Ulva lactuca</i>	0.0067 ab	0.0078 a	0.0081 a	0.0075	
Media	0.0070	0.0068	0.0068		
MAGNESIO					
<i>Sargassum sinicola</i>	0.2200	0.2000	0.2067	0.2089 a	0.2033 a
<i>Ulva lactuca</i>	0.2367	0.1967	0.1900	0.2078 a	
Media	0.2283 a	0.1983 a	0.1983 a		
SODIO					
<i>Sargassum sinicola</i>	0.070	0.051	0.053	0.058 a	0.078 a
<i>Ulva lactuca</i>	0.054	0.074	0.072	0.066 a	
Media	0.062 a	0.062 a	0.063 a		
POTASIO					
<i>Sargassum sinicola</i>	0.053	0.042	0.048	0.048 bc	0.057 a
<i>Ulva lactuca</i>	0.055	0.044	0.055	0.051 ab	
Media	0.054 ab	0.043 c	0.051 ab		

a, b, c. Por cada mineral, literales distintas indican diferencias estadísticas (P<0.05).

CUADRO 21. Efecto de la inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca en las dietas para ponedoras, sobre la calidad del cascarón (microelementos) (ppm).

HIERRO					
Alga	Niveles de Inclusión (%)			Media	Testigo
	3	6	9		
<u>Sargassum sinicola</u>	3933,33 b	3933,33 b	3266,67 b	3711,00	6466,67 b
<u>Ulva lactuca</u>	3400,00 b	4433,33 b	10766,67 a	6200,00	
Media	3667,00	4183,00	7017,00		
COBRE					
<u>Sargassum sinicola</u>	0,89	0,89	0,79	0,86 a	0,79 a
<u>Ulva lactuca</u>	0,89	0,89	0,79	0,86 a	
Media	0,89 a	0,89 a	0,79 a		
ZINC					
<u>Sargassum sinicola</u>	1,40	6,50	1,63	3,18 a	6,30 a
<u>Ulva lactuca</u>	1,67	2,97	2,30	2,31 a	
Media	1,63 a	4,73 a	1,97 a		

a, b. Por cada mineral, literales distintas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Trabajos relacionados con el aprovechamiento de algas marinas como fuentes de minerales en aves (28, 49), no revelan cifras de composición mineral en huevo y cascarón, aspecto que debe ser investigado en futuros trabajos, pero sí coinciden en considerar que representan una buena alternativa con base en el comportamiento productivo de los animales. Todo lo anterior coincide con lo estipulado por Chapman (16) y Stephenson (97) respecto a que, por encontrarse bajo una forma orgánica, los minerales de las algas marinas son altamente disponibles para los organismos vivos.

VII. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir lo siguiente:

8.1 Las algas marinas Sargassum sinicola y Ulva lactuca presentan un alto potencial en la alimentación avícola, ya que pueden ser incluidas hasta en un 9% en raciones para gallinas de postura, sin ocasionar efectos detrimentales en los parámetros productivos ni en la calidad interna y externa del huevo.

8.2 La inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca hasta un 9% en las raciones para ponedoras, constituyen fuentes eficientes de minerales (Ca, P y Na).

8.3 La incorporación de Ulva lactuca en niveles de 6 y 9% a raciones para gallinas ponedoras, produjo buena pigmentación amarilla en la yema (hasta en un 20.5%, por colorímetro de reflectancia).

8.4 La inclusión de Sargassum sinicola y Ulva lactuca al 6 y 9% en las raciones, mejoró la calidad de la albúmina en el huevo (hasta en un 22%), y aumentó el contenido de proteína en el mismo (hasta en un 2.5%).

8.5 La incorporación de Sargassum sinicola y Ulva lactuca hasta un 9% en la dieta para gallinas en producción, indujo un efecto reductor del extracto etéreo en el huevo (hasta en un 7%).

8.6 En cuanto a la preferencia por el color de la yema, el tratamiento de Ulva lactuca al 9% fue el mejor (en un 30% sobre el que le siguió).

8.7 Las características organolépticas del huevo (sabor) no se vieron afectadas por la adición de las algas Sargassum sinicola y Ulva lactuca, hasta en un 9% de la dieta para gallinas ponedoras.

IX. RECOMENDACIONES

9.1 Aunque Sargassum sinicola y Ulva lactuca son buenas fuentes de minerales, se recomienda realizar más estudios que permitan conocer mejor la biodisponibilidad de dichos elementos para el organismo animal e incluso probar con niveles superiores al 9%.

9.2 Los resultados del presente trabajo sugieren la presencia de un factor mejorador de la albúmina en Sargassum sinicola y Ulva lactuca, por lo que se recomienda ampliar las investigaciones que lo permitan identificar esclareciendo su mecanismo de acción.

9.3 Se sugieren más estudios para comprobar el posible efecto reductor de las algas sobre los lípidos del huevo, determinando sus bases fisiológicas.

9.4 Para conocer el verdadero comportamiento en el mercado del huevo producido con la inclusión de las algas marinas en las raciones para ponedoras, es necesario efectuar la prueba de evaluación sensorial en un grupo representativo de la población consumidora.

9.5 Se recomiendan más estudios para apoyar una mayor utilización de las algas marinas en la nutrición humana y animal, principalmente en territorios de México cuya ubicación permita un fácil acceso a éste recurso.

9.6 Antes de dar el paso hacia la industrialización de Sargassum sinicola y Ulva lactuca es indispensable llevar a cabo estudios de rentabilidad, que respalden su utilización como ingredientes para consumo animal.

LITERATURA CITADA

1. AMOTZ, A.B. and AVRON, M.: Glycerol, B-Carotene and Dry algal meal production by commercial cultivation of Dunaliella. In Algae biomass. Production and use, Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, 1980.
2. APONTE, N.E.; DIAZ, P.M. and GRAHAM, H.D.: Seasonal variations and Anatomical Distribution of Alginic Acid in Sargassum spp. found along the coasts of Puerto Rico. J. Agric. U.P.R., 47(4): 464-475, (1983).
3. ATMADJA, W.S.: Seaweeds as medicine. Rumput laut sebagai obat. Oseana, 17 (1): 1-8, (1992).
4. A.O.A.C.: Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analisis. 15th Ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., 1990.
5. BAUERFEIND, J.C.: Carotenoids as Colorants and Vitamin A precursors. Academic Press, Gainesville, Fla., U.S.A., 1981.
6. BECERRIL, G.M.J.: Evaluación del poder pigmentante de luteína y capsantina en pollos de engorda y gallinas en postura con un colorímetro de reflectancia. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1988.
7. BENEMANN, J.R.: Microalgae aquaculture feeds. J. Appl. Phycol., 4: 233-245, (1992).
8. BEREND, J.; SIMOVITCH, E. and OLLIAN, A.: Algae biomass - Production and use. G. Shelef and J. Soeder, Editors; Elsevier/North - Holland Biomedical Press, Amsterdam, 1980.
9. CARRILLO, D.S.: Aprovechamiento de la Langostilla Pleuroncodes planipes Stimpson como fuente de proteína y pigmento en pollos de engorda y gallinas en postura. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1993.
10. CARRILLO, D.S.; CASAS, V.M.; CASTRO, G.M.; PEREZ-GIL, R.F. y GARCIA, V.R.: Empleo del Alga marina Macrocyctis pyrifera en dietas para pollos de carne. Prod. Sanid. Anim., 5 (3): 137-142, (1990).
11. CARRILLO, D.S.; CASAS, V.M.; RAMOS, F.; PEREZ-GIL, R.F. y SANCHEZ, I.: Algas marinas de Baja California Sur, México: comparación química y perspectivas de aprovechamiento en la alimentación animal. Memorias del VI Congreso Latinoamericano de Botánica, Argentina, 1994.

12. CARRILLO, D.S.; CASTRO, G.M.; PEREZ-GIL, R.F.; ROSALES, E. y MANZANO, R.E.: El Alga marina (Sargassum sinicola Satchel y Gardner) como alternativa en la alimentación animal. *Rev. cubana Cienc. agric.*, 26: 179, (1992).
13. CASAS, V.M.: Avance para la industrialización de los alginatos en México. *Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, I.P.N., Serie Técnica*, 1982.
14. CASTRO, G.M.; MADRIGAL, A.L. y CARRILLO, D.S.: Las Algas marinas en la Alimentación humana y animal. *Cuadernos de Nutrición*, 15 (4): 17-32, (1992).
15. CHAPMAN, V.J. and D.J.: *The Algae. The Macmillian Press, Ltd., Great Britain*, 1975.
16. CHAPMAN, V.J. and D.J.: *Seaweeds and their uses. Chapman and Hall*, Third edition, London, 1980.
17. CODONY, R. y BARROETA, A.C.: El Huevo y la Nutrición Humana. *Acotacer Avícola*, 2 (5): 26-31, (1994).
18. COHEN, I. and NEORI, A.: Ulva lactuca Biofilters for Marine Fishpond Effluents. I. Ammonia uptake kinetics and Nitrogen content. *Botánica Marina*, 34: 475-482, (1991).
19. COLON, H.M.L. y MORALES, L.J.C.: Manual de microbiología de alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", México, D.F., 1994.
20. COUTTS, J.A. and WILSON, G.C.: *Egg Quality: Handbook. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane*, 1990.
21. CUCA, G.M.; AVILA, G.E. y PRO, M.A.: Alimentación de las Aves. *Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México, México*, 1990.
22. DAWES, C.J.: *Botánica Marina. Ed. Noriega Limusa, México*, 1991.
23. DAWSON, E.Y.: *Marine Botany. Holt Rinehart and Winston Inc., U.S.A.*, 1966.
24. DE BLAS, C. y MATEOS, G.G.: *Nutrición y Alimentación de gallinas ponedoras. Aedos Editorial, Barcelona*, 1991.
25. DE LA LANZA, G.; ORTEGA, M.M.; LAPARRA, J.L.; CARRILLO, R.M. y GODINEZ, J.L.: Análisis químico de metales pesados (Hg, Pb, Cd, As, Cr y Sr) en Algas marinas de Baja California. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Bot.*, 59 (1): 89-102, (1989).

26. DE ROECK, H.Y.; CLAIRE, C.; BRESLIN, F.; AMICEL, L. and DERRIEN, A.: Vitamin, Free amino acid and Fatty acid compositions of some Marine planktonic microalgae used in Aquaculture. *Botánica Marina*, 36: 321-325, (1993).

27. DEKALB-DELTA: Manual de Producción. Dekalb-Delta, segunda edición, 1990.

28. DIAZ, P.M.; DE LA LAMPA, J.M. y SAAVEDRA, L.C.: Taxonomía, Ecología y Valor nutrimental de las Algas marinas Cubanas II. Utilización de Algas en Alimentación de Aves. Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas. Serie de estudios sobre Trabajos de Investigación, La Habana, 1961.

29. DIAZ, P.M. y LOPEZ, H.: Taxonomía, Ecología y Valor nutrimental de las Algas marinas Cubanas I. Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas, Serie de estudios sobre trabajos de investigación, La Habana, 1959.

30. ESPINOZA, J. y RODRIGUEZ, H.: Crecimiento de Sargassum sinicola Setchell et Gardner (Phaeophyta) en la parte sur del golfo de California, México. *Ciencias Marinas*, 15 (4): 141-149, (1992).

31. FLETCHER, D.L.: Methodology for achieving pigment specifications. *Poultry Sci.*, 71: 733-743, (1992).

32. FRY, J.L.; HINTON, C.F. and HARMS, R.H.: Reflectance colorimetric evaluation of egg yolk pigmentation. *J. Food Sci.*, 30: 508-510, (1974).

33. FULLER, M.F.: *In vitro* Digestion for Pigs and Poultry. CAB International, United Kingdom, 1991.

34. FURIA, T.E.: Handbook of Food Additives. C.R.C. Press, Great Britain, 1975.

35. GODINEZ, J.L.: Las Algas de México, un recurso poco conocido (I). *Folium* 1 (2): 3, (1992).

36. GONZALEZ, M.L.; PEREZ, M.C.; LOPEZ, D.A. and PINO, C.A.: Effects of algal diet on the energy available for growth of juvenile sea urchins Loxechinus albus (Molina, 1782). *Aquaculture*, 115: 87-95, (1993).

37. GRAU, C.R. and KLEIN, N.W.: Sewage-Grown Algae as a Feedstuff for Chicks. *Poultry Sci.*, 36: 1046-1051, (1957).

38. GUZMAN DEL PROO, S.A.: Desarrollo y perspectivas de la explotación de algas marinas en México. *Ciencia Pesquera*, 9: 129-136, Ist. Nal. de la Pesca, Sría de Pesca, México, (1993).

39. HENCKEN, H.: Chemical and Physiological behavior of Feed carotenoids and their effects on pigmentation. *Poultry Sci.*, **71**: 711-717, (1992).
40. HERNANDEZ, C.G.: Variación estacional del contenido de alginatos en tres especies de Feofitas de Baja California Sur, México. *Inv. Mar. CICIMAR*, **2**(1): 29-45, (1985).
41. HERNANDEZ, C.G.; CASAS, V.H.; FAJARDO, L.C.; SANCHEZ, R.I. y RODRIGUEZ, M.E.: Evaluación de *Sargassum* spp. en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Inv. Mar. CICIMAR*, **5** (1): 11-18, (1990).
42. HERNANDEZ, C.G.; VILCHIS, M.A. y RODRIGUEZ, M.E.: Recirculación del ácido residual de la etapa de pre-extracción en el proceso de obtención de Alginato de Sodio. *Ciencias Marinas*, **18** (1): 125-137, (1992).
43. HIROYUKI, N.: Health benefits and nutritional properties of Nori. *J. Appl. Phycol.*, **3**: 255-258, (1993).
44. HOPPE, H.A.; LEVRING, T. and TANAKA, Y.: Marine Algae in Pharmaceutical Science. *Walter de Gruyter and Co.*, Berlin, 1979.
45. HSU, H.W., VAVAK, D.L.; SATERLEE, L.D. and MILLER, G.A.: Multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J Food Sci.*, **42**: 1269-1273, (1977).
46. HURTADO, G.M.; GONZALEZ, H.E. y MORGAIN, H.R.: Utilización del alga *Ulva fasciata* como complemento alimenticio en dietas para codorniz. III Congreso Latinoamericano de Fisiología, México, D.F., 1993.
47. I.N.N.S.Z.: Tablas de uso práctico del Valor Nutritivo de los Alimentos de mayor consumo en México. *Inst. Nal. de la Nutrición "Salvador Zubirán"*, 1992.
48. JANKY, D.M.: The use of the Minolta reflectance chromameter II TM for pigmentation evaluation of broiler shanks. *Poultry Sci.*, **65**: 495-499, (1986).
49. JENSEN, A.: The Nutritive value of seaweed meal for domestic animals. *Proceedings of the Seventh International Seaweed Symposium, Japan*, 1971.
50. KIM, S.H.; PARK, H.Y. and PARK, W.K.: Dietary fibre contents and composition, and physical properties of seaweed products. *J. Korean Soc. Food & Nutrition*, **17** (4): 320-325, (1988).
51. KIRBY, R.H.: *Seaweed in Commerce*. K.M.S.O., London, 1953.

52. LAHAYE, M. and JEGOU, D.: Chemical and physical-chemical characteristics of dietary fibres from Ulva lactuca (L.) Thuret and Enteromorpha compressa (L.) Grev. *J. Appl. Phycol.*, 5: 195-200, (1993).
53. LATSCHA, T.: Carotenoids. Their Nature and Significance in Animal Feeds. *Hoffman-La Roche, Ltd.*, Basel, Switzerland, 1988.
54. LEESON, S. and SUMMERS, J.D.: Commercial Poultry Nutrition. *University Books*, Guelph, Ontario, 1991.
55. LEURING, A.S.: Marine Algae. A Survey of Research and Utilization, *Ed. Cram de Gruyter & Co.*, p.41, 1970.
56. LIPSTEIN, B. and HURWITZ, S.: The nutritional and economic value of algae for poultry. *G. Shelef and C.J. Soeder, Editors; Elsevier/North - Holland Biomedical Press*, Amsterdam, 1980.
57. MANZANO, M.R. y ROSALES, G.E.: Aprovechamiento de las algas marinas Macrocystis pyrifera y Sargassum sinicola en la alimentación humana y animal. Tesis profesional, *Facultad de Química, Universidad La Salle, México, D.F.*, 1989.
58. MARTINEZ, L.S.: Algas marinas de aplicación farmacéutica I. *Publicaciones Biológicas CICIMAR, FCB/UANL*, 5 (2): 81-88, (1991).
59. MC DOWELL, L.R.: Minerals in Animal and Human Nutrition. *Academic Press Inc.*, U.S.A., 1992.
60. MURTHY, M.S. and SHARMA, C.L.: Peroxidase activity in Ulva lactuca under dessication. *Botánica Marina*, 32: 511-513, (1989).
61. NEORI, A.; COHEN, I. and GORDIN, H.: Ulva lactuca Biofilters for Marine Fishpond Effluents. II. Growth rate, Yield and C:N ratio. *Botánica Marina*, 34: 483-489, (1991).
62. NISHIDE, E.; ANZAI, H. and UCHIDA, N.: Effect of alginates on the ingestion and excretion of cholesterol in the rat. *J. Appl. Phycol.*, 5: 207-211, (1993).
63. NORTH, M.O.: Manual de Producción Avícola. 2a Edición, *El Manual Moderno*, México, D.F., 1986.
64. N.R.C.: Nutrient Requirements of Poultry. Nine edition, *National Research Council. National Academy Press*, Washington, D.C., U.S.A., 1994.
65. OCHOA, J. y ESCALANTE, M.: Bioensayo de alimentación para aves utilizando dos especies de macroalgas más abundantes en la zona de mareas de Mazatlán, Sinaloa, México. *III Congreso Latinoamericano de Ficología*, México, D.F., 1993.

66. OLIVARES, S.E.: Paquete de Diseños Experimentales Versión 1.4. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, México, 1989.

67. O.P.S.: Conocimientos actuales sobre Nutrición, Sexta edición, Organización Panamericana de la Salud e Instituto Internacional de Ciencia de la Vida, Publicación científica 532: 94-103, U.S.A., 1991.

68. ORTEGA, M.: Las Algas de México, un recurso poco conocido (II). *Folium* 1 (2): 5, (1992).

69. ORTEGA, M.; GODINEZ, J.L. y RUVALCABA, R.M.: Una clave de campo de las algas pardas de las costas Mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe. AGT Editor, S.A., México, D.F., 1993.

70. ORTEGA, M.; GODINEZ, J.L. y SCHLICHTING, M. y H.: Plantas que nadan, plantas que vuelan. Panagea Editores, S.A. de C.V., México, 1989.

71. PANZARINI, R.N.: Introducción a la oceanografía general. Editorial Universitaria de Buenos Aires, 3a. Edición, Argentina, 1970.

72. PATRICK, H. and SCHAIBLE, P.J.: Poultry: Feeds and Nutrition, Second edition, Avi Publishing Company, U.S.A., 1989.

73. PERCIVAL, E. and MC DOWELL, R.H.: Chemistry enzymology of marine algal polysaccharides. Academic Press, London, 1967.

74. PEREZ, E.S.: El Alga Ulva lactuca como alternativa en la alimentación animal. Tesis profesional. Facultad de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1992.

75. PHILIP, T.; WEBER, C.W. and BERRY, J.W.: Utilization of Lutein and Lutein-Fatty acid esters by Laying Hens. *J. Food Sci.*, 41: 23-25, (1976).

76. PIÑA, P.C.; ORTEGA, M.M. y LANDEROS, D.: Contribución al estudio de la composición química del alga mexicana Ulva fasciata Delile. *An. Inst. Biol., Univ. Nat. Autón. México, Ser. Bot.*, 54: 243-246, (1983).

77. PRINCE, J.S. and O'NEAL, S.W.: The Ecology of Sargassum pteropleuron Grunon (Phaeophyceae, Fucales) in the waters of South Florida. I. Growth, reproduction and population structure. *Phycologia*, 18: 109-114, (1979).

78. PROENSA, A.: *Natura*. Editorial Y & J, España, 1991.

79. PULS, R.: Mineral levels in Animal Health. Diagnostic data. *Sherpa International*, 2nd Edition, Canada, 1994.

80. QUINTANA, J.A.: Avitecnia. Ed. Trillas, S.A. de C.V., 2a Edición, México, 1988.

81. RAMIREZ, N.R. y MARQUEZ, M.L.: Manual de aditivos y suplementos para la Alimentación animal. Ed. Manual Agropecuário, 2a. Edición, México, 1987.

82. ROCHA, R.V. y SIQUEIROS, D.A.: Revisión de las especies del género Sargassum C. Agardh registradas para la Bahía de La Paz, B.C.S., México. *Ciencias Marinas*, 16 (3): 15-26, (1990).

83. RODRIGUEZ, M.Y. y HERNANDEZ, C.G.: Variación Estacional y Geográfica de la composición química de Macrocystis pyrifera en la costa occidental de Baja California. *Ciencias Marinas*, 17: 91-107, (1991).

84. ROMITI, R.; RANIERI, L. e PRETOLANI, S.: I pigmentanti naturali nelle produzioni avicole. *Rivista di Avicoltura*, 58 (5): 45-51, (1989).

85. ROMO, M.H.: Productos pigmentantes usados en la industria de los alimentos balanceados. Simposio sobre Tecnología Nutricional en la Fabricación de Alimentos Balanceados, Parte I: Ingredientes. *AMENA*, pp. 209-214, 1985.

86. ROSHADA, H. and NOOR, A.M.: The utilization of seaweed meals as binding agents in pelleted feeds for snakehead (Channa striatus) fry and their effects on growth. *Aquaculture*, 108: 299-308, (1992).

87. SALINAS, V.C.: Determinación del valor nutritivo de Spirulina platensis, obtenida del vaso "O" del lago de Texcoco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1970.

88. SAUVEUR, B.: El Huevo para consumo: Bases productivas. *Aedos Editorial*, Barcelona, 1993.

89. SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C. and YOUNG, R.J.: Nutrition of the Chicken. *M.L. Scott and Associates Publishers*, Cornell University, New York, 1982.

90. SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL: Norma Oficial Mexicana para productos avícolas y huevo fresco de gallina. Especificaciones. Dirección General de Normas, 1991.

91. SHAEFFER, J.L.; TYCZKOWSKI, J.K.; PARKHURST, C.R. and HAMILTON, P.B.: Carotenoid composition of Serum and Egg yolks of hens fed diets varying in carotenoid composition. *Poultry Sci.*, 67: 608-614, (1987).

92. SHAMEEL, M. and KHAN, R.: Fatty acid composition of nine green seaweeds. *Botánica Marina*, 34: 501-504, (1991).

93. SHIMADA, A.S.: Fundamentos de nutrición animal comparativa. Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México A.C., México, D.F., 1983.

94. SIBBALD, I.R.: A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. *Poultry Sci.*, 55: 303-308, (1976).

95. SIBBALD, I.R.: The T.M.E. System of Feed Evaluation: Metodology, Feed composition Date and Bibliography. Bulletin 1986-4E. Research Branch, Agriculture Canada. Ottawa, Canada, 1986.

96. STEEL, G.D. y TORRIE, H.J.: Bioestadística. Principios y Procedimientos. Mc Graw-Hill, México, 1985.

97. STEPHENSON, W.A.: Seaweed in Agriculture and Horticulture. Bargyla and Gylver Rateaver Editors, Second edition, U.S.A., 1974.

98. SUNDE, M.L.: Symposium: The Scientific Way to pigment Poultry products. Introduction to the Symposium. *Poultry Sci.*, 71: 709-710, (1992).

99. TEJADA, H.I.: Manual de Laboratorio para análisis de Ingredientes utilizados en la Alimentación animal. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, INIF-SARH, México, D.F., 1985.

100. U.A.A.: La formación del huevo, factores que afectan la calidad del huevo para consumo y técnicas utilizadas para su evaluación y preservación. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Departamento de Producción Animal, 1991.

101. WALZ, O.P. and BRUNE, H.: Studies on some nutritive effects of the green algae *Scenedesmus acutus* with pigs and broilers. G. Shelef and C. J. Soeder, Editors; Elsevier/North-Holland Biomedical Press, Amsterdam, 1980.

102. WATTS, B.M., YLIMAKI, G.L.; JEFFREY, L.E. y ELIAS, L.M.: Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo. Ottawa, Canada, 1992.

103. WETTERN, M. and WEBER, A.: Some remarks on algal carotenoids and their interconversion into animal carotenoids, In Marine Algae in Pharmaceutical Science, Walter de Gruyter and Co., Berlin, 1979.

104. YOKOHAMA, Y.; KAGEYAMA, A.; IKAWA, T. and SHIMURA, S.: A carotenoid characteristic of chlorophycean seaweeds living in deep coastal waters. *Botánica Marina*, 20: 433-436, (1977).

ANEXO 1

EVALUACION DEL SABOR DEL HUEVO

NOMBRE: _____

SERIE: _____

FECHA: _____

PRUEBE LAS MUESTRAS QUE A CONTINUACION SE LE PRESENTAN Y MARQUE EN LA ESCALA, CON UNA "X" EL NIVEL DE AGRADO PARA CADA UNA DE ELLAS. POR FAVOR TOME UN POCO DE PAN Y AGUA ENTRE CADA MUESTRA.

	068	960	054	693
GUSTA MUCHO	_____	_____	_____	_____
GUSTA MODERADAMENTE	_____	_____	_____	_____
GUSTA POCO	_____	_____	_____	_____
NI GUSTA NI DISGUSTA	_____	_____	_____	_____
DISGUSTA POCO	_____	_____	_____	_____
DISGUSTA MODERADAMENTE	_____	_____	_____	_____
DISGUSTA MUCHO	_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS: _____

GRACIAS

ANEXO 2

EVALUACION DEL COLOR DE LA YEMA DE HUEVO

NOMBRE: _____

SERIE: _____

FECHA: _____

OBSERVE DETENIDAMENTE LAS MUESTRAS QUE A CONTINUACION SE LE PRESENTAN Y, SEGUN EL ABANICO DE COLORES, ASIGNE A CADA UNA, EL VALOR QUE USTED CREE LE CORRESPONDE. POSTERIORMENTE ORDENE LAS MUESTRAS EN EL ORDEN DE SU PREFERENCIA.

	259	532	653	356
VALOR CON EL ABANICO	_____	_____	_____	_____
PREFERENCIA	_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS: _____

GRACIAS

ANEXO 3

EVALUACION DEL SABOR DEL HUEVO

NOMBRE: _____

SERIE: _____

FECHA: _____

PRUEBE LAS MUESTRAS QUE A CONTINUACION SE LE PRESENTAN Y MARQUE EN LA ESCALA, CON UNA "X" EL NIVEL DE AGRADO PARA CADA UNA DE ELLAS. POR FAVOR TOME UN POCO DE PAN Y AGUA ENTRE CADA MUESTRA.

	319	377	304	312
GUSTA MUCHO	_____	_____	_____	_____
GUSTA MODERADAMENTE	_____	_____	_____	_____
GUSTA POCO	_____	_____	_____	_____
NI GUSTA NI DISGUSTA	_____	_____	_____	_____
DISGUSTA POCO	_____	_____	_____	_____
DISGUSTA MODERADAMENTE	_____	_____	_____	_____
DISGUSTA MUCHO	_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS: _____

GRACIAS

ANEXO 4

EVALUACION DEL COLOR DE LA YEMA DE HUEVO

NOMBRE: _____

SERIE: _____

FECHA: _____

OBSERVE DETENIDAMENTE LAS MUESTRAS QUE A CONTINUACION SE LE PRESENTAN Y, SEGUN EL ABANICO DE COLORES, ASIGNE A CADA UNA, EL VALOR QUE USTED CREE LE CORRESPONDE. POSTERIORMENTE ORDENE LAS MUESTRAS EN EL ORDEN DE SU PREFERENCIA.

	535	339	913	803
VALOR CON EL ABANICO	_____	_____	_____	_____
PREFERENCIA	_____	_____	_____	_____

COMENTARIOS: _____

GRACIAS

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Preferencia de los consumidores por la pigmentación de la yema de huevo en algunos países Latinos, con base en los valores de la escala colorimétrica Roche	24
Cuadro 2. Fuentes naturales de xantófilas	26
Cuadro 3. Composición general del cascarón en el huevo comercial	27
Cuadro 4. Incidencia del rompimiento del huevo desde la oviposición hasta la venta al consumidor	28
Cuadro 5. Composición de las dietas	42
Cuadro 6. Caracterización química general (x ± de) de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u>	50
Cuadro 7. Composición de la fibra (x ± de) en <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u>	54
Cuadro 8. Composición mineral (x ± de) de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> (g/100g)	57
Cuadro 9. Análisis microbiológico de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u>	60
Cuadro 10. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre los parámetros productivos	63
Cuadro 11. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre la calidad del huevo	65
Cuadro 12. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre la calidad del cascarón	68

Cuadro 13. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para gallinas, sobre el color de la yema evaluado con colorímetro de reflectancia (L*, a*, b*) y abanico Roche	70
Cuadro 14. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre el color de la yema (Abanico Roche) y la evaluación sensorial del huevo	75
Cuadro 15. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre la preferencia por el color de la yema	77
Cuadro 16. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre la composición química aproximada del huevo liofilizado	80
Cuadro 17. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre la composición mineral del huevo liofilizado (macroelementos (g/100g))	84
Cuadro 18. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre la composición mineral del huevo liofilizado (microelementos) (ppm)	85
Cuadro 19. Composición mineral del huevo deshidratado según varios autores	87
Cuadro 20. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre la composición mineral del cascarón (macroelementos) (g/100g)	90
Cuadro 21. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en las dietas para ponedoras, sobre la composición mineral del cascarón (microelementos) (ppm)	91

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Morfología de <u>Sargassum sinicola</u>	15
Figura 2. Morfología de <u>Ulva lactuca</u>	20
Figura 3. Zona de colecta	35
Figura 4. Carta de colores del sistema CIE-Lab	45
Figura 5. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en dietas para ponedoras, sobre las Unidades Haugh	66
Figura 6. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en dietas para ponedoras sobre el amarillamiento (b*) de la yema (colorímetro de reflectancia)	72
Figura 7. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en dietas para ponedoras, sobre el color de la yema (abanico Roche)	73
Figura 8. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en dietas para ponedoras, sobre la preferencia por el color de la yema	76
Figura 9. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en dietas para ponedoras, sobre la proteína del huevo liofilizado	81
Figura 10. Efecto de la inclusión de <u>Sargassum sinicola</u> y <u>Ulva lactuca</u> en dietas para ponedoras, sobre el extracto etéreo del huevo liofilizado	83