

01673



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

2/29

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

IMPACTO SOBRE LA CALIDAD DEL HUEVO AL
INCLUIR ALGAS MARINAS EN RACIONES PARA
GALLINAS PONEDORAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN PRODUCCION ANIMAL

P R E S E N T A

MVZ MARIA LUISA MEZA ARCOS

ASESORES: MPA. SILVIA CARRILLO DOMINGUEZ
PhD. FERNANDO PEREZ-GIL ROMO
MSc. FERNANDO AVILA GONZALEZ



MEXICO, D. F.

259966
1998

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

**A mi madre
por ser el cimiento de mi vida y por su comprensión.**

**A mis hermanos y sobrinos
por el cariño que siempre me han demostrado.**

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores, por sus valiosos consejos y apoyo incondicional para la realización de este trabajo.

A la U.N.A.M, que a través de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (D.G.A.P.A.) apoyó mis estudios con una beca.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por haber contribuido a mi formación profesional y ser parte de ella.

Al Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" (I.N.N.S.Z.) y al 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 U.N.A.M. por facilitar sus instalaciones y equipo para llevar a cabo esta investigación.

Al Departamento de Macroalgas del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional, en la Paz, B.C.S.

Al Departamento de Ciencia y Tecnología del I.N.N.S.Z., por facilitar el uso del Laboratorio de Evaluación Sensorial.

Al Dr. Hedberto Ruiz Skewes por darme todas las facilidades para realizar la maestría.

Al Químico Fernando Isoard Acosta por su amistad y por la ayuda que me brindó para la determinación de minerales.

A las Biólogas Rosa María Castillo y Ma. Eugenia Juárez, así como, a los Químico Jesús Carmona, Adelina Baeza y Ma. Antonieta Aguirre García y al M.V.Z. Felipe Ramos por su ayuda y disponibilidad para realizar este trabajo y en general a todo el personal del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" gracias por su amistad.

Al Ing. Gilberto Martínez (Productos Roche S.A. de C.V.) por el apoyo que me brindó para realizar el análisis de calidad del huevo.

A los Químicos Alfredo y Leticia González de los laboratorios Saarka Nutrición y Tecnología S.A. de C.V. por las facilidades prestadas para la determinación de pigmentos.

Al M.V.Z. Benjamín Fuentes por su valiosa ayuda para la realización de esta investigación.

A la MVZ Martha L. Meza Lassard y al Sr. Francisco Vargas por haber colaborado para realizar este trabajo.

A todos aquellos que contribuyeron para que este trabajo llegara a su fin.

INDICE

	Página
Resumen	
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
2.1 Situación de la producción de huevo	2
2.2 Formación, estructura y composición del huevo	3
2.3 Calidad del huevo	7
2.4 Métodos para medir la calidad del huevo	18
2.5 Métodos empleados para mejorar la calidad del huevo.	22
2.6 Algas marinas	23
III. Justificación	36
IV. Objetivos	37
V. Hipótesis	38
VI. Materiales y Métodos	39
6.1 Obtención de las algas marinas	39
6.2 Muestreo de las algas marinas	39
6.3 Análisis químico de las algas	39
6.4 Fase experimental	41
6.5 Evaluación de la calidad del huevo	45
6.6 Evaluación sensorial	48
6.7 Análisis químico del huevo	49

VII. Resultados y Discusión.	52
7.1 Composición química de las algas.	52
7.2 Variables productivas.	61
7.3 Evaluación sensorial.	64
7.4 Calidad del huevo.	66
7.5 Composición química del huevo.	76
VIII. Conclusiones.	86
IX. Literatura citada.	87
Anexo 1 Prueba de preferencia (sabor y olor)	
Anexo 2 Prueba de preferencia (color)	
Anexo 3 Técnicas analíticas	
Anexo 4 Análisis de varianza	

RESUMEN

MEZA ARCOS MARIA LUISA. Impacto sobre la calidad del huevo al incluir algas marinas en raciones para gallinas ponedoras. (Bajo la dirección de Silvia Carrillo Domínguez, Fernando Pérez-Gil Romo y Ernesto Avila González).

Las algas marinas *Sargassum sinicola* (S.s), *Macrocystis pyrifera* (M.p) y *Ulva spp* se encuentran ampliamente distribuidas en las costas de la República Mexicana, por lo que pueden ser aprovechadas como una alternativa en la alimentación de las aves por su alto contenido en minerales y su variedad en pigmentos. Los objetivos del presente estudio fueron: 1) realizar la caracterización química, así como la medición de la carga microbiana de las algas en estudio; 2) evaluar la calidad del huevo (yema, albúmina y cascarón) al incluir 10 y 12% de algas marinas en las raciones; 3) conocer la composición química del huevo (yema, albúmina y cascarón) al incluir 10 y 12 % de S.s+M.p y *Ulva spp* en raciones para gallinas ponedoras y 4) determinar si la inclusión de S.s+M.p y *Ulva spp* en las raciones altera las características organolépticas del huevo. Las algas marinas, procedentes de las costas de Baja California Sur, México, se secaron y se molieron. En la fase experimental se emplearon 240 gallinas Leghorn de 105 semanas de edad, distribuidas aleatoriamente en 5 tratamientos con 4 repeticiones de 12 gallinas cada una. El experimento duró 6 semanas, alojándose las aves en jaulas individuales. Se elaboraron 5 dietas, de las cuales 4 contenían algas marinas en 10 y 12% de inclusión, sustituyéndose parcialmente la soya y el sorgo, CaCO_3 , ortofosfato y sal. Se obtuvieron los siguientes resultados: a) Composición química de las algas S.s+M.p y *Ulva spp*: Proteína cruda (%), 6.45 y 8.34; digestibilidad protéica (%), 88.87 y 91.11; cenizas (%), 38.87 y 59.31; extracto etéreo (%), 0.52 y 0.25; carbohidratos totales (%), 44.99 y 24.93; EMV (kcal/kg), 1.16 y 1.36; carotenos (ppm), 3.5 y 1.7; xantofilas (ppm), 1.2 y 2.8; Ca 1180.00 y 2172.50; P no detectable; Na 480.00 y 955.00; K 3200.00 y 1408.43; Mg 655.00 y 1867.50; Cu (ppm) 22.50 y 95.00; Fe (ppm) 427.15 y 488.50; Zn (ppm) 24.00 y 25.50; Pb (ppm) 146.30 y 300.00; Se (ppm) 155.76 y 302.95; Hg, no detectable. Las algas fueron negativas a *Salmonella spp* y Coliformes totales. No se encontraron diferencias estadísticas ($P>0.05$) en los parámetros productivos (consumo de alimento, porcentaje de postura, masa de huevo y conversión alimenticia); sin embargo, hubo diferencia estadística en el peso del huevo, ya que se incrementó en el tratamiento que incluyó Ss+Mp al 12%. En la evaluación sensorial los huevos que contenían las algas café tuvieron mayor aceptación en el color ($P<0.05$), las algas Ss+Mp y *Ulva spp* tuvieron mejor sabor que el grupo testigo, no se presentaron diferencias estadísticas en el olor. En la calidad del huevo, Ss+Mp al 10% estadísticamente ($P>0.05$) resultó igual a los

demás tratamientos, excepto a *Ulva spp* 12%. Es importante mencionar que en todos los tratamientos el huevo alcanzó valores superiores a las 72 Unidades Haugh por lo que se pueden considerar como "AA" (excelentes). Tanto el pH de la albúmina como el de la yema fue ligeramente superior al considerado normal en un huevo fresco; en cuanto al peso del cascarón, solo el grupo testigo estuvo por debajo del peso promedio, y en el grosor del cascarón no hubo diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre los tratamientos.

Se concluye que la inclusión al 10 y 12% de las algas *S. sinicola* + *M. pyrifera* y *Ulva spp* mejoró en algunos aspectos la calidad del huevo y afectó favorablemente el sabor del mismo.

I. INTRODUCCION

Por muchos años los productores de huevo han pensado que el éxito de sus granjas está dado por la cantidad de huevo producido. Sin embargo, actualmente y a nivel mundial, se habla de la importancia de la CALIDAD en los productos, considerándola el principal factor a tomar en cuenta, ya que ésta es el resultado final de hacer bien las cosas durante todas las etapas de la cadena productiva. El mejorar la calidad externa e interna del huevo no solo beneficiará al consumidor sino también reportará mayores ganancias económicas al avicultor. Por ejemplo, a lo largo de los años, las pérdidas por rotura del cascarón se han incrementado debido a la intervención de diversos factores (genéticos, nutricionales, etc.), con la consiguiente merma monetaria a nivel de granja, al mayoreo, al menudeo y a nivel consumidor. Durante 1984 en Holanda, las pérdidas fueron del 4%, mientras que en Francia y México fueron del 8.2% (3, 9, 26).

Se han aplicado diversos métodos para mejorar la calidad del huevo, tales como: 1) adicionar a las raciones ciertas materias primas (subproductos de la fermentación del maíz, harinas animales, etc.) o algunos minerales, para mejorar la calidad del cascarón; 2) aplicar una fina película de aceite mineral refinado u otros aislantes (ceras, resinas, polivinilos) después del lavado, con el fin de evitar tanto la pérdida de calidad de la albúmina como peso del huevo. Las algas *Sargassum sinicola*, *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp.* pueden constituir otra alternativa, ya que poseen un alto contenido de minerales altamente disponibles, además de poseer una gran variedad de pigmentos y otros compuestos que podrían contribuir a mejorar la calidad tanto interna como externa del huevo (12, 14, 17, 28).

II. ANTECEDENTES

2.1 SITUACION DE LA PRODUCCION DE HUEVO

2.1.1 A nivel mundial

Los principales países productores de huevo son: China, EE. UU., Japón, México, Francia y Alemania (90).

Los principales exportadores son: EE. UU., Holanda, Bélgica, Alemania y Francia. Las expectativas de crecimiento en la producción mundial fueron del 1.2% para 1994.

El consumo per cápita anual (kg), para 1997 fue el siguiente (90):

Japón	20.4
Taiwan	18.2
China	18.2
México	16.4
Hong Kong	16.0
Dinamarca	15.8

2.1.2 En México

El consumo de huevo se incrementó notablemente, por ejemplo, en 1985 el consumo anual era de 14.4 kg per cápita, mientras que para 1995 fue de 15.9 kg. En cuanto a la producción de huevo, en 1985 fue de 1,090,599 t. y en 1995 de 1,453,500 t. (10).

Ahora bien, ya que el huevo constituye una de las principales fuentes de proteína para la población, deben buscarse dos condiciones fundamentales en la producción del huevo bajo costo y alta calidad. Es preciso buscar la calidad en este producto avícola ya que esto no solo beneficiará al consumidor sino también al productor. De ahí que hoy en día en muchos países el factor **CALIDAD**, y no la cantidad, sea la principal característica a considerar en cualquier granja productora de huevo (2, 9, 26, 28).

Sin embargo, antes de mencionar los principales factores que afectan la calidad del huevo y los métodos para evaluarla, se considerará la formación, estructura y composición del huevo.

2.2 FORMACION, ESTRUCTURA Y COMPOSICION DEL HUEVO

El huevo está formado por tres estructuras principales (Fig. 1):

2.2.1 Yema o vitelo

Cuando las ponedoras alcanzan su madurez sexual (18-22 semanas), los folículos crecen en el ovario, principalmente como consecuencia del aumento de tamaño del citoplasma del ovocito; donde, tiene lugar la deposición de sustancias lipoprotéicas, que constituyen el vitelo. Este ovocito, repleto de vitelo y rodeado de sus membranas, es lo que se denomina yema. En la yema se pueden distinguir los siguientes componentes (81, 93):

- a) Disco germinativo. Situado en la superficie.
- b) Latebra. Es un cordón de vitelo que se inicia en el disco germinativo y se prolonga hasta el centro de la yema.

- c) Vitelo blanco y amarillo. Dispuesto en capas concéntricas de un color y otro alternativamente, en torno a la latebra. El conjunto de estas capas supone la totalidad de la yema.
- d) Membrana vitelina. Como su nombre indica, es una fina membrana que rodea a todos los componentes de la yema.
- e) Chalazas. Estas se le añaden a la yema en el magnum; están formadas fundamentalmente por albúmina densa. La función de estas chalazas es la de brindar un sostén a la yema.

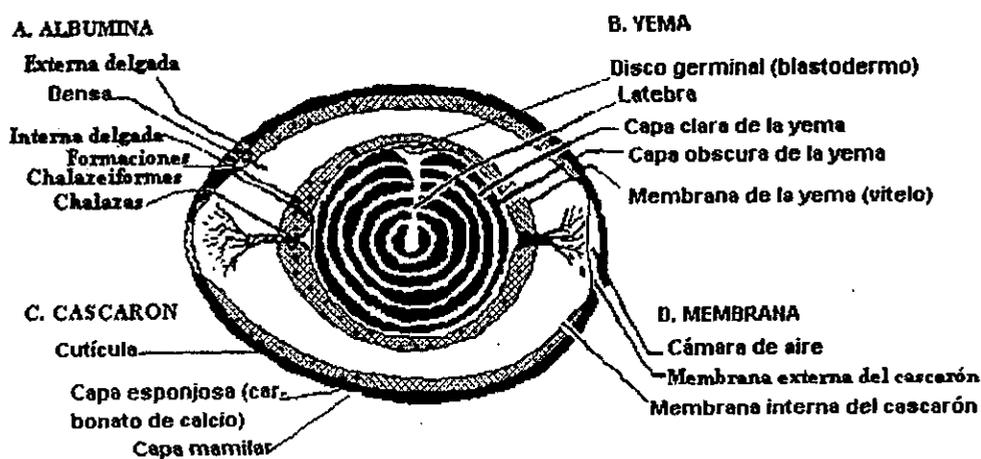


Fig. 1. Estructuras del Huevo

La yema constituye aproximadamente un 30% de peso del huevo. Su contenido en materia seca es del 50%, del cual un 65% es grasa y el resto proteína. Un huevo medio contiene unos 6 g de grasa, mayoritariamente en la yema (9).

Desde el punto de vista químico, los principales lípidos de la yema son triglicéridos (63%), seguidos de fosfolípidos (30%), con pequeñas cantidades de colesterol (5%) y ácidos grasos libres (1%). Los principales ácidos grasos de la yema son el

oleico (44%) y el palmítico (26%). El porcentaje de insaturados es del orden del 20%, principalmente linoleico (15%) (79).

Desde el punto de vista bioquímico, la yema es una mezcla de lípidos y proteínas en relación 2:1. El 65% del total de la materia es una lipoproteína de baja densidad que contiene un 88% de lípidos y un 12% de proteína. Los lípidos son apolares y requieren formar un complejo soluble en plasma para poder ser transportables. Esto se consigue mediante los complejos lipoproteicos (28, 79).

2.2.2 Clara o albúmina

Es en el magnum donde se empieza a formar lo que se conoce con el nombre de la clara del huevo o albúmina. Al continuar la trayectoria del huevo a través del tracto genital de la gallina, la yema llega al magnum. En él se secreta la albúmina densa. La albúmina constituye aproximadamente un 60% de peso del huevo y contiene un 88% del total de agua del mismo. El resto (12%) son proteínas, gran parte de las cuales contienen sustancias antimicrobianas. La clara es un mal medio de cultivo y protege al huevo de la contaminación bacteriana (9, 28).

La materia seca está constituida fundamentalmente por dos proteínas: ovoalbúmina y ovomucina. La ovomucina es la responsable de la viscosidad de la clara lógicamente, son las capas de albúmina densa las más ricas en esta proteína. La fluidificación de la clara se produce por la admisión de agua, antes de formarse la cáscara, y por el desdoblamiento de la ovomucina una vez finalizado dicho proceso. Esta proteína está formada por dos glicoproteínas, la alfa y la beta. La beta ovomucina tiene un mayor porcentaje de hidratos de carbono (60%) asociados a hidroxiaminoácidos y es responsable del mantenimiento de la calidad gelatinosa interna de la clara (60, 70, 72).

2.2.3 Cáscara

El istmo es la siguiente zona a la que llega el huevo en formación. En él se forman las membranas de la cáscara (o membranas testáceas). Se trata de dos membranas fibrosas, que se sitúan entre la albúmina y la cáscara, sirviendo de base para la formación de ésta última. Pasando el istmo, en la glándula coquiliaria del útero, tiene lugar la segregación de la albúmina fluida y la formación de la cáscara. Esta representa de un 8 a un 9% del peso del huevo fresco. Contiene un 90% de minerales, de los cuales el 98% es calcio en forma de cristales de calcita, fósforo y magnesio están en pequeñas cantidades y se encuentran trazas de sodio, potasio, zinc, manganeso, hierro y cobre (28, 58).

La cáscara del huevo es de grosor muy variable, pero normalmente comprendida en el intervalo de los 0.28 a los 0.42 mm. Constituye la envoltura del contenido del huevo y a la vez lo protege. Se puede dividir de acuerdo con su composición química y estructural en las siguientes capas (9, 28):

- a) Membranas de la cáscara o membranas testáceas (la interna y la externa) de naturaleza proteínica.
- b) Capa mamilar o capa de protuberancias mamilares: constituye la capa calcificada inmediata a la membrana externa. La materia orgánica de esta capa está formada por un mucopolisacárido y una proteína sulfurada, en los núcleos, y por un complejo proteína-mucopolisacárido ácido, en pequeña cantidad, en el resto de las protuberancias.
- c) Capa de empalizada llamada "capa esponjosa": formada por fibras dispuestas paralelamente a la superficie del huevo. Constituye del 60 al 95 por ciento de la cáscara,

d) Cutícula: capa más externa que cubre toda la superficie del huevo, es fina (3-11 μm) y transparente. Su grosor no es uniforme en toda la superficie, oscilando entre 0.5 y 12.8 μm . La cutícula se compone, fundamentalmente de proteínas (más del 80%), encontrándose también mucopolisacáridos, lípidos y en el caso de las ponedoras de color, pigmentos (la pigmentación tiene lugar una vez concluida la calcificación).

e) Cutícula mucilaginosa: recubre toda la cáscara y constituye en cierta forma, el último elemento de protección del mismo. El cascarón presenta poros (canaliculos no ramificados), que se inician entre las protuberancias mamilares adyacentes y finalizan en la superficie de la cáscara. Su misión es hacer posible el intercambio gaseoso con el exterior.

2.3 CALIDAD DEL HUEVO

2.3.1 Importancia en la avicultura

La calidad óptima de un alimento es la comprobación de las características propias del alimento desde los puntos de vista sanitario, nutritivo, sensorial y de mercado.

La calidad del huevo se define como el mantenimiento de las características del huevo en niveles de tolerancia aceptables hasta su uso final (93).

La calidad del cascarón es un problema muy importante para la industria avícola. Las pérdidas económicas para los productores de huevo, debidas a cascarones débiles y delgados son cuantiosas. En Estados Unidos se estima una pérdida de 60 a 100 millones de dólares anualmente. En un estudio efectuado en California se ha estimado que el 8.2% de los huevos producidos se rompen o sufren daño (3).

La importancia de la calidad de la cáscara queda evidenciada por el hecho de que no menos del 6 al 8 % de los huevos producidos por las ponedoras, en condiciones que se pueden calificar como correctas, se rompen, tanto en la propia nave como durante su manipulación y posterior transporte. De acuerdo con ello, el carácter más importante es la resistencia a la rotura, es decir, la solidez de la cáscara. La cantidad de huevo comercial que es eliminado por roturas del cascarón presenta las siguientes mermas: 2 y 3 por ciento por caja y 0.8 por ciento por evaporación (9, 89). Asimismo, la calidad de la cáscara determina la medida en que las bacterias penetran al interior del huevo, a mayor calidad, menor penetración.

Son varios los factores que influyen sobre la calidad del huevo: nutricionales, genéticos, ambientales, de manejo y de enfermedades.

2.3.2 Factores que afectan la calidad de la yema

Consistencia. No parecen existir diferencias significativas entre las estirpes ligeras y las semipesadas. Lo que sí se produce, en los dos tipos de aves ponedoras, es un descenso de dicha consistencia a medida que avanza el ciclo de puesta y al aumentar el tiempo de almacenamiento (68).

Color

- **Genéticos.**- Existen diferencias significativas entre las distintas estirpes e incluso entre los individuos, debido a su distinta capacidad para transportar los carotenoides desde el alimento ingerido hasta la yema. En general, las estirpes semiligeras y pesadas le dan una coloración más intensa (9, 28).
- **Nutricionales.**- El contenido de pigmentos en el alimento es determinante, en gran medida, del color, sin olvidar que ciertas sustancias pueden potenciar o inhibir la acción de estos pigmentos (58, 61).

- Ambientales (tipo de alojamiento).- Por razones aún desconocidas, a igualdad de alimentación, el color de la yema de los huevos puestos por gallinas alojadas en jaulas, es más intenso que el de los producidos por las gallinas en piso (58).

Olor. En general, los factores que intervienen en el olor son de tipo genético y nutricional

- Genético.- Es más común en las estirpes semipesadas que en las ligeras. Además dentro de una misma estirpe, hay diferencias entre los individuos (9, 28).
- Nutricionales.- De las materias primas habitualmente empleadas para la formulación de raciones destinadas a las ponedoras, sólo la harina de pescado contiene cantidades apreciables de TMA, la cual también se produce como consecuencia de la acción de las bacterias intestinales sobre la colina (9, 28).

2.3.3 Factores que afectan la calidad de la albúmina

El rasgo físico que más importa de la clara es su consistencia, ya que indica el grado de frescura y/o de las condiciones de conservación del huevo.

Consistencia. Está en relación con su contenido en ovomucina. La lisozima también parece jugar un papel importante, ya que posee propiedades antibacterianas. Los principales factores que la afectan son:

- Genéticos.- Existen diferencias significativas, en lo que a la calidad de la clara de los huevos se refiere, entre las distintas estirpes de ponedoras, e incluso entre las diferentes líneas. En general, puede decirse que los huevos de las ponedoras semipesadas (huevos marrones) tienen una albúmina de mejor calidad que las ponedoras ligeras (huevo blanco). Es importante señalar que

existe una correlación genética negativa entre la calidad de la clara y el nivel de productividad (9, 28).

- **Edad de las Ponedoras.-** A medida que avanza el ciclo de puesta, la calidad de la albúmina sufre un significativo deterioro, tanto si se mide en Unidades Haugh, como por el denominado "Índice de la albúmina". Durante el almacenaje los huevos de las gallinas viejas tienden a deteriorarse más rápido que los huevos de las aves jóvenes (58).
- **Nutricionales.-** Ciertos aspectos nutricionales tienen una marcada influencia en la calidad de la albúmina. Así por ejemplo, cuando el nivel habitual de fósforo de la dieta sufre un incremento, mejora dicha calidad. Otros microminerales influyen también positivamente sobre la calidad de la clara, tal es el caso del cromo, zinc y selenio. Lo mismo ocurre con la vitamina C. Sin embargo, algunos elementos traza como el vanadio, producen una reducción en la altura de la albúmina (9, 28).
- **Ambientales (condiciones del alojamiento).-** Las elevadas temperaturas en el interior de la nave de puesta provocan una significativa disminución de la calidad de la clara. Las altas concentraciones de amoníaco actúan en este mismo sentido (58, 68).
- **Condiciones y tiempo de almacenamiento.-** La temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento tienen una importancia decisiva sobre la calidad de la clara (58).

Manchas de sangre y/o carne. Este aspecto depende, entre otros factores de (9, 68):

- Edad de las ponedoras: a mayor edad, más problemas de manchas de sangre y/o carne.
- Cambios bruscos de temperatura favorecen la aparición de dichas manchas.
- Estirpe: las manchas de sangre aparecen con más frecuencia en las ponedoras de estirpes ligeras, mientras que las de carne en las de estirpes semipesadas.
- Situaciones de estrés agravan este problema.
- Aspectos nutricionales: deficiencias en vitamina A o vitamina K, alto nivel de sulfaquinoxalina, exceso de riboflavina, etc.

También se debe recordar que la calidad de la clara y de la cáscara pueden verse deterioradas por enfermedades como: bronquitis infecciosa, laringotraqueitis y enfermedad de Newcastle. Además, los cambios en la calidad por infecciones virales pueden persistir semanas e incluso meses tras la recuperación de la puesta (inicialmente reducida por dichas infecciones)

2.3.4 Factores que afectan la calidad de la cáscara

Ligados al ave

- Genéticos.- Se considera que la estirpe del ave es fundamental en cuanto a calidad de la cáscara. La selección genética en calidad del huevo se basa fundamentalmente en el espesor de la cáscara y tiene una heredabilidad aproximada de 0.40. Sería pues fácil de seleccionar genéticamente, pero el gran problema es que la calidad de la cáscara y la productividad general están inversamente relacionadas (55).

- Fisiológicos.- Se ha comprobado experimentalmente que las aves que ponen huevos de mejor cáscara son las que tienen los oviductos de mayor peso. Sin embargo, no se explica cuál es la causa y cuál el efecto (56).

Las aves ponen huevos en secuencia, con pausas intermedias. El primer y último huevo de cada secuencia suelen ser los de mejor cáscara. (28)

La forma del huevo es importante ya que los muy alargados o excesivamente anchos no son aceptados en el mercado por ser significativamente más susceptible a las roturas (58).

Para efectos comerciales y de la propia clasificación, el índice de forma (ancho/largo x 100) óptimo se sitúa entre los valores 73 y 75. Un índice inferior a 72 indica que se trata de un huevo excesivamente largo y un índice superior a 76 señala uno demasiado redondo (58).

La estructura de la capa columnar y la composición de la matriz orgánica y de la cutícula también pueden afectar notablemente la calidad de la cáscara (55).

Los huevos puestos por la mañana son de peor cáscara que los puestos por la tarde. Estos huevos tienen concentración de cenizas, fósforo y magnesio mayor que los puestos por la mañana. La razón de esto no es conocida (68).

Los huevos marrones tienen mejor cáscara que los blancos a igualdad de grosor. Esto puede ser debido a que los huevos marrones tienen una cutícula más gruesa o quizás a que su cáscara tiene mayor resistencia (28).

El porcentaje de huevos rotos aumenta en situaciones de estrés. Ante una situación anómala, el ave responde liberando adrenalina, lo que produce una contracción del útero. Si esto ocurre en los primeros estadios de calcificación, aumenta la incidencia de problemas de cáscara (58, 68).

- Edad de las ponedoras.- La calidad de la cáscara disminuye con la edad. Esta norma general afecta más a unas aves que a otras. Dentro de una misma estirpe existe una clara correlación (0.6) entre el grosor de la cáscara a las 24 semanas de vida y al final del período de puesta. Se cree también que en gran medida que el problema de la cáscara se debe a la escasez de reservas de calcio en el tejido óseo de las gallinas viejas (28).

Los huevos producidos por aves viejas o por aves con problemas de cáscara tienen membranas que pesan menos y que además presentan una composición en aminoácidos diferente a las membranas de huevos de aves jóvenes o de huevos con buena calidad. Sin embargo, ante una agresión externa las características de las membranas protegen poco al huevo (56).

- Muda.- La muda mejora la calidad de la cáscara porque produce un rejuvenecimiento del ave. Este proceso limpia el sistema reproductivo de minerales y otros tóxicos o metabolitos presentes (68).

Ligados a la nutrición

Los aspectos más importantes de la nutrición que influyen sobre la calidad de la cáscara son los niveles de: calcio, fósforo, vitamina D y electrolitos en las raciones (9, 28, 68).

a) Calcio: En condiciones prácticas se acepta que entre ciertos límites de consumo (3.5 a 4.0 g de Ca/ave/día) el espesor de la cáscara aumenta en 0.06 g por cada g extra de Ca ingerido. Consumos excesivos pueden provocar problemas tales como:

- Menor consumo de alimento, por tanto, menor tamaño del huevo.
- Producción de heces más líquidas.

- Mayor incidencia de depósitos calcáreos y moteados en la superficie de la cáscara.

La cáscara contiene 2200 mg de Ca, pero sólo 22 mg de P. Esta pequeña cantidad no está homogéneamente distribuida sino que se concentra en las capas más externas durante el período final de formación del huevo.

- b) Fósforo: Las necesidades diarias de fósforo utilizable de las aves dependen de numerosos factores, pero en general varían entre 300 mg (aves viejas) y 460 mg (aves jóvenes). Niveles inferiores a los recomendados pueden producir cáscaras blandas y niveles superiores afectan a la calidad de la cáscara, debido a que el fósforo limita la utilización de Ca por el organismo e influye indirectamente en la dureza del cascarón.

Estudios experimentales han demostrado que las ponedoras prefieren raciones altas en fósforo, mientras se está formando el hueso medular y bajas en el mismo mientras se calcifica la cáscara. Lo contrario ocurre con el Ca.

- c) Vitamina D₃ : Para la formación de la cáscara son necesarias de 1000 a 2000 UI por kg. Según algunos autores, un exceso no logra ninguna mejoría, salvo que se acompañe de un aumento paralelo del nivel de Ca.

Una carencia importante de vitamina D₃ produce los mismos síntomas que una carencia en Ca. Cualquier factor, como los microorganismos o micotoxinas, que interfieran en la hidroxilación de la vitamina en el hígado o en el riñón pueden producir problemas de cáscara.

- d) Balance de electrolitos: influye en la formación de la cáscara del huevo. Normalmente, en las raciones de ponedoras dicho balance se expresa como:

miliequivalentes de (Na + K - Cl) / kg de dieta

Un valor negativo en el balance produce acidosis metabólica en las aves, presentándose una depresión en el espesor y en la resistencia de la cáscara. En cuanto al valor más adecuado del balance para conseguir la deseada calidad de la cáscara, no existe un acuerdo entre los autores. No obstante, coinciden en aconsejar valores elevados, generalmente del orden de 150 a 300 (e incluso más) mEq por kilo de alimento.

En general se recomiendan altos niveles de sodio en caso de problemas de cáscara. El exceso de Na produce una menor concentración de fosfato en la sangre, ya que ambos se combinan entre sí, dando lugar a la excreción del fósforo en exceso.

Niveles altos de cloro son perjudiciales para la calidad de la cáscara. Los niveles óptimos de cloro se sitúan entre 0.15 y 0.25. Niveles superiores, especialmente en aves viejas, provocan una mayor incidencia de cáscaras con pobre textura.

La influencia del potasio sobre la calidad de la cáscara no ha sido muy estudiada. En general, se observa que una pérdida excesiva de potasio (por ejemplo, cuando aumenta la excreción de ácido úrico) produce cáscaras más débiles. El efecto es más acusado cuanto mayor es el nivel de cloro en la ración.

- e) **Microminerales:** Ciertos microminerales participan en la síntesis de la matriz orgánica de la cáscara, que es similar en su composición a la matriz orgánica del hueso. Existe por tanto, la posibilidad de que estos microminerales influyan en la calidad de la cáscara.

Manganeso: Una deficiencia en Mn puede producir los siguientes efectos: a) menor número de conos de mayor tamaño en la capa mamilar, debido a la fusión por su base de varios conos primarios, b) cáscaras más blandas con

mayor incidencia de áreas translúcidas. Los niveles máximos recomendados son de 100 a 200 ppm.

Zinc: Diversos autores han mostrado efectos positivos sobre la cáscara con la adición de 100-200 ppm de Zn. El Zn es un componente de la anhidrasa carbónica, una de las enzimas responsables de la calcificación del huevo a nivel del útero.

Iodo: La adición de tiroproteína a la ración mejora la calidad de la cáscara, mientras que el uso de antitiroideos la perjudica. La adición de iodo, sin embargo, no parece tener efecto alguno.

Cobre: La carencia en cobre resulta en cáscaras anormales con mayor incidencia de huevos en fáfara. La razón es desconocida, pero el itsmo (porción del oviducto donde se forman las membranas) tiene un alto contenido en Cobre.

Aluminio, plomo y otros metales a niveles altos podrían afectar negativamente la calidad de la cáscara.

f) Contaminantes:

Micotóxinas: pueden interferir en el metabolismo de la vitamina D₃, inhibiendo su acción hormonal. Niveles de 5 ppm de aflatoxinas disminuyen progresivamente la calidad de la cáscara y favorecen el desarrollo de hígados grasos.

Pesticidas, insecticidas, etc. Numerosos compuestos de bajo peso molecular de origen orgánico se acumulan en los tejidos animales. Algunos de ellos, tales como, los hidrocarburos clorados (Lindano) inhiben la deposición de Ca a nivel

del útero. El DDT provoca problemas de cáscara. Los derivados organofosforados, tipo malatión, parecen tener menor efecto (28).

Otros factores como el exceso de proteína en la dieta puede ser perjudicial al provocar una mayor excreción de K y un mayor tamaño del huevo.

Niveles altos (>8 %) de grasas saturadas en la ración podrían unirse al Ca, facilitando su eliminación en las heces.

La sulfanilamida al 0.01 por ciento inhibe específicamente la enzima anhidrasa carbónica, produciendo cáscaras blandas (28).

Ligados al medio ambiente

a) Temperatura: De los factores ambientales, probablemente éste sea el más importante, ya que afecta la calidad de la cáscara de una forma parecida a como influye sobre la producción de huevos. Superados los 32°C, se resiente la solidez de la cáscara, pero, si las aves están expuestas a temperaturas cíclicas, el efecto negativo es menor que si el nivel de temperatura elevada es constante.

b) Estación del año: El peso específico del huevo, el peso de la cáscara y su grosor alcanzan sus valores más elevados en invierno y los más bajos en verano.

En ambientes cálidos (30°C y 75% de humedad relativa), puede ser aconsejable suministrar un suplemento de vitamina C (50 mg/kg de dieta) con el fin de mejorar, por vía indirecta, la calidad de la cáscara.

c) Sistemas de alojamiento: Las aves alojadas en batería presentan peor calidad de cáscara que las ponedoras en suelo, a pesar de que en el grosor de la cáscara no se encontraron diferencias.

- d) Manejo del huevo: Mejorar el manejo es el método más difícil, pero a la vez el más eficaz para reducir el número de huevos rotos en situaciones lógicas. Una agresión externa es más importante en cuanto a roturas, que el grosor de la cáscara o las características de la misma. Desde que la gallina pone el huevo hasta que éste llega al consumidor, puede haber entre 15 y 32 situaciones diferentes que lo hagan susceptible de romperse. Se ha de tener en cuenta que no es un golpe lo que rompe el huevo, es la serie continua de golpes sucesivos la que consigue romperlo (9, 28).

2.4 METODOS PARA MEDIR LA CALIDAD DEL HUEVO

La medición, tanto subjetiva como objetiva de la calidad del huevo, adquiere cada día mayor importancia por las crecientes exigencias del consumidor (sobre todo en los países desarrollados) en un mercado saturado, en el que puede elegir el producto a consumir.

2.4.1 Yema

Color: Para su determinación puede recurrirse al:

- a) Método subjetivo. Es mucho más barato y más simple lo que hace que esté ampliamente difundido. Consiste en la comparación directa del color de la yema con unos patrones de color, que componen una escala o abanico de tonalidades o colorimétrico (normalmente, se suele utilizar la denominada "Escala de Roche").
- b) Método objetivo. Se basa en la aplicación de la espectrofotometría. Para poderlo aplicar en la propia explotación (que es donde interesa en primer lugar), hay que disponer de un espectrofotómetro o de un colorímetro de reflectancia con el que se determine la reflexión en la zona L a b del espectro (36).

Consistencia. Para obtener una estimación de la consistencia se utiliza el denominado "Índice de yema", que es la relación existente entre la altura de ésta en su parte más alta (centro) y el diámetro del huevo extendido. Se determina por la expresión siguiente (58):

$$\text{Índice de yema} = \text{altura de la yema} / \text{diámetro de la misma}$$

2.4.2 Albúmina

Para evaluar su consistencia se utilizan dos métodos:

a) Unidades Haugh (U.H.): se basan en el hecho de que la altura de la clara densa es un indicador de la proporción de la misma respecto al contenido total del huevo y de su consistencia, pero para poder comparar valores, es preciso buscar una norma de uniformización en función del tamaño del huevo. Por esta razón, las "U. H." tienen en cuenta (58 68):

- La altura de la albúmina: medida en la proximidad de la yema (1 cm) cuando el contenido del huevo se coloca en una superficie lisa y horizontal (se determina con un tripoide).
- El peso del huevo.

Para el cálculo de estas unidades se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{U.H.} = 100 \log (h - 1.7 p^{0.37} + 7.6)$$

donde:

UH = Unidades Haugh

h = Altura de la albúmina densa (en mm)

p = Peso del huevo (en gramos)

- b) Índice de la Albúmina.- Es la relación que existe entre la altura de la albúmina junto a la yema y el diámetro del huevo extendido (9, 28, 68).

Índice de la albúmina = altura de la clara /diámetro de la misma

2.4.3 Cáscara

Para evaluar la calidad de este componente del huevo se suelen medir cuatro aspectos:

Peso específico. Se trata de uno de los aspectos más difundidos en la práctica, debido a su rapidez, practicidad y bajo costo. Su medición se basa en el hecho de que el peso específico de la cáscara es mayor que el del contenido del huevo (aproximadamente, el doble). En consecuencia, el peso específico del huevo está relacionado con el porcentaje de cáscara, y los incrementos de aquél están directamente correlacionados con los aumentos de grosor y de resistencia de la cáscara. Para determinar este peso específico se emplean los siguientes métodos (58, 68):

- a) Utilizar soluciones salinas. Los huevos se sumergen de forma sucesiva en distintas soluciones cuyos pesos específicos cubren, aproximadamente, los rangos de 1.060 - 1.104 g/cc, en pequeños intervalos (0.002-0.005).

Con este sistema, cuando el huevo flota, el peso específico de la solución correspondiente es aproximadamente el del huevo. Para controlar el peso específico de las soluciones se emplea un densímetro.

- b) Aplicar el principio de Arquímedes. En este caso, el huevo se pesa primero en el aire y después, sumergido en agua, a la temperatura del local. Lógicamente,

en la segunda pesada hay que introducir la corrección correspondiente al mecanismo empleado para sostener el huevo.

El peso específico del huevo se expresa de la siguiente manera:

$P.E_{\text{huevo}} = \text{peso del huevo en el aire} / (\text{Peso del huevo en el aire} - \text{Peso del huevo en el agua})$

No obstante, tanto un método como el otro tienen una limitación importante: el peso específico varía con la temperatura. Ello significa que ésta debe mantenerse constante durante las mediciones y entre ellas.

Deformación no destructiva. Consiste en la medición de la deformación lineal que sufre el huevo al soportar una fuerza aplicada sobre él que no llega a romperlo. Se basa en el comportamiento del huevo como un cuerpo cuasielástico. La fuerza necesaria para la fractura de la cáscara es inversamente proporcional a la deformación producida por fuerzas no destructivas.

Espesor de la cáscara. Se mide directamente con un micrómetro. Es muy importante fijar el punto de medición (como ya se ha comentado, la cáscara no es uniformemente gruesa: el espesor es mayor en el polo fino, intermedio en el polo grueso y menor en el ecuador).

Resistencia a la rotura. El método denominado "Método de la fuerza de fractura por compresión cuasiestática", permite medir de forma directa el parámetro que interesa. Aunque hay variantes para hacer esta determinación, la más frecuente consiste en comprimir el huevo entre dos superficies lisas y paralelas hasta que se produce la rotura y se registra:

- a) la fuerza aplicada
- b) el tiempo necesario para provocar la rotura

Normalmente, el huevo se comprime a la altura del ecuador, su punto más débil, cuidando que el eje mayor permanezca siempre paralelo a las superficies de compresión (9, 28, 68).

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es la velocidad a la que son comprimidos los huevos. Esta velocidad influye sobre el comportamiento de la cáscara. Parece ser que la velocidad más adecuada para reducir al mínimo los cambios en la fuerza de fractura es del orden de unos 200 mm/min. No obstante, en la práctica se suelen emplear velocidades significativamente inferiores: del orden de los 20 mm/min. Emplear velocidades más elevadas implica la necesidad de disponer de instrumentos muy complicados y muy caros.

2.5. METODOS EMPLEADOS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL HUEVO

Sobre este tema se puede destacar lo siguiente:

- El sulfato lauril de sodio al 25% mejora la calidad de la cáscara al favorecer la absorción de Ca y vitamina D₃ a nivel intestinal. También mejora la deposición de Ca en el huevo, así como modifica el componente proteico de la cáscara incrementando la elasticidad de la misma (67).
- Los silicatos de aluminio y sodio tienen una gran selectividad por el Ca y una gran capacidad de intercambio iónico. Niveles de 1% pueden mejorar la cáscara (76).

La utilización de lactosa al 1% es beneficiosa ya que mejora la absorción de Ca (37).

- Rodríguez (1995) realizó un estudio en el que incorporó el alga café *Sargassum sinicola* y el alga verde *Ulva lactuca* a raciones para ponedoras, en niveles de 3, 6, y 9% y encontró que la inclusión al 9% de cada una de estas especies aumentaba notablemente las U. H. y la altura de la albúmina, produciendo la *Ulva lactuca* un agradable color amarillo en todas las yemas.

2.6. ALGAS MARINAS

2.6.1 Definición y distribución

La distribución de las algas a nivel mundial es muy amplia y existen en el planeta gran cantidad de mantos algales localizados en diversas zonas. Dependiendo de las características propias de cada grupo de algas, éstas son plantas autotróficas, acuáticas o semiacuáticas, de estructura relativamente simple, aunque algunas de las algas marinas son grandes y estructuralmente complejas. Su distribución está fuertemente influida por diversos factores físico-químicos (temperatura del agua, luz solar disponible, turbidez, nutrientes, movimiento del agua, tormentas, salinidad, pH y tensión de dióxido de carbono), biológicos (parasitismo, autosombreado, competencia y prensado en el fondo por otras algas), así como por la intervención humana (18, 25, 54).

Se encuentran en todo el mundo, tanto en aguas dulces como saladas, en habitats subáereos y húmedos. Algunas especies son epifitas y otras epizoicas. Proliferan en la mayoría de los estanques semipermanentes, en los lagos y arroyos, a lo largo de las costas marítimas y en aguas superficiales de los océanos, otras crecen a profundidades de hasta 200 metros en mares tropicales (18).

Su tamaño varía de las formas microscópicas a muchos metros de longitud (60 metros o más). Todas contienen clorofila A, otras contienen clorofila A y B y un tercer grupo presenta clorofila A y C, pero están coloreadas de modos tan

distintos por otros pigmentos que sus colores desempeñan un papel importante en su clasificación (7).

Las algas marinas son utilizadas de muy diversas formas en los distintos países del planeta, pero actualmente se usan principalmente como fuente de hidrocoloides o gomas, que se utilizan en diversos tipos de industrias (19).

2.6.2 Clasificación

Existen diversas maneras de clasificar a las algas, la que a continuación aparece es la señalada por Chapman y Chapman, (18).

DIVISION	NOMBRE COMUN	CLASE
Chlorophyta	algas verdes	Chlorophyceae Prasinophyceae Charophyceae
Euglenophyta	euglenas	Euglenophyceae
Phaeophyta	algas pardas	Phaeophyceae
Chrysophyta	algas pardo doradas	Chrysophyceae
Pyrrhophyta	algas dinoflageladas	Dynophyceae Desmophyceae
Cryptophyta	criptomónadas	Cryptophyceae
Rhodophyta	algas rojas	Rhodophyceae
Chloromonadophytas	cloromonas	Chloromonadophyceae
Xantophyta	algas amarillo verdes	Xantophyceae
Bacillariophyta	diatomeas	Bacillariophyceae

Se hará hincapié en las Divisiones Phaeophyta y Chlorophyta debido a que *Sargassum sinicola*, *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp* pertenecen a éstas.

División Phaeophyta (algas pardas): constituye un conjunto de plantas clasificadas en aproximadamente 265 géneros y unas 1500 especies, casi todas ellas marinas. Son especialmente comunes a lo largo y cerca de las costas en las partes más frías del mundo, tanto en la zona costera que queda entre los mares, así como sumergidas por completo. Algunas algas pardas son microscópicas y filamentosas, pero la mayoría de ellas tienen un talo más grande y más complejo que varía de unos centímetros a más de 50 metros de largo. Comúnmente, las formas más grandes tienen una estructura compleja, con células de diversas clases. El componente más importante de la capa gelatinosa péctica externa de las paredes celulares de las algas pardas es comúnmente llamada algina (una mezcla variable de polímeros de diversos ácidos orgánicos y de sales de calcio). Los principales componentes de estos polímeros algínicos son los ácidos manurónico, glucónico y glucurónico (7, 18).

Los talos de muchas algas pardas consisten principalmente en parénquima. Las células de este parénquima, por lo común carecen de espacios intercelulares y los que pudieran existir están llenos de algina gelatinosa que constituye la capa externa de la pared celular. Su ciclo sexual incluye una marcada alternancia de generaciones, esporofítica (diploide) y gametofítica (haploide), ambas generaciones son multicelulares e independientes fisiológicamente (7, 18).

División Chlorophyta (algas verdes): se encuentran tanto en aguas dulces como saladas y en muchos habitats subaéreos, principalmente húmedos, incluyendo bancos de nieve. Algunas son epifitas y otras epizoicas, una pequeña proporción son incoloras y de éstas, algunas son saprófitas y otras viven como parásitas internas en plantas y animales. Alrededor del 10% de las especies son marinas. Estas se encuentran principalmente en aguas poco profundas a lo largo de las

costas, a menudo adheridas a rocas donde quedan expuestas durante la marea baja. Otras especies crecen a profundidades de 100 metros en mares tropicales. Las formas no filamentosas más grandes son principalmente marinas (7, 18).

Las algas verdes pueden ser unicelulares, coloniales o multicelulares o pueden tener los núcleos dispersos en un protoplasto continuo. Las algas verdes multicelulares pueden ser filamentosas o formar talos delgados, foliosos de varios centímetros de ancho o presentar otras formas diversas. La pared celular de estas algas está generalmente formada por dos capas. La capa interna es firme y compuesta por celulosa de una u otra clase. La capa externa es más gelatinosa y está formada por sustancias comúnmente pécticas. El núcleo de las algas verdes está bien organizado (7, 18).

La reproducción de algunas algas verdes es por completo asexual, otras tienen solamente reproducción sexual y otras más se reproducen tanto sexual como asexualmente (7).

2.6.3 *Sargassum sinicola*

2.6.3.1 Nombre común: Sargazo (18).

2.6.3.2 Clasificación taxonómica (18):

División	Phaeopyta
Clase	Phaeophyceae
Orden	Fucales
Familia	Sargassaceae
Género	<i>Sargassum</i>
Especie	<i>sinicola</i>

2.6.3.3 Distribución y abundancia

El género *Sargassum* cuenta con cerca de 400 especies que están ampliamente distribuidas, son el componente más conspicuo de la flora de aguas tropicales y subtropicales. Estos organismos dominan en número y biomasa sobre otras especies de algas a lo largo del Golfo de California y forman grandes prados en la zona intermareal y submareal, lo mismo sucede en la Bahía de la Paz (32, 41, 73, 74).

Las especies de *Sargassum* hasta ahora estudiadas presentan mayor abundancia en los meses más cálidos, si éstas habitan zonas templadas; aunque en zonas tropicales y subtropicales su pico de abundancia ocurre en los meses más fríos. Sin embargo se encontró que el crecimiento y longitud de dos especies tropicales de *Sargassum* presentaron su pico máximo durante los meses más cálidos (32, 73, 74).

Se estima un potencial de 15,600,000 toneladas anuales de algas pardas en base fresca a nivel mundial, y al género *Sargassum* le corresponde un buen porcentaje de esta cantidad (19).

En los litorales de la República Mexicana, particularmente en las costas de Baja California, se reproducen con gran abundancia diferentes especies de algas de este género y, entre ellas, la más importante por su distribución es el alga *Sargassum sinicola* (Fig. 2), ya que se pueden obtener casi 20,000 toneladas en una primavera, además de cosecharse una cantidad no menos importante en épocas frías. Se encuentra tanto en forma fija a lo largo de las playas, como flotando libremente en mar abierto. El talo de esta alga es complejo y está dividido en porciones semejantes a tallos y hojas con ramas fructíferas especializadas, su organización es radial (Fig. 2) (54).

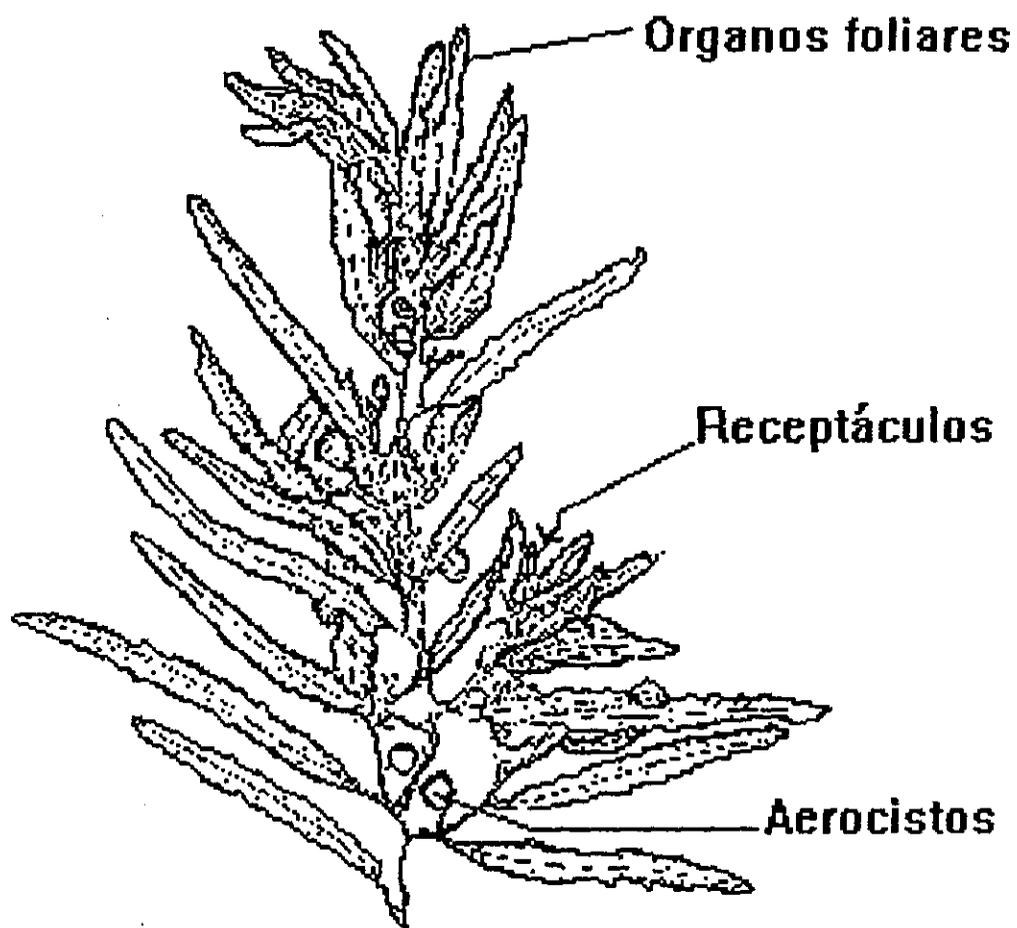


Figura 2 Aspectos morfológico de *Sargassum sinicola*
Fuente: Rodríguez, (74).

2.6.3.4 Composición química:

Sargassum sinicola presenta los siguientes valores en materia seca (%) según varios autores (12, 15, 19):

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
Calcio	0.22 - 3.86
Fósforo	2.32 - 2.75
Sodio	2.2 - 3.88
Potasio	2.22 - 3.33
Magnesio	12.16 - 13.33
Cloro	6.06 - 16.16
Hierro	1310 - 1450 ppm
Zinc	10 ppm
Cobre	10 - 20 ppm
Manganeso	100 - 120 ppm

2.6.3.5 Usos

En general, el género *Sargassum* ha sido utilizado como alimento para animales en varios países y en algunas ocasiones como alimento para consumo humano. Investigaciones preliminares en México sugieren la utilización de *Sargassum sinicola* como fuente de pigmentos y minerales en la alimentación animal (12, 15, 19, 54, 74).

2.6.4 *Macrocystis pyrifera*

Nombre comun: "Sargazo gigante" (13).

2.6.4.1 Clasificación taxonómica (18, 19):

División	Phaeophyta
Clase	Heterogeneratae
Orden	Laminariales
Familia	Lessoniaceae
Género	<i>Macrocystis</i>
Especie	<i>pyrifera</i>

Es una especie con preferencia por agua templada y fría. Se puede presentar desde profundidades mayores de 20 m en aguas cercanas a las islas con agua muy clara que permite la penetración de la luz. La máxima profundidad a la que se le ha encontrado es a 40m, pero generalmente se dibribuye entre los 8-20m (13).

Macrocystis pyrifera alcanza hasta 50m de longitud y por medio de una estructura de fijación llamada rizoide se sujeta a sustratos rocosos, a partir de este rizoide se desprenden varias ramificaciones denominadas estipes (semejante a un tallo), a lo largo de los cuales se encuentran unas estructuras llamadas neumatocistos de éstos se desprenden unas láminas. Cada lámina es sostenida por un pedicelo individual y un neumatocisto. La combinación de estas tres estructuras forman una hoja. Las hojas maduras son de forma lanceolada y generalmente rugosas con denticulos marginales (13) (Fig. 3).

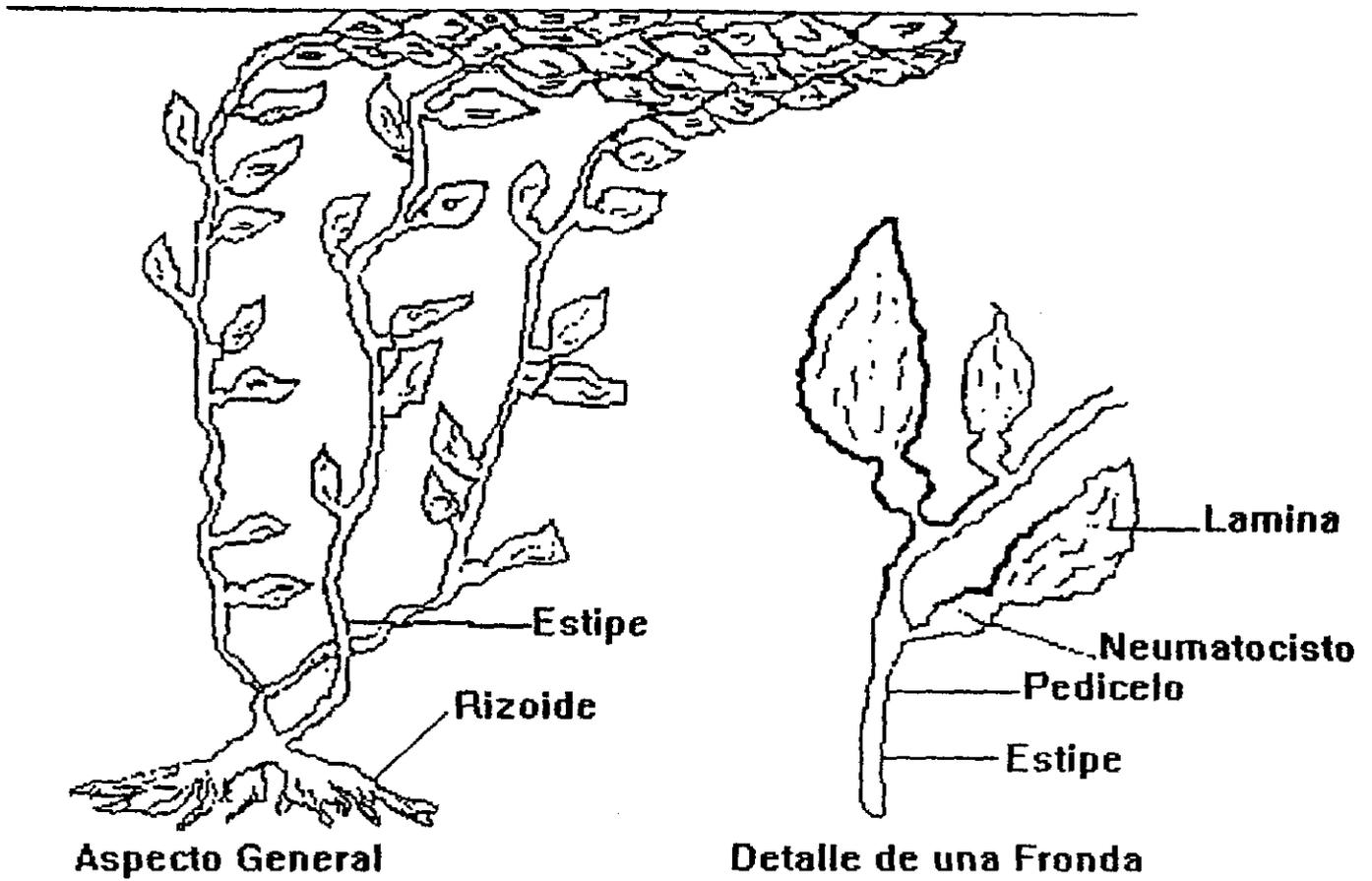


Figura 3 Aspectos morfológicos de *Macroscystis pyrifer*
Fuente: Rogríguez, (74)

2.6.4.2 Distribución

En México se distribuye desde las Islas Coronado, en el extremo norte de la Península de Baja California, hasta Punta San Hipólito, Baja California Sur (13).

2.6.4.3 Composición química (54)

Composición química de *M. pyrifera* (Base seca, g/100g)

Cenizas	36.67
Extracto etéreo	0.56
Fibra cruda	7.74
Proteína cruda	10.06
ELN	46.25
Energía bruta	2.201
Fósforo	2.57
Calcio	14.44
Sodio	31.11
Potasio	55.55
Magnesio	49.16

2.6.4.4 Usos

Macrocystis pyrifera se utiliza fundamentalmente para la industria de alginatos, aunque en ciertos países se utiliza como complemento de forrajes y fertilizantes en forma de harinas de algas (13, 15).

2.6.5 *Ulva spp.*

Nombre comun: Lechuga de mar (18).

2.6.5.1 Clasificación taxonómica (18):

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

Los miembros de la familia *Ulvaceae* son tubulares o membranosos, pasando más tarde a un estado tubular. Son marinos y muchas de las especies tienen un ciclo de vida diplobiéntico, isomórfico, mientras que algunos son enteramente asexuales. Se reproducen por medio de zoosporas biflageladas o cuadriflageladas. Todo se encuentra anclado en un sustrato (rocas, conchas o algas grandes) por un disco basal o por filamentos rizoidales que son capaces de regenerar nuevas plantas y formar grandes mantos flotantes en el agua. Crecen frecuentemente en zona litoral, por lo que están expuestas periódicamente al aire (7) (Fig. 4).

2.6.5.2 Distribución

Las especies de *Ulva* son variedades cosmopolitas que se encuentran desde el ártico hasta los trópicos en el Atlántico y Pacífico norte, incluyendo el sur de China y Japón. En 1973 se obtuvo una producción de 900,000 t. de algas verdes en Japón y Corea. En estudios más recientes se estimó una biomasa cosechable de 4,018,000 t. anuales de materia seca en Japón (74).



Figura 4 Aspecto morfológico de *Ulva spp*
Fuente: Dawes, (27)

2.6.5.3 Composición química

Algunas especies del género *Ulva* presentan los siguientes valores en materia seca (%) (65, 74)

	<i>U. fasciata</i>	<i>U. lactuca</i>
Cenizas	26.01	60.93
Carbohidratos	44.65	27.20
Extracto etéreo	1.80	2.81
Proteína cruda	17.93	9.06
Calcio	0.20	2.59
Magnesio	0.83	0.82
Potasio	0.13	0.15
Hierro	3800 ppm	3600 ppm

2.6.5.4 Usos

Trabajos realizados en Cuba (30) y México (59, 74), mencionan que las algas del género *Ulva* se han empleado en la alimentación para pollos de engorda y que tuvieron buena aceptación por parte de las aves. En países como China, Inglaterra, Chile y Jamaica el humano la consume como parte de su alimentación en forma de ensaladas (1, 18, 24).

III JUSTIFICACION

El trabajo realizado por Rodríguez (74) mostró que la inclusión de *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* en niveles de 9% en las raciones para ponedoras, causa un aumento notable en la calidad de la albúmina, que es uno de los principales aspectos a considerar en el huevo. Por lo tanto, a través de este trabajo, se investigó, si la inclusión del alga verde *Ulva spp* y de la mezcla de las algas cafés *Sargassum sinicola* y *Macrocystis pyrifera* en raciones para ponedoras a niveles superiores al 9%, incrementa aún más la calidad de la albúmina y el color de la yema, sin afectar negativamente las características organolépticas de color, sabor y olor del huevo.

IV. OBJETIVOS

4.1 General

Incluir las algas marinas *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp.* en raciones para gallinas ponedoras en niveles del 10 y 12% con la finalidad de mejorar la calidad del huevo.

4.2 Específicos

4.2.1 Caracterizar químicamente a las algas *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp.*

4.2.2 Analizar la composición química del huevo (yema, albúmina y cascarón) obtenido de gallinas cuyas raciones incluyan 10 y 12% del alga *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera*.

4.2.3 Analizar la composición química del huevo (yema, albúmina y cascarón) obtenido de gallinas cuyas raciones incluyan 10 y 12% del alga *Ulva spp.*

4.2.4 Evaluar la calidad del huevo (yema, albúmina y cascarón) al incluir *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* al 10 y 12% en raciones para gallinas ponedoras.

4.2.5 Evaluar la calidad del huevo (yema, albúmina y cascarón) al incluir *Ulva spp.* al 10 y 12% en raciones para gallinas ponedoras.

4.2.6 Determinar si la inclusión de *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* al 10 y 12% en raciones para ponedoras afecta positivamente las características organolépticas del huevo.

4.2.7 Determinar si la inclusión de *Ulva spp.* al 10 y 12% en raciones para ponedoras afecta positivamente las características organolépticas del huevo.

V. HIPOTESIS

- 5.1 La calidad del huevo mejora con la inclusión de *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* en niveles del 10 y 12% en raciones para ponedoras.
- 5.2 Las características organolépticas del huevo no se alteran al incluir *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* en niveles del 10 y 12% en la ración.
- 5.3 La calidad del huevo mejora con la inclusión de *Ulva spp.* en niveles del 10 y 12% en raciones para ponedoras.
- 5.4 Las características organolépticas del huevo no se alteran al incluir *Ulva spp.* en niveles del 10 y 12% en la ración.

VI. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo forma parte de la línea de investigación "Aprovechamiento de Recursos Marinos para la Alimentación Animal", del Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán" (I.N.N.S.Z.).

6.1 Obtención de las algas marinas

La recolección de las algas se realizó en las costas de la Península de Baja California Sur, México. *Ulva spp* se recolectó en la Ensenada de la Paz, *Macrocystis pyrifera* en Bahía Tortugas y *Sargassum sinicola* en Bahía de la Paz. Todas las algas se enjuagaron con agua de mar para eliminar material extraño o diferente a ellas, posteriormente, se secaron al sol. Ya secas se molieron en molino de martillos y se colocaron en bolsas de plástico dentro de cajas de cartón, identificadas debidamente para ser transportadas al Departamento de Nutrición Animal del I.N.N.S.Z. en la ciudad de México.

6.2 Muestreo de las algas marinas

Antes de realizar el análisis de las algas, se molieron nuevamente en un molino de cuchillas (Thomas-Wiley) con una malla de 2mm y se hizo un muestreo por cuarteo de las bolsas que contenían las algas, con el propósito de obtener una muestra representativa para el análisis químico del alga verde *Ulva spp* y de la mezcla de las algas cafés *Sargassum sinicola* y *Macrocystis pyrifera*.

6.3 Análisis químico de las algas

6.3.1. Análisis químico aproximado (A.Q.P.) que incluye las determinaciones de: proteína cruda, cenizas, humedad y extracto etéreo AOAC, (4). Los análisis se hicieron por triplicado.

6.3.2. Nitrógeno no protéico (85). Esta determinación se hizo por triplicado.

6.3.3. Energía bruta por bomba calorimétrica Parr. Este análisis se hizo por duplicado.

6.3.4. Digestibilidad multienzimática (44). Esta determinación se hizo por triplicado.

6.3.5. Energía metabolizable verdadera in vivo (80). La técnica completa se describe en el anexo 3. Esta prueba 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.G.A.R. en Chapingo, Estado de México.

6.3.6 Digestibilidad energética (80).

Se calculó, utilizando la siguiente fórmula:

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

%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).

6.3.7 Carotenos y Xantofilas (4)

En los laboratorios Saarka Nutrición y Tecnología S.A. de C.V se llevó a cabo la determinación de carotenos y xantofilas siguiendo el método del AOAC (1990). La técnica completa se describe en el anexo 3.

6.3.8 Determinación de minerales de las algas marinas *Ulva spp* y la mezcla de *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera*, huevo completo, cascarón y albúmina (63). El método se muestra en el anexo 3.

6.3.9 Metales pesados

6.3.9 Metales pesados

La determinación de los metales cobre, plomo, mercurio y selenio, se realizó en el laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la U.N.A.M. El método empleado fue por absorción atómica (5).

6.3.10 Análisis microbiológico de las algas marinas

Se realizó en el Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del I.N.N.S.Z. Se determinaron *Salmonella spp* y coliformes totales (22).

6.4 Fase experimental

Se llevó a cabo en el Centro Experimental de 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 utilizaron 240 gallinas Leghorn de 105 semanas de edad, (12 semanas de iniciada la muda) distribuidas aleatoriamente en 5 tratamientos con 4 repeticiones de 12 gallinas cada una. Las aves se alojaron en jaulas individuales durante las 6 semanas que duró el experimento. El agua y alimento se les suministró a libre acceso. El programa de iluminación fue de 16.5 horas luz y una temperatura media de 17°C siendo enero el mes más frío y mayo el más caluroso.

Se elaboraron 5 dietas isoprotéicas e isoenergéticas (Cuadros 1 y 2), de las cuales 4 contenían algas marinas en diferentes porcentajes (mezcla de *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* al 10 y 12% y *Ulva spp* al 10 y 12%). En dichas dietas se sustituyó parcialmente a la pasta de soya, sorgo, carbonato de calcio, ortofosfato y totalmente a la sal; así como al pigmento en las dietas que contenían *Ulva spp*. La inclusión de los demás ingredientes (minerales, vitaminas, fungicida, cloruro de colina, promotor del crecimiento y antioxidante) fue igual en todos los casos, excepto en el aceite, ya que éste aumentó al disminuir el nivel de

sorgo en la ración. La proteína cruda, el fósforo y el calcio aportados en las raciones fueron determinados por los métodos del AOAC (4).

Dieta 1 - Testigo

Dieta 2 - *S. sinicola* + *M. pyrifera* al 10%

Dieta 3 - *S. sinicola* + *M. pyrifera* al 12%

Dieta 4 - *Ulva spp.* al 10%

Dieta 5 - *Ulva spp.* al 12%

Al final de las 6 semanas que duró el experimento, se elaboró, por cada tratamiento, un resumen de las siguientes variables: consumo de alimento, peso del huevo, número de huevos producidos, porcentaje de postura, conversión alimenticia y masa de huevo.

Para determinar la masa de huevo se utilizó la siguiente fórmula (58):

$$N \times P = M$$

Donde:

N = Porcentaje de producción de huevo por gallina por día

P = Peso promedio en gramos de cada huevo

M = Masa promedio de huevo por gallina por día en gramos

Para un diseño completamente aleatorio se empleó como análisis estadístico de cada una de las variables mencionadas, un análisis de varianza y se hizo una comparación entre medias utilizando la prueba de Tukey con una significancia de 0.05% (82).

CUADRO 1. COMPOSICION DE LAS DIETAS (%)

Ingrediente	Testigo	<i>S. sinicola + M. pyrifera</i>		<i>Ulva spp.</i>	
		10%	12%	10%	12%
Sorgo (8.8%) ¹	67.3	53.98	51.15	55	51.82
Pasta de soya (47%) ¹	19.94	20.93	21.16	20.66	20.83
Algas marinas	0	10	12	10	12
Carbonato de Ca	9.32	8.74	8.62	8.62	8.48
Ortofosfato (% Ca y P)	1.13	1.11	1.11	1.18	1.2
DL-Metionina	0.16	0.17	0.17	0.1	0.1
Aceite vegetal	1.15	4.47	5.18	4.37	5.07
Sal	0.4	0	0	0	0
Avelut ²	0.1	0.1	0.1	0	0
Premezcla minerales ³	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vitaminas ⁴	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Mold X ⁵	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cloruro de colina 60%	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Antioxidante	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Promotor del crecimiento ⁶	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
TOTAL	100	100	100	100	100

1 Contenido de proteína cruda

2 Avelut pigmento rojo y amarillo como fuente de xantofilas amarillas y rojas 7 y 10 ppm respectivamente.

3 Sulfato ferroso 110,000g, Oxido de zinc 50,000g, Oxido de manganeso II 110,000g, Sulfato cúprico 12,000g, EDDI 0.300g, Selenito de sodio 0.100g, Carbonato de cobalto 0.200g, Excipiente c.b.p. 1,000,000g Carbonato de calcio

4 Premezcla vitamínica "Aves Postura H.P" CEIEPA-UNAM

5 Fungicida (Ac. acético, propiónico, ascórbico)

6 Bacitracina de zinc al 10%

CUADRO 2. APORTE CALCULADO DE NUTRIMENTOS PRESENTES EN LAS RACIONES TESTIGO Y EXPERIMENTALES SUMINISTRADAS A LAS GALLINAS PONEDORAS

Nutrimento %	Testigo	<i>S. sinicola + M. pyrifera</i>		<i>Ulva spp</i>	
		10%	12%	10%	12%
Proteína cruda	15.500	15.500	15.500	15.505	15.505
Grasa cruda	3.194	6.302	6.973	6.289	6.965
E.M. aves mcal/kg	2.750	2.750	2.750	2.751	2.751
Metionina	0.353	0.372	0.375	0.374	0.378
Arginina	0.947	0.838	0.936	0.921	0.916
Met. + cistina	0.620	0.620	0.620	0.620	0.620
Treonina	0.521	0.505	0.501	0.508	0.509
Calcio disponible	3.800	3.800	3.800	3.801	3.801
Fósforo disponible	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
Sodio	0.180	2.029	2.430	0.023	0.022
Potasio	0.688	0.895	0.937	0.661	0.655
Magnesio	0.198	0.260	0.272	0.175	0.170

6.5 Evaluación de la calidad del huevo

Se realizó en el Departamento de Vitaminas de los Laboratorios Roche, así como, en el laboratorio del Departamento de Nutrición Animal del I.N.N.S.Z. Se siguió el mismo diseño aleatorio mencionado en el punto 6.4. En la sexta semana de experimentación, se tomaron 40 huevos al azar (8 huevos de cada tratamiento) para realizar las siguientes mediciones:

6.5.1 Apariencia física del huevo

Limpieza

Se buscó que externamente el huevo estuviera limpio y no presentara manchas de sangre o de excremento y se observó la porosidad, rugosidad y deformidad del huevo. Internamente se buscaron manchas de sangre o de carne en la yema.

6.5.2 Índice de forma

Se realizó con la ayuda de un vernier y se calculó mediante la aplicación de la fórmula siguiente (68):

$$\text{Índice de forma} = \text{ancho del huevo} / \text{largo} \times 100$$

6.5.3 Peso del huevo

Se pesaron individualmente los 40 huevos en una balanza analítica y se registró su peso.

6.5.4 Altura de la albúmina

Esta medición se realizó sobre un plato de unicel blanco, en el que se colocó el huevo sin cascarón y por medio de una regla milimétrica metálica se midió la altura de la albúmina densa. Esta medida se tomó a un centímetro de la yema.

6.5.5 Unidades Haugh

Se obtuvieron mediante la siguiente fórmula (9):

$$UH = 100 \log (h - 1.7p - 0.37 + 7.6)$$

donde:

UH = Unidades Haugh

h = altura de la albúmina densa (mm)

p = peso del huevo en (g)

6.5.6 Color de la yema

Se empleó el abanico colorimétrico de Roche 1989 para evaluar el color.

6.5.7 Medición de pH

Para realizar la lectura del pH del huevo completo (clara y yema), se utilizaron 4 huevos por tratamiento, los cuales se vaciaron individualmente en vasos de precipitados de 100 ml, y se mezcló el contenido con un agitador. Posteriormente se procedió a hacer la lectura por duplicado de cada muestra de la siguiente forma:

El electródo del potenciómetro marca Orión Model 601 A se sumerge en una solución buffer con un pH 7 para calibrar el aparato a ese pH. Ya calibrado, se sacó el electródo y se enjuagó con agua destilada; se secó y se introdujo en el vaso de precipitado que contenía la muestra (huevo completo, clara o yema). Se registró la lectura en una libreta, hecho lo anterior se sacó el electródo de la muestra y se enjuagó con agua destilada para introducirse nuevamente en la misma muestra y así, anotar el registro de la segunda lectura. Se siguió el mismo procedimiento para todos los tratamientos.

6.5.8 Peso del cascarón

El cascarón se secó a temperatura ambiente y posteriormente se pesó en una balanza analítica OHAUS.

6.5.9 Grosor del cascarón

Se evaluó determinando el peso del cascarón y obteniendo su porcentaje con respecto al peso total del huevo.

6.5.10 Gravedad específica

Para determinar la gravedad específica (la puntuación va del 0 al 8) se prepararon soluciones en vasos de precipitados de 500 ml con diferentes cantidades de sal (NaCl gran. pura). Las densidades se obtuvieron con un densímetro (Cuadro 3).

CUADRO 3. CLASIFICACION DE LOS HUEVOS POR EL GROSOR DE SU CASCARON MEDIANTE EL METODO DE GRAVEDAD ESPECIFICA

Puntuación	Densidad específica	Sal en el agua (g/L)	Movimiento del huevo
0	1.068	103	Se hunde
1	1.072	109	"
2	1.076	115	"
3	1.080	122	"
4	1.084	128	"
5	1.088	134	"
6	1.092	140	"
7	1.096	148	"
8	1.100	153	"

Fuente: Quintana, (68)

Se introdujeron los huevos en una primera solución con una densidad específica de 1,068 y los huevos que flotaron en ella se calificaron con cero y se retiraron; en seguida, los huevos que se hundieron se trasladaron a la siguiente solución que tenía una densidad de 1.072 y así sucesivamente se trasladaron los huevos que se hundían a soluciones con una gravedad específica cada vez mayor (68).

6.5.11 Análisis estadístico

El análisis estadístico empleado para cada aspecto de la calidad del huevo fue un análisis de varianza para un diseño completamente al azar y una prueba de Tukey con significancia de 0.05% para realizar la comparación entre medias.

6.6 Evaluación sensorial

Esta prueba se llevó a cabo en el laboratorio de evaluación sensorial del departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del I.N.N.S.Z., en cubículos individuales utilizando luz blanca para la evaluación del color, sabor y olor del huevo.

Se elaboró una prueba de aceptación y ordenamiento, la cual se aplicó a un panel interno de consumidores habituales de huevo de la Subdirección de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos del I.N.N.S.Z.

Participaron 48 jueces no entrenados de ambos sexos. Se les entregaron 2 cuestionarios (anexos 1 y 2) para que evaluaran el sabor, olor y color del huevo de acuerdo al grado de aceptación. Para las evaluaciones de sabor y olor se utilizaron 30 huevos (6 por tratamiento), y 20 huevos (4 por tratamiento) para la evaluación del color.

Se les presentó un plato de unicel blanco, el cual estaba identificado con cinco numeraciones 260, 241, 279, 206 y 282. En cada uno se colocó una muestra

diferente de huevo revuelto, preparado únicamente con un poco de aceite vegetal. Se les dió una rebanada de pan blanco y un vaso con agua, la cual debían consumir antes de probar cada muestra de huevo. Se les dió el cuestionario donde indicaban el grado de aceptación para el sabor y el olor de cada muestra de huevo.

Para la evaluación del color se colocaron en una charola 5 vasos transparentes que contenían un huevo completo de cada tratamiento y cada juez lo calificaba de acuerdo al grado de aceptación, con una escala del 4 al 0 dándole mayor puntuación al más agradable y menor al que no era de su agrado. En cada cuestionario había un número diferente (260, 241, 279, 206 y 282) para cada muestra (5 muestras) (Anexo 2). También daban una calificación con el abanico colorimétrico de Roche.

La prueba estadística empleada fue no paramétrica de Friedman, donde al sumar los puntajes obtenidos en cada tratamiento se sacaron las diferencias entre ellos, comparándolas posteriormente con un valor de tablas. Se utilizó un intervalo de confianza del 95% (92).

6.7 Análisis químico del huevo.

6.7.1 Análisis químico del huevo completo (clara + yema)

Se liofilizó el huevo completo de la 6a. semana de experimentación. Se tomaron 4 huevos por tratamiento, es decir, uno por repetición.

Para liofilizar el huevo se utilizaron frascos viales de 60 y 155 ml, hielo seco, acetona, papel parafilm y una liofilizadora CT60e Heto de 4 entradas.

Procedimiento:

Mediante una jeringa de plástico de 20 ml se introdujeron en cada vial, 10 ml de huevo completo. Se tapó el vial con papel parafilm y después en un recipiente de plástico que contenía hielo seco y acetona, se giró el vial hasta que se congeló completamente. Se quitó el papel parafilm del vial y se colocó en la liofilizadora (previamente al liofilizado se encendía la bomba de vacío y el congelador de la liofilizadora durante 15 min.) Una vez que el frasco se escarchó, se dejó por espacio de 2 horas aproximadamente hasta que desapareció completamente la escarcha del vial y la muestra se secó. Posteriormente, se retiró el vial de la liofilizadora y la muestra seca se colocó en un frasco previamente identificado por tratamiento y repetición.

Al huevo completo liofilizado se le realizaron las siguientes determinaciones: humedad, nitrógeno, proteína total, A.O.A.C., (4) y los minerales Na, K, Mg, Ca, P, Zn, Fe y Cu (63).

6.7.2 Análisis químico de la clara.

Se liofilizó la clara de la 6a. semana de experimentación, de la misma manera que se mencionó para el huevo completo. Se llevaron a cabo las siguientes determinaciones: humedad, nitrógeno, proteína total A.O.A.C., (4) y los minerales Ca, P, K, Mg, Na, Zn, Fe y Cu (63).

6.7.3 Análisis químico del cascarón

Los cascarones se secaron en la estufa de secado a 110°C todo un día. Posteriormente se molieron en una licuadora y se pusieron en frascos de plástico ya identificados. Se les determinó: humedad, cenizas A.O.A.C., (4) y los minerales Ca, P, Mg, Na, K, Cu, Zn y Fe (63).

6.7.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico empleado en la determinación de cenizas y humedad del huevo completo, de la clara y el cascarón, fue un análisis de varianza para un diseño completamente al azar y la prueba de Tukey para diferencia entre medias, empleando una probabilidad de 0.05% (82).

Para la proteína total del huevo completo y de la clara se hizo un análisis de varianza para un diseño completamente al azar y una prueba de Diferencia Mínima Significativa porque $n = 2$

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Composición química de las algas

Como se aprecia en el Cuadro 4, el contenido en proteína cruda de las algas verdes resultó superior a las caféas. Estos datos son similares a los reportados por Rodríguez (74), quien encontró en *Ulva lactuca* 8.55% y en *Sargassum sinicola* 6.57% de esta fracción química. Otros autores (6, 12, 14, 16, 17, 19, 49, 65) concuerdan con el hecho de que las algas verdes presentan, en general, un mayor contenido de proteína.

Después del carbón, oxígeno e hidrógeno, el nitrógeno es el elemento más abundante en las algas marinas. En algas en crecimiento y sin límite de nitrógeno éste puede constituir 10% del peso seco. El nitrógeno está disponible para estos organismos en tres formas básicas: en forma de gas como nitrógeno libre, y en compuestos orgánicos e inorgánicos. En el primer, caso solo las cianófitas tienen la capacidad para fijar el gas nitrógeno; por lo tanto, el principal papel metabólico del nitrógeno en las demás algas es el de formar compuestos como aminoácidos, purinas, pirimidinas, porfirinas y aminas (84).

El nitrógeno asimilado puede ser almacenado como nitrato, amonio o compuestos orgánicos de bajo peso molecular para ser usados durante el crecimiento de las algas. Varias especies como *U.lactuca*, *Gracilaria folicera*, *Alaria esculenta* y *Laminaria longicruris* almacenan nitrógeno que les permite continuar creciendo, aún cuando las concentraciones externas de este elemento en el océano sean limitadas (84).

Es pertinente mencionar que en ambos grupos algales (verdes y caféas), el 99% del contenido proteico es proteína verdadera, como se muestra en el mismo Cuadro 4 y que esta proteína resultó ser en el caso de *S.sinicola*+*M.pyrifera* 88.9% digestible, mientras que en *Ulva spp* lo fue de 91.1%

Por otra parte, es notable el alto contenido en materia inorgánica que presentaron tanto las algas cafés como las verdes (Cuadros 4 y 5). Esto es algo muy común en tales organismos, debido al medio marino en que se desarrollan y que es rico en elementos minerales (14, 16, 17, 19, 27, 43). En este caso también, los resultados obtenidos en cuanto al contenido de cenizas fueron similares a los informados por Rodríguez (74) (*S.sinicola*, 38.4%, y *U. lactuca*, 57.5%). En general, las algas verdes acumularon la mayor concentración de minerales.

El hecho de que el calcio (Ca) resulta ser uno de los elementos mayoritarios en ambas especies (Cuadro 5) se puede deber, según Stewart (84), a la precipitación de CaCO_3 alrededor o dentro de las paredes algales. La remoción fotosintética de CO_2 resulta en una elevación del pH y en un aumento en la presencia de iones CO_3^{2-} , los cuales al combinarse con Ca^{2+} forman el CaCO_3 , el cual es depositado en las algas. Dos formas cristalinas de CaCO_3 se encuentran en las algas, la calcita y la aragonita, siendo esta última la más frecuentemente hallada en las algas marinas. Las principales funciones del Ca en las algas es participar en la activación de enzimas y en el transporte de iones (84). El contenido de calcio encontrado en el alga *Ulva spp.* empleada en el presente estudio fue similar (2.17%) al informado por Rodríguez (74) para *U.lactuca* (2.59%) y muy superior al mencionado por Castro et al. (17) (0.84%) para esta misma especie. En cuanto a la mezcla de algas cafés, el contenido de este mineral resultó estar dentro de los valores informados (1.2-12 g/100g) por varios autores (11, 12, 14, 49, 74) para las algas pardas.

CUADRO 4. COMPOSICION QUIMICA DE LAS ALGAS MARINAS
Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp
(g/100g)

Fracción química	<i>S. sinicola</i> + <i>M. pyrifera</i> ¹	<i>Ulva spp</i> ¹
Proteína cruda	6.45 ± 0.13	8.34 ± 0.13
Proteína verdadera	6.41	8.29
Digestibilidad protéica	88.87±0.45	91.11±0.21
Humedad	9.17 ± 0.08	7.17 ± 0.19
Cenizas	38.87 ± 0.19	59.31 ± 0.28
Extracto etéreo	0.52 ± 0.08	0.25 ± 0.01
Carbohidratos totales	44.99	24.93
Energía bruta (kcal/g)	2.005 ± 0.3	2.139 ± 0.08
Energía metabolizable verdadera (kcal/g)	1.16	1.36
Carotenos ppm	3.50	1.70
Xantofilas ppm	1.20	2.80

¹ Media ± Desviación estándar

CUADRO 5.COMPOSICION MINERAL DE LAS ALGAS MARINAS
Sargassum sinicola + Macrocystis pyrifera y Ulva spp
(mg/100g)

Mineral	S.s. + M.p. ¹	Ulva spp ¹
Calcio	1178.31±22.76	2170.43±15.67
Fósforo	nd	nd
Sodio	2396.58±73.83	4770.46±30.94
Potasio	3195.48±159.63	1414.06±56.02
Magnesio	651.58±39.71	1865.73±12.31
Zinc	2.40±0.17	2.55±0.007
Hierro	424.00±14.32	488.50±19.08
Cobre (ppm)	2.25±0.25	9.5
Plomo (ppm)	14.63±0.53	30.00±1.06
Selenio (ppb)	155.76±0.0	302.95±0.0
Mercurio	nd	nd

nd = no detectable

¹ Media ± Desviación estándar

En cuanto al fósforo (P, Cuadro 5)), es importante mencionar que el hecho de que no se haya detectado en ninguna de las algas consideradas en el presente estudio pudo deberse a un error en la técnica, ya que a diferencia de los demás elementos que se determinaron por absorción atómica, para el fósforo se empleó una técnica colorimétrica. Este comentario se hace porque no es posible que no se detecte fósforo en ninguna de las algas utilizadas en el estudio, cuando es un elemento necesario en todas las células algales para formar el ácido nucleico, fosfolípidos y varios ésteres de fosfatos, tales como, azúcares fosforilados, ATP y NADP (84). Además, otros autores sí han informado sobre diferentes concentraciones de P en las algas café (0.1-5.5 g/100g) (6, 11, 17, 19, 33, 49, 64, 74).

El sodio (Na) resultó ser uno de los elementos minerales que mayor concentración presentó en las algas. Esto se debe a que el Na participa en la activación de enzimas, mantiene el balance acuoso y es uno de los elementos más abundantes del medio marino (84). La cantidad de Na que aportaron ambas especies algales a la ración fue de 2.40% en el caso de la mezcla *S.sinicola*+*M.pyrifera*, mientras que *Ulva spp.* aportó 4.8%. Posiblemente fue esto lo que provocó excretas húmedas en las aves al inicio del experimento, ya que una concentración de Na de 0.15-0.30% en la ración es considerada adecuada mientras que concentraciones de 0.80-4.00 ya son tóxicas (Cuadro 2), (66). Sin embargo, no se afectaron las variables productivas, como se verá mas adelante.

El potasio (K) también presentó altas concentraciones en ambos grupos algales. Esto puede deberse a que, junto con el azufre, el K es de los elementos más requeridos por el alga. Dentro de las funciones metabólicas del K en las algas está el participar en la regulación osmótica, controlar el pH, mantener la estabilidad y conformación de las proteínas y mantener el medio ambiente electroquímico de las células algales. Generalmente se le encuentra en forma

iónica (84). Contrario a lo que se observó con el Na, fueron las algas cafés las que más K tuvieron (Cuadro 5), algo común en ellas (49).

Las principales funciones del magnesio (Mg) son formar parte de los pigmentos fotosintéticos, activar enzimas, transportar iones y mantener la estabilidad ribosomal. En la ración de las aves, se estima adecuada una concentración de 0.06-0.30 g/100g, mientras que concentraciones de 0.64-1.20% se consideran tóxicas. Por lo tanto, la cantidad de Mg suministrada por las algas a las raciones de las gallinas estuvo dentro de los niveles considerados apropiados para estas aves (66).

Cuantitativamente, el hierro (Fe) es el elemento traza más importante para las algas. Es necesario para que se realicen numerosas reacciones de óxido-reducción y en la síntesis de clorofila. Activa grupos de moléculas de porfirina como la ferredoxina, citocromos, ferritina y enzimas como la nitrato reductasa y la catalasa. El contenido de hierro en las algas cafés y verdes fue muy alto (4240 y 4885 ppm, respectivamente Cuadro 5). Otras fuentes de hierro como las harinas de carne y de pescado contienen comúnmente entre 400-600 ppm y la harina de sangre tiene más de 3000 ppm; la concha de ostión llega a tener entre 2000-5000 ppm de Fe (88). Las necesidades de este elemento para los pollos durante las primeras semanas de vida han sido estimadas de 75-80 ppm en la dieta (66, 88). En el caso de las gallinas ponedoras, la demanda es aún mayor, ya que en promedio un huevo contiene aproximadamente 1 mg de Fe; por lo tanto, la gallina perderá semanalmente cerca de 6 mg. Sin embargo, habría que determinar la disponibilidad de este Fe para las aves, ya que se sabe que la forma química en que está presente el Fe afecta la disponibilidad del mismo en el organismo (88).

El contenido de cobre (Cu) en *Ulva spp* (9.5 ppm, Cuadro 5) resultó muy superior al de las algas cafés (2.25 ppm, Cuadro 5). Aún así, la concentración

considerados ricas fuentes de este elemento (20-400 ppm), como crustáceos y moluscos, hígado de res y de cordero, nueces y leguminosas deshidratadas (88). Entre las funciones del Cu en las algas están el ser constituyente de la plastocianina (proteína involucrada en el transporte de electrones fotosintéticos) y como co-factor de enzimas como las aminooxidasas (84). Se considera adecuado un contenido de 9-200 ppm en la dieta de pollos en crecimiento y en la de gallinas ponedoras, de 10-230 ppm (66).

El zinc (Zn) funciona con enzimas como la anhidrasa carbónica y parece ser que también en el metabolismo de las auxinas y en la estructura ribosomal. El requerimiento mínimo de Zn para pollos en crecimiento es de 35-40 ppm cuando se suministran dietas a base de soya y conteniendo un 1.6% de Ca y 0.7% de P. Cuando el aporte de calcio se reduce a 1.1 %, el requerimiento de Zn es menor (88). La cantidad de Zn aportada por las algas cafés y verdes fue de 24 ppm y 25.5 ppm, respectivamente (Cuadro 5). Los granos empleados generalmente en la alimentación de las aves contienen aproximadamente 20-30 ppm de Zn. En el caso de la soya, cacahuete y harina de linaza el contenido de este mineral traza se encuentra entre 50-70 ppm; en la harina de pescado y de carne está entre 90-100 ppm, o aún más (88). La concentración de Zn considerada adecuada en la dieta de pollos es de 98-200 ppm (peso seco) (66)

En cuanto a los metales pesados, se puede notar (Cuadro 5), que la concentración de plomo (Pb) en ambos grupos algales resultó menor a la informada por Castro et al.(17) y De la Lanza et al.(29) para *U.lactuca* (138 y 59 ppm, respectivamente), pero estuvo muy por encima de la concentración de 1-10 ppm considerada normal en una dieta para pollos (66). El contenido de Pb en las raíces y tallos de pastos que crecen en suelos con altas concentraciones de Pb es de 37.8 y 7.4 ppm, respectivamente y los cereales y otras semillas usadas en la alimentación de las aves rara vez contienen más de 1 ppm de Pb (88). Sin embargo, sí es posible que las algas tengan tal cantidad de este elemento, debido

a la capacidad que poseen de absorber minerales del medio en que crecen. De hecho, *Ulva spp* fue recolectada en la Bahía de La Paz, zona hotelera y de gran movimiento de embarcaciones, mientras que *S.sinicola* y *M.pyrifera* lo fueron en sitios donde la actividad turística y de desechos industriales y orgánicos es mucho más reducida.

En cuanto al selenio (Se), se puede decir que las cantidades (Cuadro 5) encontradas en las algas cafés (155 ppm) y en las verdes (302 ppb) son normales ya que una concentración de 0.30-1.10 ppm en la ración, se considera adecuada; mientras que niveles de 5.0-80 ppm son ya tóxicos. En el presente estudio, las concentraciones de Se aportadas por las algas a la ración, al incluirlas en niveles del 10 y 12%, resultaron muy bajas.

Otra fracción química que también resultó muy alta en ambos grupos algales fueron los carbohidratos (Cuadro 4). Dichos resultados concuerdan con los mencionados por otros autores (12,14, 16, 17, 19, 64, 74). Esto es normal dado que las algas son organismos fotosintéticos, por tanto los carbohidratos son productos de almacenamiento de la fotosíntesis en ellas (39, 49, 84). Se pueden considerar tres principales grupos de carbohidratos en las algas (39, 49, 62, 84): 1) los de almacén o reserva, como el almidón en las verdes y rojas, el manitol y laminarina en las feofíceas; 2) los que están en las fibras de la pared celular, como la celulosa, mananos o xilanos, y 3) los que están en la matriz de la pared celular, como el ácido algínico en las algas cafés, agar y carragenanos en las rojas, celulosa y ésteres sulfatados en las verdes. En el caso de las aves domésticas, los carbohidratos digestibles incluyen a los monosacáridos (glucosa, fructosa), disacáridos (maltosa, sacarosa) y polisacáridos (almidones). Los

indigestibles para ellas son los que forman parte de la fibra y pueden ser solubles (β -glucanos y pentosanas) o insolubles (celulosas y hemicelulosas) en agua (31).

Aunque el contenido en carbohidratos totales es alto, la energía que aportan estas algas es baja (Cuadro 4), especialmente si se considera que de la energía disponible realmente fue aprovechada el 63% o menos.

El extracto etéreo que se menciona en el Cuadro 4, incluye a los lípidos, vitaminas y pigmentos presentes en las algas. Tal como se observa, el contenido de esta fracción fue muy bajo, lo cual es común en estos organismos (6, 12, 14, 16, 17, 19, 64, 74). El principal papel de los lípidos en las algas es servir como componente de la membrana y se sabe que cuando las algas están mas expuestas al aire, cuando baja la marea, tiende a aumentar el contenido de grasas y aceites en ellas. Por eso el intervalo de lípidos mencionado por varios autores es tan amplio (1-8%) (12, 14, 16, 24).

Los pigmentos de las algas incluyen tres grupos principales (52, 69, 91):

- 1) clorofilas.- de éstas la clorofila *a* es la más abundante
- 2) ficobiliproteínas.- como la ficocianobilina
- 3) carotenoides.- están presentes en todos los organismos fotosintéticos y se dividen en carotenos y xantofilas.

Las algas pardas generalmente acumulan β -caroteno, fucoxantina, violaxantina y ocasionalmente, zeaxantina, neoxantina y diatoxantina. En las verdes, los principales carotenoides son el β -caroteno, violaxantina, anteraxantina, zeaxantina, neoxantina y ocasionalmente, α -caroteno y luteína. En este estudio fueron de particular interés las xantofilas, ya que éstas son almacenadas por las aves, mientras que los carotenos no lo son debido a que las aves los convierten eficientemente a vitamina A (40). El contenido de xantofilas presente en las algas cafés consideradas en el presente estudio fue de 1.2 ppm y en las verdes, de 2.80

secado y conservación a que estuvo sujeto el material empleado en el estudio hasta su aplicación (75).

En cuanto al análisis microbiológico realizado a la mezcla de *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp*, los resultados indicaron que las algas fueron negativas a *Salmonella spp* y Coliformes totales.

7.2 Variables productivas

Los resultados obtenidos al final de las 6 semanas de edad (Cuadro 6) mostraron que en las variables de consumo de alimento, masa de huevo y conversión alimenticia no se detectaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$). De cualquier manera, es conveniente señalar que, en general, los valores obtenidos en masa de huevo fueron inferiores a los señalados por Boorman et al (8), debido posiblemente a que las aves empleadas en el presente estudio tenían 105 semanas de edad.

Por otra parte, es importante mencionar que durante la primera semana de estudio, las gallinas presentaron heces muy acuosas, sobre todo en los grupos que incluyeron algas café, seguramente como consecuencia del alto contenido de Na presente en las raciones (ver Cuadro 5) y a que no hubo un período de acostumbramiento (35, 75).

En algunos aspectos estos resultados concuerdan y en otros difieren con otros autores. Por ejemplo, McIntyre y Jenkins, citados por Rojkind (75), hallaron que con niveles de 10% del alga *Ascophyllum nodosum* en la ración, las aves eliminaban heces notablemente líquidas, aunque no registraron efectos adversos sobre la producción del huevo. Hoie y Sannan, citados también por Rojkind (75),

CUADRO 6. VARIABLES PRODUCTIVAS PROMEDIO EN LAS 6 SEMANAS DE EXPERIMENTACION CON GALLINAS CUYA RACION INCLUYO A LAS ALGAS *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp*

Tratamiento	Consumo de alimento g/ave/día ¹	% postura ¹	Peso promedio del huevo ¹ (g)	Masa de huevo ¹ (g)	Conversión alimenticia ¹
Testigo	99±0.01 ^a	76.10±1.50 ^a	65.1±0.74 ^c	49.6±1.19 ^a	2.00±0.21 ^a
S.s + M.p. 10%	103±0.01 ^a	71.68±3.10 ^{bc}	67.4±0.94 ^b	48.3±2.47 ^a	2.30±0.20 ^a
S.s + M.p. 12%	106±0.01 ^a	69.00±1.92 ^c	69.4±1.60 ^a	47.9±2.34 ^a	2.30±0.21 ^a
Ulva spp. 10%	104±0.01 ^a	74.80±2.08 ^{ab}	68.1±0.62 ^{ab}	50.9±1.56 ^a	2.10±0.20 ^a
Ulva spp. 12%	104±0.01 ^a	75.55±2.18 ^a	67.8±0.84 ^{ab}	50.6±2.06 ^a	2.10±0.21 ^a

¹ Media ± Desviación estándar

^{a,b,c} En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística (P < 0.05)

al ensayar con harinas de *A. nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *F. serratus* y *Laminaria hyperborea* en niveles de inclusión del 5, 10 y 15%, observaron efectos laxativos con *F. vesiculosus* y *F. serratus* al 5% durante las primeras semanas; con las otras algas no se registraron efectos desfavorables sobre la digestión. Jensen (48) y McIntyre y Jenkins (53), al incorporar al alga café *A. nodosum* a la ración de gallinas en un nivel de inclusión del 2, 5 y 10%, no detectaron efectos positivos o negativos en la salud general de los animales, en el crecimiento, producción y conversión alimenticia. Una observación adicional que hicieron McIntyre y Jenkins fue el hecho de que las aves presentaron un mayor consumo de alimento cuando la ración era complementada con algas. Hand, citado por Rojkind (75), atribuye esto a un mayor consumo de agua por parte de las aves cuando las raciones incluyen algas cafés. En un ensayo realizado por Carrillo et al. (11), se presentaron heces muy acuosas cuando se incorporó 15% de *M. pyrifera* en la dieta; sin embargo, en este caso dichos autores sí habían adicionado sal a la ración.

Rodríguez (74) utilizó las algas *S. sinicola* y *U. lactuca* en niveles de inclusión del 3, 6 y 9% en la ración de gallinas ponedoras y al final del estudio no encontró diferencias estadísticas en consumo de alimento y conversión alimenticia.

En cuanto al porcentaje de postura se observó que al final de las 6 semanas el tratamiento que incluyó *Ulva spp* al 12% fue similar al grupo testigo, resultando superior al tratamiento que contenía *S. sinicola* + *M. pyrifera* al 12%. Estos resultados concuerdan con los obtenidos con Díaz-Piferrer (30), quien al realizar un ensayo con gallinas incorporando 10, 20 y 30% de *U. lactuca* a las raciones, halló que con un 10% se mejoraba notablemente el porcentaje de postura. Sin embargo Hand y Tyler (38) no detectaron efecto alguno en la producción de huevo cuando utilizaron 10 y 20% de *A. nodosum*. Es posible que en los tratamientos de *S. sinicola* + *M. pyrifera* al 10 y 12%, la disminución en el

tratamientos de *S. sinicola* + *M. pyrifera* al 10 y 12%, la disminución en el porcentaje de postura haya sido afectada por el alto contenido de sodio en las raciones que provocó la eliminación de heces acuosas durante las primeras semanas.

Por otra parte, el peso promedio del huevo fue mayor en los tratamientos que incluyeron algas marinas (Cuadro 6). Es posible que este incremento esté dado por el peso del cascarón, ya que como se observa en el Cuadro 8, en los tratamientos que incluyeron algas marinas hubo una tendencia a presentar un mayor peso del cascarón, aunque estadísticamente sólo *Ulva spp* al 12% fue diferente al testigo.

Rodríguez (74) utilizó las algas *S. sinicola* y *U. lactuca* en niveles de inclusión de 3, 6 y 9% en la ración de gallinas ponedoras y al final del estudio no encontró diferencias estadísticas en consumo de alimento, porcentaje de postura y conversión alimenticia.

7.3 Evaluación sensorial

Tal como menciona Latscha (51) " la apariencia visual especialmente el color, es la característica más importante de los alimentos que determina ser seleccionado para su consumo ". Los resultados expuestos en la Fig. 7 indican que los panelistas mostraron, en cuanto al color de la yema, una mayor preferencia por los tratamientos que incluyeron a las algas cafés. Esto coincide con los datos de Rodríguez (74), quien también obtuvo la mayor preferencia por el color de la yema cuando incluyó el alga café.

En cuanto al sabor, se pudo observar (Fig. 7) que el huevo de los tratamientos que incluyeron a las algas cafés obtuvieron la mayor preferencia, en comparación con el testigo. Posiblemente el sabor fuerte típico de los productos

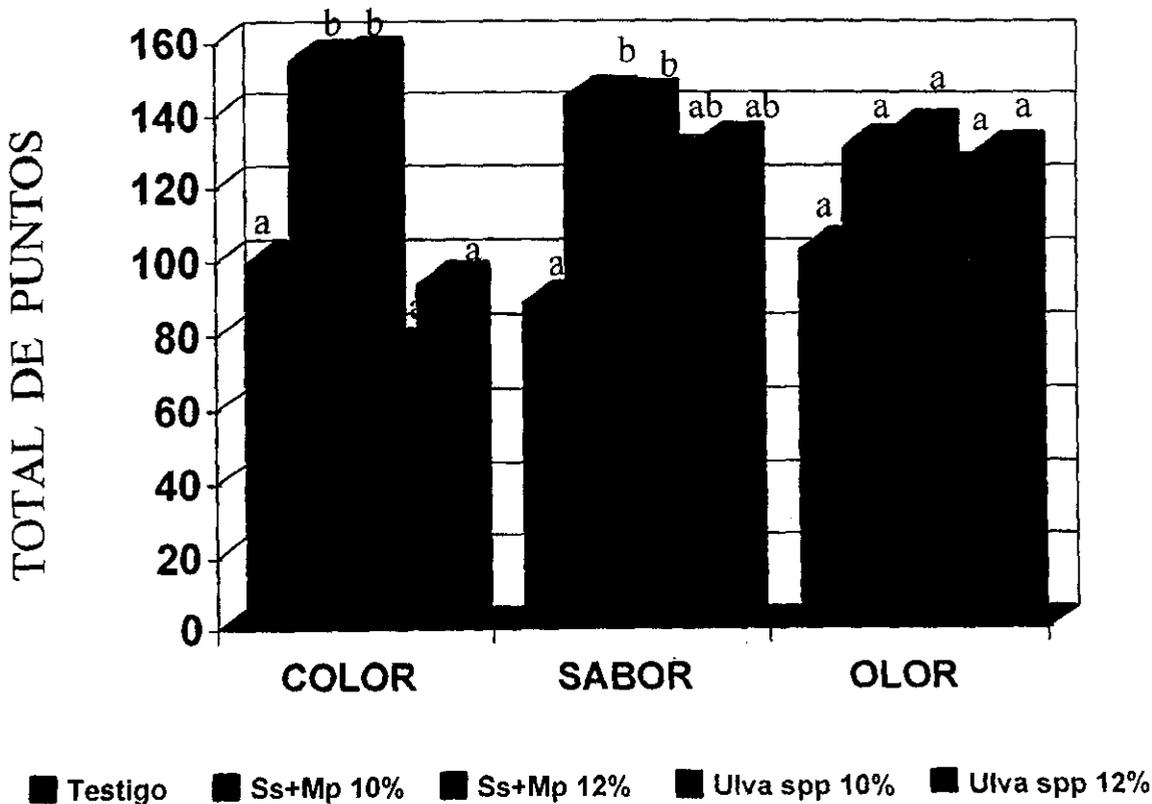


Figura 7. Preferencia de los consumidores por el color, sabor y olor del huevo
^{a, b} En cada cualidad evaluada, literales distintas indican diferencia estadística (P > 0.05)

marinos se transmitió al huevo en un nivel aceptable al paladar y como durante la preparación del huevo para la prueba de evaluación sensorial no se añadió sal, probablemente el huevo del grupo testigo tuvo baja aceptación por lo insípido, tal como lo mencionó un 45% de los panelistas. Estos resultados indican que, por lo menos hasta un nivel de inclusión del 12% de estas algas en las raciones de gallinas ponedoras, no se afecta negativamente el sabor del huevo; por el contrario, parecen actuar más bien como un sazonador. Es importante considerar que, en este caso, el huevo se frío en aceite y que posiblemente en otra forma de preparación, tal como el huevo hervido o cocido, los resultados pudieran ser otros.

Respecto al olor, no se detectaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre los tratamientos.

7.4 Calidad del huevo

7.4.1 Apariencia física del huevo

En el tratamiento que contenía Ss+Mp al 10%, el 50% del huevo estuvo limpio (sin manchas de sangre o de heces), 37.5% poroso y 37.5% rugoso. En Ss+Mp al 12%, 12.5% estuvo limpio, 25% poroso y 50% rugoso. En el tratamiento que contenía *Ulva spp* al 10%, el 25% estuvo limpio, 37.5% poroso y 12.5% rugoso. En *Ulva spp* al 12% todo el huevo estuvo limpio, no hubo con cáscara porosa, pero el 16.6% tenía apariencia rugosa; lo mismo sucedió con el Testigo en cuanto a limpieza y porosidad, pero el 83.3% estaba rugoso.

Es preferible que la superficie del cascarón sea lisa y no rugosa porque el huevo se quiebra con mayor facilidad (56). Sin embargo, aunque la rugosidad del cascarón se atribuye en ocasiones a deficiencia de cobre o a enfermedades como bronquitis o Newcastle (55, 68), es posible que en este caso se haya debido más bien a la edad de las gallinas.

Por tanto, de acuerdo a la clasificación del huevo por categorías de España (Cuadro 7), sólo al huevo del tratamiento con *Ulva spp* al 12% podría asignársele la categoría A.

CUADRO 7. CLASIFICACION DEL HUEVO POR CATEGORIAS, EN ESPAÑA

Concepto	A	B	C
Cáscara y cutícula	Normal, limpia intacta	Normal, intacta	----
Cámara de aire	Inmóvil, altura no superior a 6 mm	Altura no > a 9 mm	----
Clara de huevo	Transparente, limpia consistencia gelatinosa exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza	Transparente, limpia, exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza	Transparente, exenta de cuerpos extraños
Yema de huevo	Visible al trasluz, exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza	Visible al trasluz, exenta de cuerpos extraños de toda naturaleza	Visible al trasluz exenta de cuerpos extraños
Olor y sabor	Sin olores y sabores extraños	Sin olores y sabores extraños	Sin olores y sabores extraños

Fuente: Buxadé, (9).

7.4.2 Tamaño del huevo

No se detectaron diferencias entre tratamientos (Cuadro 8); sin embargo, los valores obtenidos fueron superiores a los mencionados por Rodríguez (74), posiblemente porque las aves que él empleo eran mucho más jóvenes. Es común que conforme aumenta la edad de las gallinas aumente también el tamaño del huevo (56).

**CUADRO 8. CALIDAD DEL HUEVO OBTENIDO A LAS 6 SEMANAS DE EXPERIMENTACION DE GALLINAS
CUYA RACION INCLUYO A LAS ALGAS *Sargassum sinicola*+*Macrocyctis pyrifera* y *Ulva spp***

Tratamientos	Tamaño del huevo ¹ (cm)	Índice de forma ¹	Peso del huevo ¹ (g)	Altura de la albúmina ¹ (mm)	Unidades Haugh ¹	Color de la yema (abanico Roche) ¹	pH ¹	Peso del cascarón ¹ (g)	Grosor del cascarón ¹ (%)	Gravedad específica
Testigo	5.92±0.3 ^a	76.81±3.9 ^a	65.5±5.8 ^a	6.31±0.6 ^{ab}	77.1±6.0 ^{ab}	12±0.0 ^b	6.99±0.1 ^a	5.6±0.6 ^b	8.3±0.8 ^b	1.0700 ^b
Ss+Mp 10%	5.91±0.0 ^a	76.05±2.8 ^a	66.8±6.6 ^a	7.25±0.9 ^a	83.0±5.6 ^a	11±0.5 ^c	6.95±0.3 ^a	6.0±0.6 ^{ab}	9.1±1.5 ^{ab}	1.0720 ^b
Ss+Mp 12%	6.08±0.1 ^a	75.46±2.8 ^a	70.2±4.1 ^a	6.44±0.8 ^{ab}	76.4±5.7 ^{ab}	13±0.4 ^a	6.94±0.2 ^a	6.1±0.4 ^{ab}	8.7±0.5 ^b	1.0705 ^b
Ulva spp10%	6.12±0.0 ^a	75.21±1.6 ^a	71.1±3.2 ^a	6.38±0.7 ^{ab}	75.6±5.6 ^{ab}	13±0.5 ^a	7.01±0.2 ^a	6.2±0.5 ^{ab}	8.8±0.6 ^{ab}	1.0700 ^b
Ulva spp12%	5.93±0.1 ^a	77.40±1.1 ^a	68.9±5.1 ^a	6.00±0.0 ^b	73.9±5.4 ^b	13±0.0 ^a	7.01±0.2 ^a	6.7±0.5 ^a	10.0±0.3 ^a	1.0775 ^a

¹ Media ± desviación estándar

a,b,c Literales distintas indican diferencia estadística (P < 0.05).

7.4.3 Índice de forma

Este es un aspecto de gran importancia económica y comercial, ya que un huevo muy alargado o excesivamente ancho no es aceptado de buen grado en el mercado por ser más susceptible a las roturas. Para efectos comerciales, el índice óptimo se sitúa entre los valores 73 y 75. Un índice inferior a 72 indica que se trata de un huevo extremadamente largo y un índice superior a 76 señala a uno demasiado redondo (9). El índice de forma promedio obtenido en el ensayo fue el siguiente: Testigo, 76.7; Ss+Mp al 10%, 76.05; Ss+Mp al 12%, 75.46; *Ulva spp* al 10%, 75.21; *Ulva spp* al 12%, 77.10. Por tanto, todos los tratamientos están situados fuera del índice considerado óptimo.

7.4.4 Peso del huevo

A diferencia del resultado señalado en el Cuadro 6 sobre el peso promedio del huevo, al realizar la medición individual de los huevos no se detectó diferencia estadística (Cuadro 8) entre tratamientos. Esto pudiera deberse a que el tamaño de muestra en que se realizó el peso individual fue mucho menor. Sin embargo, este resultado coincide con los obtenidos por Hand citado por Rojkind (75) quien al incluir *Laminaria cloustoni* y *A. nodosum* en un 10% de la ración no encontró diferencias significativas en cuanto al peso del huevo. En cambio con 15% de estas algas, el peso promedio de los huevos fue más bajo.

Lo que sí es evidente es que en todos los tratamientos, el peso del huevo resultó superior al peso promedio de un huevo y que va de 60 - 62 g (57,58, 79). Esto es lógico al considerar que conforme se incrementa la edad de las gallinas aumenta el peso del huevo (77). Por lo tanto, si solo se considerara este aspecto de la calidad del huevo, todos los que se obtuvieron en el presente ensayo serían de calidad superextra 1 y 2, de acuerdo a la clasificación española por gramaje que se muestra en el Cuadro 9.

CUADRO 9 CLASIFICACION ESPAÑOLA POR GRAMAJE (POR CLASES) DEL HUEVO COMERCIAL

Clase	Peso unitario (g)
C - 1 (superextra 1)	> = 70
C - 2 (superextra 2)	65-70
C - 3 (extra)	60-65
C - 4 (primera)	55-60
C - 5 (segunda)	50-55
C - 6 (tercera)	45-50
C - 7 (cuarta)	40-45
C - 8 (quinta)	< 40

Fuente: Buxadé, (9)

Esta clasificación por clases coincide en los intervalos de gramajes y en la nomenclatura con la de la Unión Europea y es diferente a la de los EE.UU, lo que indica la disparidad de criterios que existe en este subsector de la avicultura en el mundo (9).

7.4.5 Altura de la albúmina y Unidades Haugh

En ambas mediciones, únicamente se encontró diferencia entre el tratamiento Ss+Mp al 10% y *Ulva spp* al 12% (Cuadro 8). Es interesante notar que en algunos aspectos coinciden estos resultados con los de Rodríguez (74), cuando incorporó el alga café *Sargassum sinicola* al 9% en la ración de ponedoras, obteniendo 87 Unidades Haugh y 7.67 mm de altura de albúmina.

Es posible que en el incremento de la altura de la albúmina en el huevo del tratamiento Ss+Mp al 10% y en el de Rodríguez (74) con *S. sinicola* al 9% tenga que ver el ácido algínico, carbohidrato común en las algas cafés ya que la viscosidad de la albúmina está dada por la asociación de la beta-ovomucina (proteína de la albúmina) con la lisozima o con algunos oligosacáridos cuya estructura química es similar a la de otros agentes gelificantes, como los alginatos

(sales del ácido algínico) empleados comúnmente en la industria alimentaria como espesantes o viscosantes (50, 55, 71).

Por otra parte, contrario a lo que se esperaba, no se incrementó la altura de la albúmina y de las Unidades Haugh al aumentar el nivel de inclusión de las algas cafés (Cuadro 8).

Según Buxadé (9), existe una correlación negativa entre el tamaño del huevo y la altura de la albúmina. En este caso se obtuvo una correlación de 0.194 ($P > 0.05$).

Un aspecto muy importante de mencionar es que en todos los tratamientos, el huevo alcanzó valores superiores a las 72 Unidades Haugh, por lo que, de acuerdo con la clasificación para la calidad del huevo establecida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) y que va de AA (>de 72 UH), A (60-72 UH) hasta B (31-60 UH), este huevo tiene una clasificación de "AA" (excelente). Esto es muy importante, si se considera que las aves empleadas en el estudio tenían 105 semanas de edad. Se sabe que a medida que avanza el ciclo de postura, la calidad de la albúmina sufre deterioro, aunque después de la muda, las ponedoras producen huevos en los que se recupera parcialmente la calidad de la albúmina (Buxadé, 1987), como sucedió en este caso.

7.4.6 Color de la yema

En cuanto a este aspecto, los tratamientos Ss+Mp al 12% y *Ulva spp* al 10 y 12% obtuvieron la mejor coloración de la yema, 13 del Abanico Roche (Cuadro 8) y que corresponde a un color amarillo intenso. Cuando Rodríguez (74) incorporó *S. sinicola* y *U. lactuca* en niveles de 3, 6 y 9% a la ración de ponedoras, obtuvo valores muy bajos en el color de la yema (Cuadro 8). Es importante señalar que el contenido de xantófilas totales del presente estudio fue mucho menor (Cuadro 4) al reportado por Rodríguez (74) para el alga café *S. sinicola* (14.47 ppm) y para la

verde *U. lactuca* (15.43 ppm). Pero la razón por la que posiblemente Rodríguez (74) obtuvo menor coloración de la yema es que la única fuente de pigmento en las dietas eran las algas, mientras que en el presente estudio se añadieron xantofilas sintéticas (Cuadro 2).

Hoie y Sannan, citados por Rojkind (75), trabajando con gallinas Leghorn blancas, encontraron que agregando 7 u 8% de las algas cafés *Ascophillum nodosum* o *Laminaria hyperborea* a la ración de las gallinas, no se incrementaba el color de la yema, como sucedía con la aplicación de 8% de harina de pastos. Estos mismos investigadores citados por Rojkind (75) trabajando con *A. nodosum*, *Fucus vesiculosus* y *Laminaria digitata*, informaron que al nivel del 5% las algas producían efecto positivo sobre el color de la yema y que este efecto se hacía mas pronunciado al aumentar el porcentaje. Más aún, la adición de 10-15% de estas algas con un molido especial determinó una coloración rojiza de las yemas, que no era producida por las mismas cantidades de las harinas de algas comerciales. Los autores concluyeron que dichas harinas algales debían contener carotenoides que podían ser trasferidos a los huevos, dando a las yemas esa coloración.

Stephenson (83) consideró que los diferentes efectos observados en la pigmentación de la yema podrían deberse al método de preparación de las harinas, sugiriendo que un mayor y mejor molido de las algas permite una mejor retención de los pigmentos.

Jensen (47) en su trabajo sobre la influencia de los carotenoides de las algas en la coloración de la yema de huevo, también opina que los resultados contradictorios registrados en trabajos de investigación podrían deberse a que las harinas probadas hubieran perdido sus pigmentos en algunos casos antes de

comenzar el ensayo, debido a deficientes procesos de elaboración, o por prolongado almacenamiento antes de su aplicación.

Peirano y Filipetti citados por Rojkind (75), incorporaron 5% de harina de alga café *Macrocystis pyrifera* a raciones de gallinas Leghorn pero se obtuvo una coloración muy débil de la yema. Este resultado se atribuyó a la degradación de parte de estos pigmentos como consecuencia del método de secado utilizado. Estos mismos autores realizaron otro ensayo con gallinas, pero incorporando a las raciones especies como *Macrocystis sp.*, *Codium sp.*, *Porphyra sp.*, *Lessonia sp.*, *Ulva sp.* y *Gigartina sp.* Sin embargo, no obtuvieron los resultados esperados, opinando que en futuros trabajos debía preverse la aplicación de un antioxidante a dichas harinas, con el fin de proteger a los pigmentos de la degradación oxidativa.

7.4.7 pH del huevo

Las mediciones del pH del huevo completo mostraron ser ligeramente inferiores (Cuadro 8) al considerado normal en un huevo fresco, que es de 7.8 aproximadamente (45) y a los descritos por Rossi y Pompei (77) y que aparecen en el Cuadro 10. Estos resultados pueden considerarse positivos, ya que una elevación en el pH lleva a un deterioro en las características físicas de la yema y albúmen y es causada principalmente por la pérdida de CO₂ a través de las membranas externas y del cascarón del huevo (45). Durante el almacenamiento del huevo, se libera bióxido de carbono, el cual provoca un incremento gradual de pH (de 7.3 a 9) y en consecuencia se rompe el complejo ovomucina-lisozima que es el que mantiene la viscosidad (68, 72).

7.4.8 Peso de la cáscara

Sólo se detectó diferencia entre el grupo Testigo y *Ulva spp* al 12% (Cuadro 8), los cuales mostraron los valores extremos (5.6 y 6.7g, respectivamente). Hand, citado por Rojkind (75), al incluir *Laminaria cloustoni* y *A. nodosum* en un 10% de la ración, no encontró diferencias en cuanto al peso de la cáscara, pero con 15% de estas algas, el peso promedio de la misma fue menor.

Es interesante señalar que el peso del cascarón de los tratamientos Testigo, Ss+Mp al 10% y Ss+Mp al 12% estuvieron por debajo del peso promedio considerado por otros autores (9, 79) y que es de 6.2 a 7.2g.

7.4.9 Grosor del cascarón

Los tratamientos con algas al 10% y 12 % de Ss + Mp produjeron un grosor de cascarón similar al del grupo testigo. Los tratamientos con *Ulva spp* fueron similares entre sí y a Ss + Mp al 10% pero diferentes a *Ulva spp* al 12%

CUADRO 10. pH DEL HUEVO MEDIDO EN GALLINAS A DIFERENTE EDAD

EDAD	ALBUMEN	YEMA
23 semanas	8.75	6.47-6.63
30 semanas	8.52-8.61	6.08-6.0
40 semanas	8.57-8.61	6.13-6.11
47 semanas	8.27-8.76	6.14-6.15
53 semanas	8.36-8.43	6.09-6.12
66 semanas	8.66-8.69	6.43-6.44
70 semanas	8.44-8.45	6.08-6.09

Rossi y Pompei, (77)

Conforme envejece la gallina, el tamaño del huevo aumenta más rápidamente que el peso del cascarón, de tal manera que se disminuye el grosor de este (56).

Es importante señalar que el método empleado para hacer esta medición no es muy preciso, por lo que los datos obtenidos pudieran no ser muy exactos.

7.4.10 Gravedad específica

Respecto a esta variable se observa en el Cuadro 8 que sólo *Ulva spp* al 12% presentó mayor gravedad específica ($P < 0.05$) que los demás tratamientos. McIntyre y Jenkins, citados por Rojkind (75), trabajando con una harina de algas comerciales a base de *A. nodosum* (2.5 y 10% de inclusión en las raciones), no encontraron diferencias en la dureza de la cáscara al medirla por el método de gravedad específica.

La gravedad específica (G.E.) de un huevo establece una relación entre la cantidad de cascarón y los demás componentes del huevo. Normalmente este parámetro disminuye conforme envejece la gallina, lo cual se debe en parte a que el tamaño del huevo aumenta con mayor rapidez que el peso del cascarón. Por eso, las diferencias de GE entre huevos de peso similar se deben principalmente a las variaciones en la cantidad de cascarón. La GE y el grosor del cascarón están muy relacionados, ya que conforme disminuye la primera, suele aumentar el número de resquebrajamiento del cascarón (55, 56, 58). El peso específico del huevo está relacionado con el porcentaje de cáscara y los incrementos de aquél están directamente correlacionados con los aumentos de grosor y de resistencia de la cáscara (9). Efectivamente, en el presente trabajo se encontró una correlación significativa (0.9500) entre la gravedad específica y el grosor del cascarón.

De acuerdo con el Cuadro 3, toda puntuación de G.E. superior a 5 indica una buena calidad de cascarón, aunque los valores promedio pueden variar entre 3 y 5 (58). El huevo de todos los tratamientos de este estudio obtuvo una clasificación inferior al 5, lo que indica que los cascarones estaban muy delgados y que la inclusión de las algas no mejoró este aspecto. Posiblemente, esto se debió a la

edad avanzada de las gallinas, factor que como se indicó antes, ocasionó la disminución del grosor del cascarón al evolucionar el ciclo de postura.

7.5 COMPOSICION QUIMICA DEL HUEVO

7.5.1 Composición proximal

7.5.1.1 Humedad

El contenido de humedad en el huevo liofilizado fue mayor en Ss + Mp al 10% y menor en *Ulva spp* al 12%. Aún así, la cantidad de humedad presente en los diferentes tratamientos fue menor a la señalada por Chávez et al. (20) para huevo deshidratado que es de 4.10.

Al liofilizar el huevo se tuvo como objetivo reducir su contenido de agua para evitar la alteración de los componentes químicos del huevo.

7.5.1.2 Proteína

Es interesante notar en el Cuadro 11 que el contenido de proteína en el huevo completo fue superior en los tratamientos Ss + Mp al 10% y en *Ulva spp* al 10 y 12% ($P < 0.05$). Una tendencia similar observó Rodríguez (74) cuando incorporó a la ración de gallinas ponedoras 6 y 9% de *S. sinicola* y 3 y 9% de *U. lactuca*, obteniendo valores superiores (49.3-50.1%) a su grupo testigo (48.9%). Sin embargo, en este caso, de los tres tratamientos citados (Ss+Mp al 10% y *Ulva spp* al 10 y 12%), sólo *Ulva spp* al 10% fue diferente del grupo testigo. La inclusión de Ss+Mp al 12% produjo una disminución en el contenido de proteína del huevo, en comparación con los otros tratamientos con algas.

De cualquier manera, la concentración de proteína en los huevos del presente estudio se encuentra dentro del intervalo (45.8-53.8%) descrito en la literatura para el contenido proteínico en huevo deshidratado (20, 21, 46, 68, 78).

CUADRO 11. COMPOSICION QUIMICA DEL HUEVO OBTENIDO A LAS SEIS SEMANAS DE EXPERIMENTACION INCLUYENDO EN LA RACION *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp* (g/100g)

Tratamiento	Humedad ¹	Proteína total ¹	Cenizas ¹
Testigo	2.54±0.10 ^{ab}	47.50±0.27 ^{bc}	3.85±0.19 ^a
Ss+Mp 10%	3.06±0.35 ^a	48.75±0.27 ^{ab}	3.80±0.06 ^a
Ss+Mp 12%	2.23±0.09 ^{bc}	46.97±0.04 ^c	3.69±0.07 ^a
<i>Ulva spp</i> 10%	2.23±0.14 ^{bc}	49.22±0.13 ^a	3.69±0.09 ^a
<i>Ulva spp</i> 12%	1.67±0.37 ^c	48.65±0.57 ^{ab}	3.71±0.07 ^a

¹ Media ± desviación estándar

^{a,b,c} Literales distintas indican diferencia estadística (P < 0.05).

Los resultados obtenidos sugieren la presencia de algún o algunos factores intrínsecos en las algas que mejoran el contenido de proteína en el huevo; sin embargo, ésta puede ser una hipótesis a comprobar en futuros estudios.

7.5.1.3 Cenizas

En cuanto al total de materia inorgánica no se detectaron diferencias entre tratamientos, estando los valores dentro de los reportados por Sauveur (78) para huevo liofilizado (3.5-4.4%).

7.5.2 Contenido mineral

7.5.2.1 Huevo completo

Tal como se observa en el Cuadro 12, los elementos minerales más abundantes en el huevo de todos los tratamientos resultaron ser el Ca, P, Na y K, lo que concuerda con lo mencionado por Powrie (65).

Al comparar los resultados obtenidos con los de otros autores, se puede observar (Cuadro 12) que el contenido de Ca en todos los tratamientos de este estudio fue superior al señalado por otros autores (Cuadro 13). Posiblemente en esto tenga que ver la edad de las gallinas empleadas en el estudio y que, como ya fue mencionado, eran de segundo ciclo de postura, por lo que su requerimiento de calcio fue mayor (35). La concentración más baja se obtuvo con *Ulva spp* al 10%.

La mayor concentración del P está en la yema (23, 65). Sin embargo en el presente estudio las concentraciones de fósforo fueron menores a las señaladas por otros autores (Cuadro 13) y no se presentaron diferencias estadísticas

CUADRO 12. CONTENIDO MINERAL DEL HUEVO DESHIDRATADO OBTENIDO DE GALLINAS CUYA RACION INCLUYO *Sargassum sinicola* + *Macrocyctis pyrifera* y *Ulva spp* (mg/100g)

Tratamiento	Minerales ¹							
	Calcio	Fósforo	Sodio	Potasio	Magnesio	Cobre	Hierro	Zinc
Testigo	341±2.12 ^a	513±0.02 ^a	606±1.25 ^c	688±2.83 ^e	27±1.41 ^b	nd	16±0.66 ^a	4.9±0.53 ^a
Ss+Mp 10%	328±2.83 ^b	511±0.11 ^a	595±0.00 ^d	871±1.34 ^a	33±0.07 ^a	nd	19±0.06 ^a	5.0±0.35 ^a
Ss+Mp 12%	345±1.41 ^a	585±0.95 ^a	592±1.78 ^d	777±2.12 ^b	31±0.71 ^{ab}	nd	18±1.70 ^a	6.0±1.27 ^a
Ulva spp 10%	310±2.83 ^c	487±0.09 ^a	617±1.61 ^b	732±1.77 ^c	35±0.12 ^a	nd	17±0.76 ^a	6.0±0.00 ^a
Ulva spp 12%	329±1.14 ^b	506±0.06 ^a	641±0.00 ^a	703±2.76 ^d	32±1.41 ^{ab}	nd	17±0.49 ^a	6.4±0.57 ^a

nd = no detectable

¹ Media y desviación estándar

a,b,c,d,e Literales distintas indican diferencia estadística (P < 0.05).

CUADRO 13. COMPOSICION MINERAL DEL HUEVO DESHIDRATADO SEGUN VARIOS AUTORES (mg/100g)

Mineral	A	B	C
Calcio	220	200	212
Fósforo	920	780	679
Sodio	550	410	521
Potasio	560	550	490
Magnesio	40	30	46
Cobre	---	6.3	---
Hierro	8.5	7.8	7.9
Zinc	---	4.8	5.4

Fuente: A Sauveur (78); B Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (82), C Chávez et al. (20).

Las concentraciones de Na y K resultaron superiores a las que aparecen en el Cuadro 13. Las concentraciones más bajas de Na se obtuvieron con los tratamientos de Ss + Mp.

En el caso del K se observó una mayor concentración ($P < 0.05$) en los tratamientos que incluyeron algas marinas, principalmente en Ss + Mp al 10 y 12%. Posiblemente el alto contenido de este elemento en las algas (Cuadro 5) haya afectado el contenido de K en el huevo.

En el caso del Mg, hubo una mayor concentración que en el grupo testigo en los tratamientos que incluyeron algas marinas al 10%, aún así, los valores obtenidos fueron inferiores a los señalados por algunos de los autores del Cuadro 13.

El Cu no fue detectable, tal como lo informan Sauveur (78) y Chávez et al. (20) y no se encontraron diferencias entre tratamientos para Fe y Zn, estos dos microminerales resultaron superiores aunque los valores de Fe aquí reportados son más elevados a los que aparecen en el cuadro 13.

7.5.2.2 Albúmina

En esta porción del huevo, los principales elementos minerales fueron el Ca, Na, K y Mg. El contenido de Ca de todos los tratamientos estuvo dentro del intervalo mencionado por Powrie (65) para este elemento en la albúmina (8-20mg/100g), excepto para el huevo del tratamiento Ss + Mp al 10%, que sobrepasa notablemente dicha cantidad y que estadísticamente también resultó superior a los demás tratamientos ($P < 0.05$).

Por otra parte, el P fue menor en el tratamiento Ss + Mp al 12%, y en general todos los valores estuvieron muy por debajo del señalado por Powrie (65) (18 mg/100g).

CUADRO 14. CONTENIDO DE MINERALES EN LA ALBUMINA DESHIDRATADA DEL HUEVO OBTENIDO DE GALLINAS CUYA RACION INCLUYO *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* y *Ulva spp.* (mg/100g)

Tratamiento	Minerales ¹						
	Calcio	Fósforo	Sodio	Potasio	Magnesio	Zinc	Hierro
Testigo	14±0.1 ^b	0.12±0.1 ^b	525±0.3 ^d	127±0.7 ^b	77±0.0 ^b	0.4±0.3 ^a	9.4±0.1 ^a
Ss+Mp 10%	30±1.7 ^a	0.12±0.1 ^b	574±1.4 ^a	113±1.3 ^d	83±1.3 ^a	0.2±0.0 ^a	8.3±0.2 ^a
Ss+Mp 12%	16±0.1 ^b	0.09±0.1 ^c	563±0.7 ^b	136±1.5 ^a	76±1.4 ^{bc}	0.4±0.1 ^a	9.4±0.1 ^a
Ulva spp 10%	16±0.1 ^b	0.13±0.0 ^{ab}	549±1.0 ^c	121±0.7 ^c	72±0.7 ^c	0.4±0.0 ^a	9.5±0.2 ^a
Ulva spp 12%	14±0.2 ^b	0.12±0.1 ^b	500±1.8 ^e	119±1.4 ^c	68±0.0 ^d	0.3±0.1 ^a	9.5±0.2 ^a

¹ Media ± desviación estándar

a, b, c, d Literales distintas indican diferencia estadística (P < 0.05).

En cuanto al Na, los tratamientos Ss + Mp al 10 y 12% y *Ulva spp* al 10% presentaron las mayores concentraciones ($P < 0.05$), pero en general todos resultaron muy elevados en comparación con los informados por el autor ya citado (64) (161-169 mg/100g).

Respecto al K, Ss + Mp al 12% mostró el valor más alto, y Ss + Mp al 10%, el más bajo, pero las concentraciones fueron inferiores a las informadas por Powrie (65) (145-167 mg/100g).

El Mg resultó estar en una mayor concentración en el tratamiento Ss + Mp al 10%, y en general los datos obtenidos en todos los tratamientos están muy por arriba de los citados por Powrie (65) (9mg/100g). Las concentraciones de Zn y Fe fueron similares en todos los tratamientos.

Se dice que el contenido mineral de la dieta es el factor más importante que afecta la cantidad de los minerales específicos en el huevo (81). En este caso se pudo observar una correlación muy estrecha (0.895) entre la composición mineral de las algas verdes con los tratamientos *Ulva spp* al 10% y al 12%.

7.5.2.3 Cascarón

Según Mateos (55); Stadelman (81) y Well (93) el huevo contiene 90% de minerales, de los cuales el 98% es calcio en forma de cristales de calcita. En el presente estudio aproximadamente del 90 al 96% del total de los minerales analizados fue Ca; 1.6-1.8% fue Na; 0.74-0.81% Mg y sólo 0.3-0.4% P.

**CUADRO 15. CONTENIDO MINERAL DEL CASCARON DEL HUEVO OBTENIDO DE GALLINAS CUYA RACION
INCLUYO *Sargassum síncola* + *Macrocystis pyrifer* y *Ulva spp* (mg/100g)**

Tratamientos	Minerales ¹							
	Calcio	Fósforo	Sodio	Potasio	Magnesio	Cobre	Hierro	Zinc
Testigo	29000±70.7 ^a	125.1±1.5 ^a	515.63±13.3 ^a	67.3±0.0 ^a	242.5±7.8 ^a	nd	5.0±0.1 ^{ab}	0.420±0.0 ^a
Ss + Mp 10%	29000±70.7 ^a	106.8±0.1 ^c	525.0±0.0 ^a	62.5±3.3 ^{ab}	221.0±8.5 ^a	nd	4.7±0.1 ^b	0.478±8.1 ^a
Ss + Mp 12%	28500±0.0 ^a	94.3±1.1 ^d	528.1±4.4 ^a	63.3±3.8 ^{ab}	229.0±0.0 ^a	nd	4.8±0.2 ^{ab}	0.380±2.1 ^a
Ulva spp 10%	28000±70.7 ^a	93.5±0.4 ^d	506.2±0.1 ^{ab}	63.1±0.8 ^{ab}	222.5±9.2 ^a	nd	5.1±0.2 ^{ab}	0.353±1.8 ^a
Ulva spp 12%	28500±0.0 ^a	115.2±0.4 ^b	487.5±0.0 ^b	60.1±0.0 ^b	211.5±10.6 ^a	nd	5.3±0.1 ^a	0.340±0.0 ^a

nd = no detectable

¹ Media ± desviación estándar

a, b, c, d Literales distintas indican diferencia estadística (P < 0.05).

El contenido de Ca en todos los tratamientos resultó superior al informado por Buxadé (9), Fraga (35) y Mateos (55), quienes señalan un contenido promedio de 1880-2450 mg. Sin embargo, aquí nuevamente se ve el efecto que la edad puede tener sobre el contenido de calcio en el cascarón (35, 56, 86).

En cuanto al P, las concentraciones obtenidas en todos los tratamientos fueron menores a las señaladas por Mateos (55) (220 mg/100g), obteniéndose los niveles más bajos con Ss + Mp al 12% y *Ulva spp* al 10%. Las concentraciones de Na y K fueron muy superiores a las informadas por Fraga (35) de 67-70 mg/100g, en el caso del primero y de 76-80 mg/100g en el segundo.

Respecto al Mg no se detectaron diferencias entre tratamientos. En el Fe sólo hubo diferencia entre los tratamientos Ss + Mp al 10% y *Ulva spp* al 12%. El Cu al igual que en el huevo completo no fue detectable, aunque Fraga (35) sí llega a reportar un contenido de 30-70 ppm en el cascarón. Por otra parte, el Zn se presentó en cantidades muy altas en comparación con las citadas por Fraga (35) (400-800 ppm).

VIII. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y bajo las condiciones empleadas se puede inferir que las algas marinas representan un potencial para la alimentación de las aves, ya que:

- 1) La inclusión al 10% y 12% de las algas *S. sinicola* + *M. pyrifera* y *Ulva spp* en la ración de ponedoras incrementó el peso promedio del huevo y la inclusión de *Ulva spp* al 12% aumentó el peso del cascarón.
- 2) Con *S. sinicola* + *M. pyrifera* al 12% y *Ulva spp* al 10% y 12% se mejoró el color de la yema obteniéndose un agradable color amarillo.
- 3) La inclusión al 10% y 12% de las algas *S. sinicola* + *M. pyrifera* y *Ulva spp* en la ración de gallinas ponedoras afectó favorablemente el sabor del huevo.
- 4) En algunos de los casos el contenido de minerales de las algas mostró una clara relación con la composición mineral de la albúmina

IX. LITERATURA CITADA

1. Abbott, I. A.: Marine Algae of California, Stanford University Press, Stanford California, 1976.
2. Anónimo.: Crack the equality myth. International Poultry Production, 3(2): 5-11, (1995)
3. Antillón, R. D.: Productividad y estado de salud en aves en crecimiento y postura relacionada con el aparato locomotor y calidad del cascarón. VIII Cicio de conferencias internacionales sobre avicultura, Asociación Mexicana de Especialistas en Nutrición Animal, A.C. 1987.
4. A.O.A.C.: Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. 15th Ed., Association of Oficial Analytical Chemists, Washington, D.C., 1990.
5. Beaty R.D.: Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry. Perkin-Elmer. 1978.
6. Boda K.: Nonconventional Feedstuffs in the Nutrition of Farm Animals. Elsevier, Czechoslovakia. 258 pp., 1990.
7. Bold, H. C. and Wynne, J.: Introduction to the Algae Structure and Reproduction, Second Edition, Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1985.
8. Boorman K.N.; Volynchook J.G. and Belyavin C.G. Eggshell formation and quality. In: Cole and Haresing W. Recent Developoment in Poultry Nutrition. Butterworths, England pp. 261-275, 1989.

9. Buxadé, C. C.: La Gallina Ponedora, Sistemas de Explotación y Técnicas de Producción. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 1987.
10. CANACINTRA.: La Industria Alimentaria Animal en México. Sección de Fabricantes de Alimentos Balanceados para animales 76 pp. 1997.
11. Carrillo D.S.; Casas V.M.M.; Castro G.M.I.; Pérez-Gil R.F. y García V.R.: Empleo del alga marina *Macrocystis pyrifera* en dietas para pollos de carne. Prod.Sanid. Anim., 5 (3): 1371- 4 2, (1990).
12. Carrillo, D. S.; Castro, G. M.I.; Pérez-Gil R.F.; Rosales E. and Manzano R.E.: The seaweed (*Sargassum sinicola* Setchel & Gardner) as an alternative for animal feeding. Cuban J.Agric.Sci. 26:177-184, (1992).
13. Casas, V. M. M. y Ponce D.G.: Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Casas Valdés M. y G. Ponce D. (Eds). SEMARNAP, CIB, CICIMAR, 1996.
14. Castro, G. M.I.; Carrillo S.; Pérez-Gil F.; Manzano R. and Rosales E.: *Macrocystis pyrifera* potential resource for animal feeding. Cuban J.Agr.Sci. 25:77-84, (1991).
15. 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).
16. Castro, G. M.I.; Carrillo, D. S. and Pérez-Gil R.F.: Chemical composition of *Macrocystis pyrifera* (Giant Sargazo) collected in summer and winter and its possible use in animal feeding. Ciencias Marinas 20 (1): 33-40, (1994).
17. Castro, G. M.I.; Pérez-Gil R.F.; Pérez-Estrella S. and Carrillo, D. S.: Chemical composition of the green alga, *Ulva lactuca*. Ciencias Marinas 22 (2):205-213 (1996).

18. Chapman, V.J. and Chapman, D.J.: The algae. The Macmillan Press, Ltd., Great Britain 1975.
19. Chapman V.J. and Chapman D.J.: Seaweeds and their Uses. Chapman and Hall, Third edition, London, 1980.
20. Chávez, M. de Chávez V.A.; Pérez-Gil R.F.; Mendoza M.E.; Roldán A.J.A.; Ledesma J.A.; Hernández C.S. y Chaparro F.A.: Tablas de valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo en México. Editorial PAX. México D.F., 33 pp., 1996.
21. Codony, R y Barroeta A.C.: El huevo y la nutrición humana. Acontecer Avícola 2 (5): 26-31, (1994).
22. Colon, H.M.L. y Morales, L.J.: Manual de microbiología de alimentos, Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán", México, D.F., 1994.
23. Cook, F. and Briggs, G.M.: Nutritive value of eggs. In: Stadelman, W.L. and Cotteril D.J. Egg Science and Technology. Chap. 7. Second Edition. Avi Publishing Co, Inc. USA, pp. 92-108 1977.
24. Cooper, M. J.: The sea vegetable book. Foraging and cooking seaweed, Clarkson, N. Potter, Inc/Publishers New York, 1977.
25. Correa, J.; Noazek, Y.; Mc. Lachlan, J.: Effect of temperature and day length on Morphogenesis of Scytosiphon lomentaria (Scytosiphonales, Phaeophyta) from Eastern Canada Phycol. 25 (4): 469-475 (1986.).
26. Cuca, G. M.; Avila, G. E.; y Pro, M. A.: Alimentación de las Aves, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, México, 1990.
27. Dawes, C.J.: Botánica Marina. Editorial Noriega Limusa, México, 1991.

28. De Blas, C. y Mateos, G. G.: Nutrición y Alimentación de Gallinas Ponedoras. Editorial AEDOS, Barcelona, 1991.
29. De la Lanza G.; Ortega M.M.; Laparra J.L.; Carrillo M.R. y Godinez J.L.: Análisis químico de metales pesados en algas marinas de Baja California. Anales del Instituto de Biología, U.N.A.M. Sér. Bot., 59 (1): 89-102 (1989).
30. Díaz, P.M.; De La Campa, J.M. y Saavedra, L.C.: Taxonomía, Ecología y Valor Nutricional de las Algas Marinas Cubanas II. Utilización de Algas en Alimentación de Aves. Serie de estudios sobre Trabajos de Investigación. Contribución No. 16 Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas, La Habana, Cuba. 79pp., 1961.
31. Escribano, F.: Fisiología Digestiva y Metabolismo de las Grasas e Hidratos de Carbono en Gallinas Ponedoras. En: C. de Blas y G.G. Mateos. Nutrición y Alimentación de Gallinas Ponedoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Editorial AEDOS y Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España, 263 pp., 1991.
32. Espinoza, J. y Rodríguez, 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.
33. Etcheverry, H. y López G.L.: Estudios químicos en *Macrocystis pyrifera* (L) AG. Constituyentes Inorgánicos y Orgánicos. Rev. Biol. Marina. 18 (1): 73-79 (1982).

34. Figueroa, N. R. y Morán P.M.R.: Aspectos socioeconómicos de la producción y consumo de huevo. En: Los Retos de la Soberanía Alimentaria en México. P.C. González y Torres T.F. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México y Juan Pablos Editor S.A. México, D.F., 1993.
35. Fraga, M.J.: Alimentación Mineral y Vitamínica de la Gallina Ponedora. En: De Blas C. y Mateos G.G. pp. 161-185 1991.
36. Fry, J.L.; Hirton, C.F. and Harms, R.H.: Reflectance colorimetric evaluation of egg yolk pigmentation. J. Food. Sci. 30:508-510, (1974).
37. Gleaves, E. and Salim; A.: The effect of Lactose Supplementation and Source on Feed Intake and Production Characteristics of Laying Hens, Poultry Sci. 61, 12.2390, (1982).
38. Hand, C.J.E. and Tyler C.: The effect of feeding different seaweed meals on the mineral and nitrogen metabolism of laying hens. J. Sci. Food Agric. 6 (12): 743-754 (1955).
39. Haugh, A. and Larsen, B.: Biosynthesis of algal polysaccharides. In: J.B.Pridham. Plant Carbohydrate Biochemistry, Academic Press, London 207-218 pp., 1974.
40. Hencken H.: Chemical and physiological behavior of feed carotenoids and their effects on pigmentation. Poultry Sci. 71: 711-717, 1992.
41. Hernández, 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, (1990).

42. Hernández, C.G.; Casas, V.H.; Fajardo, L. C.; Sánchez, R. I. y Rodríguez, M. E.: Evaluación de *Sargassum spp.* en la Bahía de la Paz B.C.S., México. Inv. Mar. CICIMAR, 5(1): 11-18, (1990).
43. Hoppe, H. A.; Levring, T. and Tanaka, Y.: Marine Algae in Pharmaceutical Science. Walter de Gruyter and Co., Berlin, 1979.
44. 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).
45. Hunton P. : Laboratory evaluations of egg quality. In: Wells, R.G. and Belyavin, C.G. Egg Quality. Current Problems and Recent Advances. pp. 87-102, (1987).
46. I.N.N.S.Z.: Tablas de Composición de Alimentos. Edición de Aniversario. Subdirección de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos. 246 pp., 1996.
47. Jensen, A.: The effect of seaweed carotenoids on egg yolk coloration. Poultry Sci. 42 (4): 912-916 (1963).
48. Jensen, A.: The nutritive value of seaweed meal for domestic animals. Proc. of the 7th International Seaweed Symposium. Sapporo, Japan. John Wiley & Sons (Eds). USA. 7:7-14 pp., 1972.
49. Johnston H.W.: The biological and economic importance of algae. Tatuara 14:30-63 (1966).
50. Kato, A.; Hirata S. and Kobayashi K.: Structure of the sulphated oligosaccharide chain of ovomucin. Agric. & Biol Chem. 42: 1025-1029 (1978).
51. Latscha T.: Carotenoids: their nature and significance in animal feeds. Hoffman La Roche, Ltd. Basel, Switzerland, 1988.

52. Lobban C. and Harrison P. J.: *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, 311pp., 1994.
53. Mac Intyre T.M. and Jenkins, M.H.: The digestibility of dried ground seaweed meal by the laying hen. Can. J. Agr. Sci. 35: 168-174 (1974).
54. 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.
55. Mateos, G.G. Factores que influyen en la calidad del huevo. En: C. De Blas y G. Mateos. *Nutrición y Alimentación de Gallinas Ponedoras*. Editorial AEDOS y Mundi-Prensa Ediciones. Madrid, España, 263 pp., 1991.
56. Miles, R.: Generalidades sobre la calidad del cascarón de huevo. Asociación Americana de la Soya, ASA/México A.N. No. 125. 1993.
57. Noble, R.C.: Egg lipids. In: Wells R.G. & Belyavin C.G. *Egg Quality-Current Problems and Recent Advances*. Chap. 10. Butterworths & Co. Publishers, Ltd., England, 1987.
58. North, M.O.: *Manual de Producción Avícola*. 2a Edición, El Manual Moderno, México, D.F., 1986.
59. 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. 51pp., 1993.

60. Osuga, D.T. and R. E. Feeney.: Egg Protein. In: Whitaker J.R. & Tannenbaum S.R. Foods Proteins. The Avi Publishing Co. Inc. Westport, Connecticut, USA. 209-266 pp., 1977.
61. Patrick H. and Schaible P.J.: Poultry: Feeds and Nutrition. Second edition. Avi Publishing Co., U.S.A. 1989.
62. Percival E. and McDowell R.H.: Algal Polysacharides. In: Dey P.M. and Harborne J.B. Methods in Plant Biochemistry. Vol.2. Carbohydrates, Academic Press, London, USA. 1990.
63. Perkin Elmer.: Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry. Norwalk, Connecticut, USA. 1982.
64. 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. Naì. Autón. México, Ser. Bot., 54: 243-246 (1983).
65. Powri W.D. Chemistry of Eggs and Egg Products. In: Stadelman W.J. and Cotterill O.J. Egg Science and Technology. Avi Publishing Co. Inc. USA pp 65-91.
66. Puls, R.: Mineral Levels in Animal Health. Diagnostic Data. Sherpa International, Canadá. 240 pp., 1990.
67. Purohit, V., and Peoples, I.: Effects of lauryl sulfhate on egg-shell quality in laying hens Br. Poultry Sci. 24, 517. (1983).
68. Quintana, J. A.: Avitecnia. Manejo de las aves domésticas más comunes. Ed. Trillas, S.A. de C.V. 2a. Edición, México, 1991.

69. Ragan, M.A.: Chemical constituents of seaweeds. In: C.S.Lobban and M.J.Wynne. The Biology of the Seaweeds. Blackwell. Scientific Publications. London. 770 pp., 1981.
70. Robinson, D.S. and Monsey, J.B.: Studies on the composition of egg-white ovomucin. Biochem. Journal 121:537-547. (1971).
71. Robinson D.S. and Monsey J. B.: Changes in the composition of ovomucin during liquefaction of thick egg white. J. Sci. Food Agric. 23: 29-38 (1972).
72. Robinson, D.S.: The chemical basis of albumen quality. In: R.G. Wells and Belyavin C.G. Egg Quality Current Problems and recent Advances. Vol. 20 E. Butterworths, London, 1987.
73. Rocha, R. V. y Siqueiros-Beltrones, 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).
74. Rodriguez, B. M. G.: Las algas marinas *Sargassum sinicola* y *Ulva lactuca* como fuentes alternas de minerales y pigmentos en gallinas de postura. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. U.N.A.M., 1995.
75. Rojkind, A. R.de.: Algas marinas bentónicas como suplemento en la alimentación animal. I. Ensayos con pollos y gallinas ponedoras. Revisión bibliográfica. Centro de Investigación en Biología Marina, Contribución técnica No.19. Buenos Aires, Argentina 24 pp., 1977.
76. Roland, D.: Egg shell quality and calcium for layers: How much, in what form, when to give? Poultry Digest. 45 (534), 300. 1986.
77. Rossi M. and Pompei C.: Changes in some egg components and analytical values due to hen age. Poultry Sci. 74:152-160, 1995.

78. Sauveur, B.: El huevo para consumo: Bases Productivas. Editorial AEDOS, Barcelona, 1993.
79. Shrimpton D.H.: The nutritive value of eggs and their dietary significance. In: Wells R.G. and Belyavin C.G. Egg Quality-Current Advances Chap. 2. 11-25 pp., 1987.
80. Sibbald, I.R.: A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. Poultry Sci., 55: 303-308 (1976).
81. Stadelman W.F. and Cotterill O.J.: Egg Science and Technology. Avi. Publishing Co. Inc., USA. pp 65-91, 1977.
82. Steel, G.D. y Torrie, H.J.: Bioestadística. Principios y Procedimientos. Mc Graw-Hill, México, 1985.
83. Stephenson, W.A.: Seaweed in agriculture and horticulture. Third edition, London, Faber and Faber, 231 pp., 1974.
84. Stewart, W. D.: Algal Physiology and Biochemistry. Edited by W.D.P. Stewart, University of California Press, USA 40-76 pp., 1974.
85. 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, INIFAP-SARH, México, D.F., 1989.
86. Tullet, S. G.: Egg shell formation and quality. In: Wells. and Belyavin pp. 123-145. 1991.
87. Universidad Autónoma Agraria.: 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.

88. Underwood E.J.: Trace elements in human and animal nutrition . Fourth edition. Academic Press, USA. pp. 545, 1977.
89. Unión Nacional de Avicultores.: Boletín informativo mensual 11(7), (1994).
90. Unión Nacional de Avicultores.: Boletín informativo mensual 13(9), (1997).
91. Volesky B., Zajic J.E. and Knettig.: Algal products. In: J.E.Zajic. Properties and Products of Algae. Plenum Pres, USA. 154 pp., 1970.
92. 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.
93. Wells, R.G. and Belyavin, C.G.: Egg Quality. Current Problems and Recent Advances. 1991.

ANEXO 1 PRUEBA DE PREFERENCIA

PRODUCTO: Huevo

PRUEBA PARA: Sabor y Olor

NOMBRE _____

FECHA: _____

Pruebe las muestra que a continuación se le presentan e indique su preferencia de mayor = 4 a menor = 1, en caso de existir alguna que no le agrade en absoluto indíquelo con 0. Puede repetir número de preferencia. Entre cada muestra tome un poco de pan y agua. Después acerque su nariz a cada una de las muestras, husmeelas y señale su preferencia como se mencionó antes.

MUESTRA	SABOR	OLOR
260	_____	_____
241	_____	_____
279	_____	_____
282	_____	_____
206	_____	_____

OBSERVACIONES: _____

GRACIAS

ANEXO 2 PRUEBA DE PREFERENCIA

PRODUCTO: Huevo

PRUEBA PARA: Color

NOMBRE _____

FECHA: _____

Observe detenidamente el color de las yemas que a continuación se le presentan e indique su preferencia de mayor = 4 a menor = 1, en caso de existir alguna que no le agrade en absoluto indíquelo con 0. Puede repetir número de preferencia.

MUESTRA	260	241	279	282	206
PREFERENCIA	_____	_____	_____	_____	_____

OBSERVACIONES: _____

GRACIAS

ANEXO 3 TECNICAS ANALITICAS

Energía metabolizable verdadera in vivo Sibbald, (80).

Se utilizaron 12 gallos Leghorn adultos, de los cuales 8 fueron experimentales y 4 testigos. Los gallos se alojaron aleatoriamente en jaulas individuales previamente identificadas. Debajo de cada jaula se colocó una charola forrada con plástico, la cual se pesó con anterioridad para recoger las excretas.

Los gallos estuvieron en ayuno de alimento por 24 horas antes de empezar el experimento, después a 4 gallos se les administró por consumo forzado 30 g de una mezcla de *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera* y a otros 4 se les dió *Ulva spp*, los gallos testigo se mantuvieron en ayuno, proporcionándoles agua ad libitum. Después de 48 horas, fueron retiradas las charolas que contenían las excretas y se pusieron a secar a temperatura ambiente durante cinco días. Posteriormente se pesaron dichas excretas y se les restó el peso del plástico para obtener el peso real. Finalmente se molieron y se colocaron individualmente en bolsas de plástico ya identificadas, para determinarles energía bruta por medio de la Bomba Calorimétrica Parr.

Para realizar el cálculo de la Energía Metabolizable Verdadera de las algas marinas, se empleó la siguiente fórmula:

$$EMV = (EBi \times X) - [(EBe \times Y) - (EBet \times Z)] / X, \text{ donde:}$$

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

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

X = Cantidad del ingrediente administrado (30g).

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).

Carotenos y Xantofilas. Se siguió el método del AOAC, (4), modificado.

Procedimiento:

Preparación de los reactivos

- Solución extractante Hexano-Acetona-Alc6hol etílico absoluto-Tolueno (10+7+6+7)
- Hidr6xido de potasio en soluci6n metan6lica al 40% (se disuelven 40g de KOH en metanol, se enfria y se afora a 100 ml con metanol).
- Soluci6n acuosa de sulfato de sodio al 10%, se disuelven 10g de Na₂SO₄ en 100 ml de agua
- Adsorbente I, Se homogenizan cantidades iguales (25g) de slica gel y tierra de diatomeas
- Adsorbente II, Se homogenizan cantidades iguales (25g) de magnesia activada y tierra de diatomeas.

Eluentes:

Para carotenos Hexano-Acetona (96+4)

Para xantofilas totales Hexano-Acetona-Metanol (80+10+10)

Material y Equipo

- Expectrof6t6metro GBC UV/vis 911A
- Columnas cromatogr6ficas de 12.5 mm de di6metro interior por 30 cm de longitud
- Bomba de vacio
- Refrigerante
- Matracas volum6tricos de 25 y 100 ml
- Algod6n

Preparación de la Muestra:

Se pesaron 20g de *Ulva spp* y 25g de la mezcla *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera*, y se colocaron en un matraz volumétrico, al cual se le agregaron 30 ml del extractante. Se agitó durante un minuto y se efectúa la saponificación en caliente de la siguiente manera:

Al matraz con la muestra, se le adicionaron 2 ml de KOH en solución metanólica al 40%, se agitó durante un minuto y se llevó a baño maría a 56°C durante 20 minutos, evitando la pérdida de disolvente utilizando el refrigerante, se enfrió la muestra y se dejó reposar una hora en la oscuridad. Pasado ese tiempo se agrega al matraz 30 ml de hexano y se aforó con solución de Na₂SO₄ al 10%, agitando vigorosamente un minuto, dejando reposar en la oscuridad durante una hora antes de efectuar la lectura. La fase superior debe ser de 50 ml.

A la columna cromatográfica se le colocó en el fondo un algodón y se le adicionó una capa de adsorbente I (7cm aprox.) o adsorbente II, dependiendo de lo que se vaya a determinar, carotenos o xantofilas totales; sobre la capa anterior, se adiciona otra capa de sulfato de sodio anhidro (2 cm aprox.) y se comprime fuertemente.

Obtención de Carotenos y Xantofilas totales:

Se coloca como receptor bajo la columna cromatográfica un matraz volumétrico de 25 ml, se toma una alícuota (5ml) de la fase superior de la muestra saponificada, se ajusta el vacío para tener un flujo de 2 a 3 gotas por segundo, una vez obtenido el filtrado, se agrega el eluyente para carotenos, aproximadamente 25 ml tan pronto como la última porción del extracto entra al adsorbente. Posteriormente se invierte el matraz varias veces para homogenizar el contenido y poder determinar la absorbancia.

Para xantofilas totales es el mismo procedimiento, solo que se utiliza el adsorbente II y el eluyente para xantofilas.

Las adsorbancias se leen a 436 nm para los carotenos y 474 nm para las xantofilas. Para realizar el cálculo de las xantofilas totales y de carotenos totales se emplea la siguiente fórmula:

$$X_T = (A_{474} \times 454 \times f) / (236 \times b \times d)$$

donde:

A ₄₇₄ =	Absorbancia de 477nm
454 =	constante
f =	factor de corrección
236 =	coeficiente de extracción
b =	1
d =	(g muestra x ml (fase sup.) 5) / (50 x 25)

Determinación de minerales en *Ulva spp*, y en la mezcla de *Sargassum sinicola* + *Macrocystis pyrifera*, en el huevo completo, en cascarón y en albúmina. Perkin Elemer, (63).

Procedimiento:

Antes de realizar la determinación de los minerales se purga todo el material que se va a utilizar, con ácido nítrico al 3%.

Digestión de las muestras:

Se pesa la muestra (algas marinas, huevo completo, cascarón y albúmina), se anota dicho peso, después la muestra se coloca en matraces Kjeldahl a los que se les adicionan 5 perlas de ebullición y 5 ml de NH_4NO_3 (ácido nítrico). Posteriormente los matraces se colocan en el aparato Kjeldahl para su digestión, y cuando queda aproximadamente 1 ml de la muestra digerida, se deja enfriar, ya

cuando queda aproximadamente 1 ml de la muestra digerida, se deja enfriar; ya frío, se agregan 5 ml de NH_4OH , y así sucesivamente, hasta completar 20 ml de ácido nítrico. Ya que la muestra está fría, se agrega a los matraces 8 ml de ácido perclórico y se colocan nuevamente en el aparato Kjeldahl para su digestión; cuando queda aproximadamente 1 ml de muestra, se apaga el aparato y se espera a que se enfríen los matraces, para después realizar el primer aforo, es decir que: la muestra ya digerida se pasa a un matraz volumétrico de 25 ml y se afora con agua desionizada, guardándose en frascos de plástico identificados.

Preparación de las curvas patrón para realizar la lectura de los minerales:

En tubos de ensayo previamente purgados e identificados por tratamiento, se preparan las soluciones estándar de los minerales a determinar.

La solución estándar se prepara de la siguiente manera: De la solución concentrada del mineral en estudio, se toma una alícuota de 1 ml, y se afora a 100 ml con agua desionizada; por lo tanto, la solución resultante tiene una concentración de 10 mg/l.

Después se efectúan diluciones con las soluciones estándar; para evitar interferencias al determinar el mineral en estudio, se utilizan diferentes soluciones, a los tubos que contenían soluciones estándar de calcio, potasio y magnesio se les agrega LaCl_3 (cloruro de lantano al 1%) y agua desionizada; a los tubos que tenían solución estándar de hierro se les adiciona H_3PO_4 (Ácido fosfórico) más agua desionizada; a los que contenían sodio se les agrega una solución de KCl (cloruro de potasio al 1%) más agua desionizada; finalmente, los tubos que contenían soluciones estándar de cobre y zinc se les adiciona agua desionizada. Posteriormente, se obtuvieron varias concentraciones de cada mineral.

Una vez obtenidas las concentraciones, se realiza la lectura de las absorbancias de la curva patrón en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer y se

interpretan los resultados. Se hacen los cálculos para conocer la concentración del mineral que contenía la muestra en estudio. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$\text{Concentración del mineral} = (\text{absorbancia de la muestra} - \text{ordenada al origen}) / \text{pendiente}$$

Finalmente se determinan los mg del mineral requerido de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{mg del mineral/100g de muestra} = \frac{\text{Concentración del mineral} \times \text{1er. aforo} \times \text{2o. aforo} \times 100}{\text{Peso de la muestra} \times \text{alícuota para el 2o. aforo} \times 100}$$

La lectura del fósforo se realizó en el Espectrofotómetro DU-70 Beckman.

ANEXO 4 ANÁLISIS DE VARIANZA

CONTENIDO MINERAL DEL CASCARON

Calcio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	14000.00	3500.000000	0.5001	0.740
Error	5	34992.00	6998.399902		
Total	9	48992.00			

C.V. = 2.925050%

Fósforo

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	1488.804688	372.201172	496.2682	0.000
Error	5	3.750000	0.750000		
Total	9	1492.554688			

C.V. = 0.809445%

Sodio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	2150.250000	537.562500	13.7660	0.008
Error	5	194.250000	39.049999		
Total	9	2345.500000			

C.V. = 1.219353%

Potasio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	58.296875	14.574219	4.9960	0.055
Error	5	14.585938	2.917187		
Total	9	72.882813			

C.V. = 2.716552

Magnesio

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	1052.593750	263.148438	3.9931	0.081
Error		5	329.500000	65.900002		
Total		9	1382.093750			

C.V. = 3.603143%

Fierro

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	0.546478	0.136620	7.3849	0.026
Error		5	0.092499	0.018500		
Total		9	0.638977			

C.V. = 2.742214%

Zinc

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	0.024965	0.006241	4.2315	0.073
Error		5	0.007375	0.001475		
Total		9	0.032340			

C.V. = 9.747491%

COMPOSICION QUIMICA DEL HUEVO

Proteína

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	7.101563	1.775391	18.1076	0.005
Error		5	0.490234	0.098047		
Total		9	7.591797			

C.V. = 0.649380%

Cenizas

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	0.063522	0.015881	1.4391	0.291
Error		10	0.110352	0.011035		
Total		14	0.173874			

C.V. = 2.802784%

Humedad

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	3.094765	0.773691	13.2347	0.001
Error		10	0.584595	0.058459		
Total		14	3.679359			

C.V. = 10.315015%

VARIABLES PRODUCTIVAS

Porcentaje de postura

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	217.046875	54.261719	11.0148	0.000
Error	25	123.156250	4.926250		
Total	29	340.203125			

C.V. = 3.022916%

Peso promedio del huevo

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	58.109375	14.527344	14.3391	0.000
Error	25	25.328125	1.013125		
Total	29	83.437500			

C.V. = 1.490186%

Consumo de alimento

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	0.000145	0.000036	0.3002	0.875
Error	25	0.003025	0.000121		
Total	29	0.003171			

C.V. = 10.645834%

Conversión alimenticia

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	0.371017	0.092754	2.1261	0.107
Error	25	1.090683	0.043627		
Total	29	1.461700			

C.V. 9.769483= %

Masa de huevo

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	43.640625	10.910156	2.7726	0.049
Error	25	98.375000	3.935000		
Total	29	142.015625			

C.V. = 4.009601%

CONTENIDO MINERAL DEL HUEVO

Calcio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	1519.625000	379.906250	77.5319	0.001
Error	5	24.500000	4.900000		
Total	9	1544.125000			

C.V. = 0.669366%

Potasio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	43324.000000	10831.000000	2210.4082	0.000
Error	5	24.500000	4.900000		
Total	9	43348.500000			

C.V. = 0.293582%

Fósforo

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	11260.000000	2815.000000	1.5021	0.328
Error	5	9370.000000	1874.000000		
Total	9	20630.000000			

C.V. = 8.324946%

Zinc

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	2.910034	0.727509	2.0493	0.225
Error	5	1.774994	0.354999		
Total	9	4.685028			

C.V. = 10.545446%

Magnesio

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	62.958984	15.739746	11.6037	0.011
Error		5	6.782227	1.3566445		
Total		9	69.741211			

C.V. = 3.690204%

Sodio

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	3156.250000	789.062500	544.1810	0.000
Error		5	7.250000	1.450000		
Total		9	3163.500000			

C.V. = 0.197324%

Fierro

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	6.595703	1.648926	1.9766	0.236
Error		5	4.171143	0.834229		
Total		9	10.766846			

C.V. = 5.2
50710%

CONTENIDO MINERAL DE LA ALBUMINA

Calcio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	348.675049	87.168762	156.0640	0.000
Error	5	2.792725	0.558545		
Total	9	351.467773			

C.V. = 4.115638%

Fósforo

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	0.000824	0.000824	38.5188	0.001
Error	5	0.000107	0.000021		
Total	9	0.003404			

C.V. = 3.900612%

Potasio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	605.421875	151.355469	245.8566	0.000
Error	5	3.078125	0.615625		
Total	9	608.500000			

C.V. = 0.637300%

Sodio

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento	4	7323.250000	1830.812500	1927.1710	0.000
Error	5	4.750000	0.950000		
Total	9	7328.000000			

C.V. = 0.179878%

Magnesio

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	264.445313	61.611328	71.9548	0.001
Error		5	4.281250	0.856250		
Total		9	250.726563			

C.V. = 1.229505%

Zinc

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	0.240000	0.060000	0.4138	0.794
Error		5	0.725000	0.145000		
Total		9	0.965000			

C.V. = 84.619698%

Fierro

	FV	GL	SC	CM	F	P>F
Tratamiento		4	0.024353	0.006088	0.1428	0.957
Error		5	0.213135	0.042627		
Total		9	0.237488			

C.V. = 2.192450%