

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“CONTENIDO DE MINERALES Y ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3
EN HUEVOS DE GALLINAS PONEDORAS, ALIMENTADAS
CON HARINA DE ALGAS (*Ulva spp.*)”**

Presentada por:

JADIYI MARTHA CECILIA GUEVARA MATUTE

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAGISTER SCIENTIAE EN
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Lima - Perú

2015

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a mi profesora y patrocinadora de tesis, Mg.Sc. Gladys Tarazona de Rodríguez, por su apoyo y aliento constante durante la realización de este trabajo de investigación.

Un cordial agradecimiento a los Miembros del Jurado: Dr. Víctor Guevara, Mg.Sc. Luis Briceño y Mg.Sc. Gloria Pascual, por su tiempo y valiosas sugerencias.

A las Ings. Patricia Bedregal y Blanca Torres (IPEN), así como a la Dra. Carla Aguilar (IMARPE), por su compartir sus conocimientos y experiencia científica, claves para la realización de este trabajo.

Un agradecimiento especial al Dr. Ricardo Valdivia (f), su apoyo y experiencia fue fundamental para mis estudios.

Al Ing. Pedro Aylas, por su amistad, entusiasmo y ayuda incondicional en la colecta de algas.

Al Dr. Roberto Campos, por las facilidades brindadas cada vez que fue necesario.

A las Ings. Marilú Arimana y Ma. Alejandra Carbajal, a mis amigos del laboratorio y de planta, compañeros de trabajo y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, mi más sincero agradecimiento.

Muchísimas gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
RESUMEN	.
ABSTRACT	.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Generalidades.....	2
2.2 <i>Ulva spp</i>	3
2.2.1 Taxonomía.....	3
2.2.2 Morfología.....	3
2.2.3 Distribución.....	4
2.2.4 Composición nutricional.....	5
2.2.5 Utilidad de <i>Ulva spp</i>	6
a. En alimentación humana.....	7
b. En alimentación animal	10
c. En la producción de biomasa metanizable.....	12
d. Como abono.....	12
e. Como indicadores del grado de contaminación.....	12
f. Como bioremediadores de efluentes: Acuicultura.....	12
g. En cosmetología.....	12
h. En la producción de compuestos bioactivos.....	13
i. Como suplemento en la industria alimentaria y farmacéutica	13
j. Para obtención de gas combustible.....	14
1.1 Minerales.....	14
1.1.1 Clasificación.....	14
a. Macrominerales	14
b. Microminerales	16

c. Minerales peligrosos.....	18
1.2 Ácidos grasos.....	18
1.2.1 Clasificación.....	19
a. Ácidos grasos saturados.....	19
b. Ácidos grasos insaturados	19
1.2.2 Ácidos grasos esenciales	20
a. Fuentes de n-3 y n-6	23
b. Relación entre ácidos n-6:n-3	25
c. Beneficios de los ácidos grasos n-3	26
d. Recomendaciones nutricionales	30
2.5 El huevo.....	33
2.5.1 Estructura	33
2.5.2 Peso	33
2.5.3 Características nutricionales.....	34
2.5.4 Producción y consumo de huevos.....	36
2.6 Aplicaciones de macroalgas en la alimentación aviar.....	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1 Lugar de ejecución.....	42
3.2 Instalaciones.....	42
3.3 Equipos y materiales	43
3.3.1 Equipos.....	43
3.3.2 Materiales.....	43
3.4 Métodos de análisis.....	43
3.4.1 Análisis físicos.....	43
3.4.2 Análisis químicos.....	44
3.4.3 Análisis quimiométricos.....	44

	46
3.4.4 Análisis microbiológicos.....	46
3.4.5 Análisis de micotoxinas.....	46
3.4.6 Análisis sensoriales.....	46
3.5 Animales experimentales.....	46
3.6 Tratamientos.....	47
3.7 Manejo productivo.....	49
3.7.1 Alimentación.....	49
3.7.2 Agua.....	49
3.7.3 Sanidad.....	49
3.8 Metodología de la investigación.....	49
3.8.1 Elaboración de harina de <i>Ulva spp.</i>	51
3.8.2 Elaboración del alimento balanceado.....	54
3.8.3 Alimentación de aves y evaluación de datos productivos....	54
3.8.4 Producción de huevos.....	55
3.8.5 Diseño experimental.....	55
3.8.6 Análisis estadístico de los datos.....	58
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	59
4.1 Análisis de harina de alga <i>Ulva spp.</i>	59
4.1.1 Análisis proximal y de pigmentos.....	59
4.1.2 Análisis mineral.....	62
4.1.3 Análisis de ácidos grasos.....	67
4.1.4 Análisis microbiológicos.....	70
4.2 Análisis de alimento balanceado.....	71
4.3 Análisis de huevo.....	73
4.3.1 Análisis proximal.....	73
4.3.2 Análisis mineral.....	74
a. En clara	74

b. En yema.....	75
c. En cáscara.....	77
4.3.3 Análisis de ácidos grasos en yema.....	77
a. Ácidos grasos n-3: EPA y DHA.....	79
b. Ácidos grasos n-3: Ácido α linolénico (ALA).....	81
c. Ácidos grasos n-3: DPA.....	82
d. Ácidos grasos: relación n-6: n-3.....	82
e. Grasa y colesterol	83
f. Ácidos grasos saturados e insaturados	83
g. Cantidad retenida estimada de ácidos grasos n-3.....	84
4.3.4 Análisis físicos.....	85
a. Peso del huevo y sus partes.....	85
b. Color de la yema	87
4.3.5 Análisis sensorial.....	88
a. Huevo crudo.....	89
b. Huevo cocido.....	90
c. Huevo frito.....	91
4.4 Análisis de la data de parámetros productivos en aves.....	92
4.4.1 Peso	92
4.4.2 Consumo de alimento.....	93
4.4.3 Conversión alimenticia.....	93
4.4.4 Porcentaje de postura de huevos.....	94
4.4.5 Huevos por gallina.....	94
4.4.6 Huevo quiñado.....	95
4.4.7 Huevo pálido.....	95
4.4.8 Mortalidad semanal.....	96
V. CONCLUSIONES	97
VI. RECOMENDACIONES.....	98
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°		Pág.
1	Niveles recomendados de ácidos grasos	31
2	Relación recomendada de ácidos grasos n-6: n-3.....	32
3	Producción mundial de huevo (2009).....	36
4	Composición porcentual de las dietas control y prueba.....	47
5	Contenido nutricional estimado de las dietas control y experimental	48
6	Contenido nutricional de harina de <i>Ulva spp</i>	48
7	Esquema de trabajo para la realización de prueba experimental	50
8	Análisis proximal y de pigmentos, en harina <i>Ulva spp</i>	59
9	Comparación de resultados de análisis proximal y de pigmentos, en muestras de harina de <i>Ulva spp</i>	60
10	Minerales en harina de <i>Ulva spp</i>	63
11	Comparativo sobre minerales en harina de <i>Ulva spp</i>	65
12	Porcentaje de ácidos grasos en los lípidos de la harina de <i>Ulva spp</i>	68
13	Resultados comparativos de ácidos grasos (%) en hna. <i>Ulva spp</i>	69
14	Análisis microbiológicos en harina de <i>Ulva spp</i>	71
15	Resultados promedio de análisis de dietas control y prueba.....	71
16	Ácidos grasos en alimento con harina de algas.....	73
17	Resultados de análisis proximal, calcio y fósforo en yema y clara de huevo, por tratamiento, a 6° semana.....	74
18	Contenido mineral en clara, por tipo de dieta y por semana.....	75

19	Contenido mineral en yema, por tipo de dieta, por semana.....	76
20	Resultados de calcio y fósforo en cáscara, por tratamiento, 6º sem	77
21	Resultados de ácidos grasos en yema de huevos, por tratamiento y semana (g/ 100 gs. yema).....	78
22	Comparativo sobre enriquecimiento de huevos.....	81
23	Grasa y colesterol por 100 g. yema/ tratamiento./ semana.....	83
24	Ácidos grasos saturados e insaturados en yema de huevos, por tratamiento (semana 06)	84
25	Cantidad estimada de ácidos grasos n-3 retenidos en huevos (g/100g).....	84
26	Peso promedio del huevo y sus partes, por tratamiento y por semana	86
27	Coloración de la yema, por tratamiento y por semana.....	87
28	Análisis sensorial del huevo/ tratamiento.....	89
29	Peso promedio de las aves (g), por semana y tratamiento.....	93
30	Consumo promedio de alimento, por semana y tratamiento.....	93
31	Conversión alimenticia promedio, por semana y por tratamiento	94
32	Porcentaje promedio producción huevos, por semana y tratamiento	94
33	Número promedio de huevos semanales por gallina y tratamiento	94
34	Porcentaje promedio de huevos quiñados, por semana y tratamiento	95
35	Porcentaje promedio de huevos pálidos, por semana y tratamiento	96
36	Porcentaje promedio de mortalidad semanal por tratamiento....	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág.
1	Alga <i>Ulva spp.</i> (“lechuga de mar”).....	4
2	Familia omega.....	20
3	Rutas metabólicas para la transformación de los ácidos linoleico y α -linolénico de la dieta, en PUFA de cadena larga (FAO 2008)....	22
4	Ácidos grasos en lípidos de alimentos.....	25
5	Huevos marrones.....	33
6	Perú: Consumo promedio per cápita anual de huevos.....	37
7	Batería de jaulas para gallinas ponedoras.....	42
8	Diagrama de flujo de obtención de harina de <i>Ulva spp.</i>	51
9	Etapa de mezclado (dieta experimental).....	54
10	Dietas control y prueba.....	54
11	Distribución de tratamientos dentro del galpón.....	57
12	Reactor nuclear, para Análisis por Activación Neutrónica (AAN)	64
13	Omega 3 en yema huevo	79
14	DHA en yema/ huevo (dieta control y experimental)	80
15	Evaluación sensorial de huevos	89
16	Prueba de nivel de agrado para huevo crudo	90
17	Prueba de nivel de agrado para huevo cocido.....	90
18	Prueba de nivel de agrado para huevo frito	91

19	Espectros NIR de 4 muestras de <i>Ulva spp.</i>	180
----	---	-----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°		Pág.
1	Resultados análisis proximal y mineral por tipo de dieta.....	126
2	Resultados de micotoxinas, hongos y Salmonella, por tipo dieta	127
3	Minerales en huevo.....	128
4	Ácidos grasos en huevo.....	131
5	Peso del huevo y sus partes.....	133
6	Resultados coloración de yema.....	137
7	Formato de la prueba de nivel de agrado	138
8	Parámetros productivos.....	139
9	Análisis estadístico de minerales en clara de huevo.....	145
10	Análisis estadístico de minerales en yema de huevo.....	148
11	Análisis estadístico sobre ácidos grasos en huevo.....	152
12	Análisis estadístico sobre peso del huevo y sus partes	156
13	Análisis estadístico de la evaluación sensorial de huevos	161
14	Análisis estadístico de parámetros productivos en aves.....	164
15	Métodos de análisis.....	174

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SÍMBOLOS

- AA: Ácido araquidónico (*arachidonic acid*), 20:4n-6 (notación IUPAC)*
- AL: Ácido linoleico (*linoleic acid*) (*nombre trivial*) 18:2n-6 (notación IUPAC)*
- ALA: Ác. alfa-linolénico (*alpha linolenic acid*) (*nombre trivial*) n-3 (notación IUPAC)*
- CLA: Ácido linoleico conjugado (*conjugated linoleic acid*)
- DHA: Ác. docosahexaenoico (*docosahexaenoic acid*) (*nombre trivial*) 22:6n-3
(notación IUPAC)*
- DPA: Ácido docosapentaenoico n-6 (*docosapentaenoic acid*)
- EPA: Ácido eicosapentaenoico (*eicosapentaenoic acid*) (*nombre trivial*), 20:5n-3
(notación IUPAC)*
- FA: Ácidos grasos (*fatty acid*)
- FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FDA: US Food and Drug Administration
- FFA: Ácidos grasos libres (*free fatty acid*)
- IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry
- LCPUFA: Ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (*long-chain polyunsaturated fatty acid*) (>2 dobles enlaces; >10 átomos de C)
- LDL: Lipoproteínas de baja densidad (*low density lipoprotein*)
- LDL-C: Lipoproteínas de baja densidad - colesterol
- MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados (*monounsaturated fatty acid*)
- PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados (*polyunsaturated fatty acid*)

SFA: Ácidos grasos saturados (*saturated fatty acid*)

WHO: Organización Mundial de la Salud (*World Health Organization*)

* Nota: C:Dn-#, donde C=número de átomos de C, D=número de dobles enlaces y #=número de átomos de C que separan el grupo metilo del primer doble enlace; n-6 (notación IUPAC). Se ha optado por utilizar las siglas o acrónimos ingleses ya que son los utilizados internacionalmente (FAO 2008).

RESUMEN

El uso de las algas se está revalorizando continuamente, por la creciente demanda de productos naturales con propiedades funcionales. Con la finalidad de evaluar el efecto del uso de la harina de *Ulva spp.* sobre el contenido de minerales y de ácidos grasos n-3 en huevos de gallinas ponedoras, se preparó harina con esta alga verde de origen marino, la cual presentó buen tenor de proteínas (15.93%), carbohidratos (46.88%) y cenizas (22.23 %), así como pigmentos carotenoides (123.65 mg/kg.) y gran variedad de minerales en su composición (25 en total); dentro de los ácidos grasos, se encontró 20.0% y 5.8%, para el total de n-3 y n-6, respectivamente. Luego se formularon dos dietas: una dieta control (sin harina de *Ulva spp.*) y una dieta experimental (con inclusión del 5% de la harina de algas), para alimentar con ellas durante 6 semanas, a gallinas ponedoras Hy-Line Brown W-36, desde las 28 – 33 semanas de edad.

Los resultados indican que la harina del alga *Ulva spp.* se puede usar como insumo alternativo en dietas de gallinas ponedoras, mejorando la composición nutricional del huevo. En minerales, hubo mayor deposición de cloro y bromo en clara y de yodo en yema, durante las semanas 2, 4 y 6. Para cloro, incrementos de 18, 9 y 10%; para bromo, incrementos de 109, 88 y 71%; para yodo, incrementos de 71, 173 y 27% respectivamente, en relación al control, con la ventaja de su origen orgánico. En cuanto a ácidos grasos n-3, se encontró ácido docosapentaenoico (DPA) a una concentración de 100 mg/ 100 g. yema, durante las semanas 2, 4 y 6; asimismo se mejoró la relación n-6: n-3, pasando de 20:1 (semana 0) a 9:1 (semana 6), lo que equivale a una reducción del 45%.

La inclusión de harina de *Ulva spp.* no afectó las características sensoriales de los huevos, por el contrario, los carotenoides del alga mejoraron el color de la yema, en 2 puntos de la escala de Roche. Tampoco se afectaron los parámetros productivos de las aves, lográndose reducir el porcentaje de huevos pálidos en 82 y 83%, en las semanas 28 y 32, respectivamente.

Palabras claves: *Ulva spp.*, harina de algas, huevos, ácidos grasos, n-3, minerales.

ABSTRACT

Algae is being reevaluated constantly, because of the increasing demand of natural products with functional properties. In order to investigate the influence of algae meal *Ulva spp.* on mineral and omega-3 fatty acids content in eggs of laying hens, a feeding trial was conducted. The trial lasted for six weeks and was performed under commercial conditions. A total number of 336 Hy Line W-36 laying hens, 28 - 33 weeks of age were used and randomly allotted into one of two groups of 168 hens each (X-control and Y-experimental). Both groups of hens were fed diets of standard ingredient and chemical composition, while feed of Y-experimental group of hens was supplemented with algae meal *Ulva spp.* as a source of minerals and n-3 fatty acids in amount of 5%. In order to investigate the influence of algae meal *Ulva spp.* supplementation on egg nutritional content, random egg samples were taken before the trial (week 0) and at weeks 2, 4 and 6 from each group. For minerals, there was higher deposition of chlorine and bromine in egg white and of iodine in yolk, during the weeks 2, 4 and 6. For chlorine, increments of 18, 9 and 10 %; for bromine, increments of 109, 88 and 71 %; for iodine, increments of 71, 173 and 27 % were found compared to the control, with the advantage of his organic origin. As for n-3 fatty acids, docosapentaenoic acid (DPA) was found in yolk in a concentration of 100 mg/100 g.. Likewise, during the weeks 2, 4 and 6 the n-6:/ n-3 ratio was improved, going from 20:1 (week 0) to 9:1 (week 6), which is equivalent to a reduction of 45 %.

The inclusion of *Ulva's* meal did not affect the sensory characteristics of the eggs. Alga carotenoids improved yolk pigmentation, in 2 points of Roche's scale. Bird performance was not affected either, with the percentage of pale eggs being reduced in 82 and 83 %, in the weeks 28 and 32, respectively. Results indicate that algae meal *Ulva spp.* can be used as alternative feedstuff in diets of laying hens, to improve nutritional composition of egg.

Key words: *Ulva spp.*, algae meal, eggs, fatty acids, n-3, minerals.

I. INTRODUCCIÓN

Las algas marinas son un recurso natural todavía subexplotado del cual se pueden obtener grandes beneficios. La escasez de insumos para alimento balanceado y los precios de aceite y harina de pescado dan lugar a una búsqueda constante de insumos alternativos, como por ejemplo en la biomasa algal, dado su potencial como aditivo para reemplazar las sales minerales inorgánicas, comúnmente usadas en la industria de los alimentos para animales; es así como las algas están siendo consideradas como uno de los ingredientes alternativos del futuro (Lupatsch; citado por Shields y Lupatsch, 2012).

Por otro lado, la demanda de huevos se incrementó en nuestro país en un 57% durante los últimos diez años (MINAG, 2012); adicionalmente, los consumidores son cada vez mas exigentes, por ello es que el sector avícola ha dedicado importantes esfuerzos para modificar la composición nutritiva de los huevos, enriqueciéndolos con minerales, ácidos grasos, vitaminas u otros, beneficiosos para la salud (Pérez y Guerra, 1978; Carrillo et al., 2012; Viteri, 2013).

Teniendo en cuenta además, que las aves tienen necesidades proteicas críticas en calidad y cantidad, que la utilización de suplementos minerales y pigmentos es costosa, que las algas son fuente de compuestos biológicos activos, siendo identificadas en la nutrición animal como ingredientes para lograr un producto final mas saludable para consumo humano (Wischnat, 2013) y que la composición de los huevos es alterada por la dieta y

edad de la gallina, se decidió realizar por primera vez en nuestro país un estudio de este tipo, usando *Ulva spp.* como ingrediente en dietas de gallinas ponedoras Hy Line Brown W-36, desde las 28 – 33 semanas, con el objetivo de evaluar el efecto de su uso sobre el contenido de minerales y de ácidos grasos Omega 3 en los huevos obtenidos. Para ello, fue necesario determinar la composición química del alga y evaluar el efecto de su inclusión sobre el contenido nutricional de los huevos y sobre el rendimiento productivo de las aves, considerando su aprovechamiento potencial como insumo alternativo por no tener valor comercial, con el beneficio de contribuir a salud del ave y del consumidor, además de reducir los problemas de contaminación ambiental (Mendo, 2004) creando fuentes de trabajo locales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES

Las algas son la base de la pirámide alimenticia en los medios acuáticos, permitiendo la vida de los animales herbívoros y del hombre y su uso se conoce desde hace más de 5000 años (Darcy; citado por Cano, 2008).

Las macroalgas marinas son una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados, con un relación n-6: n-3 de aproximadamente 1.0 (Van Ginneken et al., 2011). A diferencia de los alimentos terrestres, pueden producir directamente PUFAs como ácido araquidónico (AA, 20:4n-6), ácido eicosapentaenoico (EPA, 20:5n-3) y ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6n-3). Mientras la mayor parte de estas algas no son convenientes para el consumo humano directo, ellas indirectamente podrían aumentar el valor de los alimentos para las personas, al ser añadidas a los piensos (Shields y Lupatsch, 2012).

De los 4 millones de toneladas de algas de valor económico producidas a nivel mundial, 1 500 (0.4 %) son algas verdes (Critchley; citado por Cano, 2008); dentro de éstas, hay varias especies del género *Ulva* que destacan entre las clorofíceas con mayor tradición culinaria en Asia y Europa (Cremades et al.; citado por Cano, 2008) pero también se pueden aprovechar con fines económicos, por medio de la siega de los mantos naturales o la colecta de las arribazones (Díaz et al.; citado por Cano, 2008), o mediante su cultivo *in situ*, como ya se hace en varios países asiáticos (Ohno y Rabello; citado por Cano, 2008). Lo anterior coincide con Castro et al. (1996) quienes estudiando la composición química de *Ulva lactuca*, propusieron su empleo como fuente de minerales en la alimentación de aves y rumiantes; Barclay et al.; citado por Rodríguez (2000) mencionaron que las algas marinas estaban usándose cada vez más en la alimentación de las aves, por su bajo contenido de calorías y lípidos, elevada concentración de minerales, vitaminas, proteínas y carbohidratos indigeribles.

Carrillo et al. (2002) y Marín et al. (2003) reportaron que a pesar de existir mantos de *Ulva lactuca* susceptibles de aprovecharse en forma racional (como alimento humano o como forraje para animales), como materia prima no tiene mercado internacional, o el precio por tonelada es tan bajo que no es rentable su comercialización, pero que dado que esta especie es un posible recurso de explotación, se han realizado numerosos estudios para su mejor aprovechamiento, como parte de la dieta de organismos animales.

2.2 ULVA SPP.

Es un alga azul verdosa que pertenece a las clorofíceas, también conocida como “lechuga de mar”, por sus largas hojas verdes que le dan un aspecto similar al de la lechuga (Figura 1).

2.2.1 TAXONOMÍA

Reino Plantae / Phylum Chlorophyta / Clase Ulvophyceae / Orden Ulvales / Familia Ulvaceae / Género *Ulva* / Especies: *angusta*, *californica*, *costata*, *dactylifera*, *expansa*, *lactuca*, *lobata*, *rigida*, *stenophyll*, *taeniata* (Cano, 2008).

El género *Ulva* fue uno de los primeros nombrado por Linnaeus. El nombre *Ulva* fue mantenido para algas verdes con talos que tienen dos capas de células y el de *Enteromorpha* Link fue establecido para las algas verdes con talos tubulares. Recientemente (Hayden et al.; citado por Cano, 2008) basándose en datos moleculares, redujeron el género *Enteromorpha* a sinonimia de *Ulva*. A nivel mundial se registran 313 especies de *Ulva*, de las cuales 104 son las más comunes (Guiry y Dhonncha, 2007).

2.2.2 MORFOLOGÍA

Las especies de *Ulva* son morfológicamente muy simples y los talos pueden ser laminares o tubulares de formas muy diversas (irregulares, cuneados, alineados, lanceolados, o profundamente divididos dentro de una línea lanceolada); poseen texturas finas con bordes rizados, sus delicadas láminas son usualmente de 40 micrones de grosor.



Figura 1: Alga *Ulva spp.* (“lechuga de mar”)

Ulva spp. debe su color a la gran cantidad de pigmentos verdes (clorofila a y b), además, poseen otros tipos de pigmentos, como los carotenoides (β carotenos, de color amarillo), luteína, sinfonoxantina y una xantófila especial característica de las algas verdes cenocíticas, la cual se encuentra también en las especies de *Ulva* de aguas profundas (Darley; citado por Cano, 2008).

Ulva sp. se fija por un disco basal ó filamentos rizoidales, a diferentes tipos de sustratos. *U. fasciata* y *U. lactuca* alcanzan aproximadamente 15 cm de altura cuando están adheridas al sustrato, rocas u otros objetos sólidos en fondos arenosos. En lugares tranquilos, se han encontrado talos de hasta 1 m de altura y 30 cm o 50 cm de ancho (Díaz y López 1959).

Según Cano (2008) los compuestos del nitrógeno y el fósforo en el agua de mar y las diferencias en la amplitud de variación de los mismos, justifican las diferencias en la morfometría y el estado nutricional (C, N, P) de *U. fasciata*.

2.2.3 DISTRIBUCIÓN

Muchas especies de este género son cosmopolitas, hallándose en gran diversidad de hábitats, con grandes diferencias de salinidad, temperatura, turbidez y composición química; *U. fasciata*, por ejemplo, se extiende hasta las costas de Australia y Nueva Zelanda, las islas del Pacífico y Sudamérica (Hayden et al., 2003).

Generalmente, las especies de *Ulva* crecen en la zona intermareal de la mayoría de los

océanos del mundo, proliferando en áreas donde el sustrato es adecuado, la disponibilidad de nutrientes es alta, hay condiciones adecuadas de luz y temperatura, la fuerza de las olas es baja y las especies herbívoras son reducidas. Su presencia a menudo, indica entrada de agua fresca o contaminación y su distribución puede ser limitada por concentraciones de nitrógeno (por sus altos requerimientos de este elemento, habilidad reducida para absorberlo y habilidad limitada para almacenarlo). En caso de *U. fasciata*, menos concentraciones de nitrógeno favorecen la formación de gametos; altas concentraciones de nitrógeno conducen al crecimiento vegetativo y reproducción asexual; en el caso de *U. lactuca*, deficiencias de nitrógeno suprimen su reproducción (Ministerio de Pesquería, 1994).

En el Perú, *Ulva papenfussi* se halla en: Huanchaco, Trujillo, Salaverry, Callao, Pucusana, y Pisco. *Ulva costata* se encuentra en: Máncora, Lobitos, Talara, Paita, Huacho, Ancón, Callao, Pucusana, San Andrés, La Puntilla, Lagunillas, Laguna Grande, Punta Lomas y Mollendo (Ministerio de Pesquería, 1994).

Acosta, citado por Villanueva (2006) menciona que una de las especies más representativas en la Bahía de Paracas, es *Ulva papenfussi*; sin embargo, también reportó *Ulva costata* en Playa Atenas (Bahía de Paracas, Pisco), a 0 m. de profundidad.

2.2.4 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

Las algas del género *Ulva* contienen una buena fuente de minerales, carbohidratos, fibra, aminoácidos esenciales, ácidos grasos Omega 3 y 6, betacarotenos y vitaminas (CICIMAR, 2010).

Ulva spp. está considerada como un alga alimentaria por el CEVA (2005). Al respecto, Piña et al. (1983) y Castro et al. (1996) mencionan que las algas verdes generalmente presentan, mayor contenido de proteína; su contenido es similar al del maíz, trigo y avena (7 a 15%) y superior a ingredientes usados en la alimentación animal como la paja (3%) y similar al heno (13 a 17%). En cuanto a aminoácidos, *U. fasciata*, por ejemplo, posee cantidades considerables de metionina, lisina, isoleucina, triptófano y cisteína (Díaz Piferrer et al. 1961); inclusive se halló que la composición aminoacídica de *U. lactuca* cumple con los requerimientos del patrón FAO/WHO/ONU (1995) para niños de 2-5 años, con excepción del triptófano y la cisteína (González, 1995).

Vinoj y Kaladharan (2007) haciendo un trabajo parecido y usando el patrón de referencia de la FAO (1981) hallaron que *U. lactuca* era deficiente en 4 aminoácidos: isoleucina, leucina, lisina y metionina + cisteína, pero tuvo más alto contenido de treonina que la proteína de huevo, leche de vaca y leche humana. Ortiz et al. (2006) hallaron que el principal aminoácido limitante en *Ulva lactuca*, es la isoleucina, seguida de leucina.

En polisacáridos, *Ulva* contiene uno llamado Ulvan, el cual contiene en sus moléculas grupos poliurónicos (Chapman; citado por Jara, 1995).

En fitoesteroles, el más abundante en *Ulva* es el isofucosterol (Siddhanta et al. 2002), sin embargo, en algunos casos, el esteroles predominante puede ser el fucosterol según las características del lugar y la época del año en que se cosecha (Popov et al.; citado por Peña, 2011).

La cantidad de vitamina A encontrada en esta alga es sólo comparada con la presente en las coles (100 UI); su contenido de vitamina C, va de un rango de 27 – 28 mg / 199 g. de peso fresco (Chapman; citado por Jara, 1995). Otros autores han reportado valores de vitamina C de 2200 mg / kg en *U. fasciata* (McDermid y Stuercke 2003), de vitamina A valores de 600–1500 mg / kg para *Ulva spp.* (Darcy 1993), de vitamina E de 239 mg/ kg para *E. compressa* (Mamatha et al.; citado por Peña, 2011).

Una de las principales características nutritivas de las algas es su alto contenido de antioxidantes. Según Taboada y Millán, citados por Lordan et al. (2011), *Ulva spp.* además de vitamina C, contiene carotenoides, que actúan como provitamina A (pueden ser convertidos en la vitamina A por el cuerpo humano); al ser solubles en lípidos, se unen a las grasas y circulan unidos a diferentes lipoproteínas, previniendo la formación de especies oxígeno reactivas, dando protección potencial contra la peroxidación lipídica, aterogénesis, la oxidación de ADN y el cáncer (Raghuveer y Tandon; citado por Lordan et al., 2011).

2.2.5 UTILIDAD DE *ULVA SPP.*

Las algas son consideradas como un suplemento alimenticio para el siglo XXI, como fuente para proteínas, lípidos, polisacáridos, minerales, vitaminas y enzimas (Rimber 2007).

a. EN LA ALIMENTACIÓN HUMANA

Sumarriva (1985) reporta que, en Perú las algas de mayor consumo popular son tres de origen marino (*Gigartina chamisoi*, *Porphyra columbina*, *Ulva costata*) y dos de agua dulce (*Monostroma cuaternaria* y *Cladophora glomerata*).

Acleto (1986) menciona que en Chile y Argentina un reducido número de personas consume ulva fresca en tortillas, budines, bocadillos, etc., o desecadas y molidas como condimentos en diversos alimentos.

Se utiliza *Ulva* en la industria gastronómica en países como Chile, Filipinas, Jamaica, Perú, Escocia, Hong Kong y Taiwán (Marshall, 1987).

La lechuga de mar, *Ulva lactuca*, está entre las diez algas aprobadas para el consumo humano en Francia (Fleurence, 1991).

Torres (1991) halló que formulaciones con el deshidratado del alga *Ulva fasciata* tienen una evaluación sensorial aceptable, recomendando preparar dietas y hacer pruebas usando el alga como materia prima en la elaboración de productos procesados.

U. lactuca y *U. compressa* poseen alto contenido de fibra dietética, especialmente fibra soluble; razón por la cual se recomiendan para la preparación de dietas ricas en este componente (Arasaki y Arasaki, 1983; Lahaye, 1991).

Según el Ministerio de Pesquería (1994) en Perú solo hay 4 especies que se consumen como alimento: dos especies de *Ulva* (*Ulva papenfussi* y *Ulva costata*), así como *Caulerpa filiformis* y *Porphyra columbina*.

En Perú, Chávez (1995) caracterizó la Lechuga de Mar (*Ulva fasciata forma costata*), hallando que la fortificación óptima alga-leche es de 5 / 99 para cubrir los requerimientos calóricos y nutricionales de bebés prematuros; además reportó que en Piura, La Libertad, Lima, Ica y otros, se usa *Ulva fasciata forma costata* howe, en forma de picante y ensalada.

Las algas verdes más utilizadas para la alimentación pertenecen a los órdenes Ulvales y Caulerpales; entre ellas se destacan los géneros *Ulva*, *Gayralia* Vinogradova (= *Monostroma*) Thuret y *Caulerpa* Lamouroux (Okasaki, 1971; Ohno y Rabello, 1995).

Pacheco et al. (2002) mencionan el uso potencial de algas de importancia económica, localizadas en Bahía de los Ángeles (Golfo de California, Mexico) y zonas aledañas, entre ellas: *Ulva clathrata*, *Ulva compressa*, *Ulva intestinalis*, *Ulva lactuca*, *Ulva linza*, *Ulva prolifera* y *Ulva rígida*, útiles como alimento para humanos y animales.

Por su composición química, Carrillo et al. (2002) también recomiendan *Ulva* spp. para consumo humano y animal.

Águila et al. (2002) emplearon *Ulva* spp. y *Enteromorpha* spp. al 4 % para la elaboración de pan de calabaza, de zanahoria y de manzana (dietético). Cincuenta jueces entrenados evaluaron 300 muestras para determinar el grado de aceptación de acuerdo con el sabor de los 06 tipos de panes; la mayor aceptación la tuvo el pan de zanahoria elaborado con *Ulva* y con una buena aceptación resultaron los panes de calabaza cocinados con *Ulva* y los de zanahoria con *Enteromorpha*. Se concluyó que por el alto grado de aceptación de los panes, su contenido de minerales, aminoácidos y ácidos grasos de estas algas, y por la calidad sanitaria de las mismas, se puede promover la comercialización de estos productos.

Farfán (2005) al estudiar una mezcla de *Ulva fasciata* (23.1%), cañihua (*Chenopodium pollidicaule*. Aellen), 27.1% y quinua (*Chenopodium quinoa*. Wild), 49.8%, destinada a niños escolares, halló que la mezcla era de buena calidad en cuanto a peso / g proteína consumida, pero de baja digestibilidad (por la fibra cruda).

Águila et al. (2005) mencionan que las especies *Ulva lactuca*, *U. rigida* C. Agardh, *U. clathrata* (Roth) C. Agardh, *U. intestinalis* Linnaeus, *U. prolifera* Muller y *U. flexuosa* Wulfen, son consumidas en varios países.

Para usos tecnológicos en nutrición humana, Fundación Chile (2007) utilizó *Ulva* spp. para elaborar el “producto A”, que se administró a pacientes, para evaluar los efectos beneficiosos de la fibra soluble. Se hallaron efectos positivos sobre la calidad de la

evacuación y ausencia de fenómenos adversos, concluyéndose que el producto obtenido de las algas no indujo alteraciones del funcionamiento del tubo digestivo.

Durmaz et al. (2008) estudiaron el valor nutricional, composición de ácidos grasos y α -tocoferol de *Cystoseira sp.*, *Ulva sp.* y *Zostera sp.* en la Bahía de Sinop del Mar Negro, hallando que el contenido de ácido linolénico 18:3 (n-3) fue 1.13, 6.11 y 4.51% respectivamente, de peso seco. Los carotenoides totales (mg g⁻¹) hallados en *Ulva sp.* fueron 0.31± 0.03, asimismo, el más alto nivel de clorofila fue observado en *Ulva sp.* (0.71±0.07 mg g⁻¹). Se concluyó que las 3 plantas marinas pueden ser usadas como ingredientes en alimentos funcionales para consumo humano y también en dietas balanceadas para nutrición animal.

Carvalho et al. (2009) evaluaron *Ulva fasciata* Delile como fuente alternativa de fibra alimentaria en ratas, para lo cual usaron una dieta con harina de alga y otra con celulosa como fuente de fibra. La dieta con harina de alga mantuvo bajos los niveles de colesterol total, sin causar ningún aumento indeseable de LDL-C (lipoproteínas de baja densidad-colesterol); además las ratas mostraron un volumen fecal más alto (13 g) que aquellas alimentadas con dietas que contenían celulosa (7 g) (p <0.05). Se concluyó que las algas tienen el potencial de ser utilizadas en tecnología de alimentos para alimentos bajos en calorías, lo que puede ser importante para controlar el peso corporal, la reducción de colesterol en sangre total y el LDL-C, pero también en la prevención enfermedades gastrointestinales. No se encontraron componentes tóxicos y / o antinutricionales en la harina de algas.

En el Perú, las algas se consumen desde hace 6 450 años (Noriega, 2011).

Frikha et al. (2011) hallaron que algas recolectadas del Golfo de Gabes (Túnez): *Ulva rigida*, *Codium bursa*, *Cystoseira barbata* y *Ceramium diaphanum*, son fuente potencial de alimento saludable; contienen concentraciones altas de minerales y azúcares totales, concentración moderada de proteínas y bajo contenido de lípidos.

Bravo (2012) propuso el desarrollo de una tostada de maíz con *U. clathrata*. Caracterizó la harina del alga y luego elaboró el alimento funcional (tostada), sustituyendo harina de maíz

con harina de *U. clathrata* a concentraciones de 8, 10, 12 y 15%. En base a los resultados sensoriales, se utilizó la concentración de 8% para el producto final. La tostada se evaluó sensorialmente usando un control (tostada con 100% de maíz), encontrándose 87.5% de aceptación general para la tostada sustituida con *U. clathrata* y 80% para el control. Se concluyó que la tostada con *U. clathrata* tuvo aceptación y es una buena fuente de fibra soluble y de carotenoides.

b. EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

En Argentina se usó *Macrocystis sp.*, *Codium sp.*, *Lessonia sp.*, *Ulva sp.*, y *Gigartina sp.*, en la elaboración de harina, como suplemento en la alimentación de pollos y gallinas ponedoras, ovinos y bovinos (Acleto, 1986).

También se utilizó *Ulva sp.* en América del Norte, Europa y Japón, como complemento en la alimentación de pollos, ovinos y bovinos (Marshall, 1987).

Ulva spp. es comparable con un forraje de calidad media para los rumiantes, su proteína tiene baja degradabilidad ruminal (Arieli et al. 1993). Por otra parte, tiene alto contenido de fibra dietética insoluble (glucanos) y fibras solubles (xylorhamnoglycuronans sulfatos) (Lahaye y Jegou 1993), pudiendo incluirse tan alto como 20% en la dieta, sin ninguna disminución en la palatabilidad (Arieli et al., 1993).

Para Herber y Van Elswyk (1996) el uso de algas deshidratadas como complemento alimenticio ha dado buenos resultados en bovinos y aves; en las últimas, aumenta los niveles de pigmentación de la yema del huevo (Strand et al., 1998) y los niveles de ácidos grasos insaturados, especialmente el docohexaenoico.

Castro et al. (1996) hallaron que *Ulva lactuca*, recolectada en la ensenada de La Paz, B.C.S. (México), por su composición química (principalmente, el elevado contenido de minerales), sus grandes volúmenes en la zona de recolección y ausencia de factores antinutricios que afecten su empleo por parte de los animales, puede ser empleada como fuente de minerales en la alimentación de aves y rumiantes.

En las islas Canarias, *Ulva lactuca* fue analizada como materia prima para cabras y resultó comparable a plantas forrajeras de calidad media con altos niveles de proteína (Ventura y Castanon, 1998).

En un estudio sobre la crianza de tilapia (*Oreochromis niloticus*), orientado a sustituir parcialmente ingredientes importados en su dieta, se evaluaron cinco algas: tres fanegóramas (*Ruppia maritima*, *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*) y dos algas verdes (*Ulva rigida* y *Chaetomorpha linum*). Se reveló la conveniencia nutricional de *Ulva rigida*, por su contenido adecuado de proteína y fibra (Mensi et al., 2005).

Durante la Primera Guerra Mundial, la escasez de avena y forraje, dieron lugar a la primera utilización de algas marinas en Francia (CEVA, 2005).

Aproximadamente el 30% de producción algal en todo el mundo es vendida para alimentación animal (Becker 2004). Estas son aprobadas en varios países como alimento para pollos y no requieren nuevas pruebas o aprobación para su empleo en el alimento (Becker; citado por Van der Spiegel et al., 2013).

Investigaciones realizadas sobre la composición química, microbiológica y toxicológica de las especies del género *Ulva* del Malecón de La Paz, las recomiendan para consumo humano y animal (Águila et al., 2002; Aguilera et al., 2005).

Varias especies de algas, tales como *U. rigida*, *Ascophyllum*, *Laminaria*, *Undaria*, *Porphyra*, *Cystoseira barbata*, and *C. glomerata*, han sido evaluadas como aditivos para piensos en harina para peces (Appler y Jauncey; Fahprathanchai et al.; Kut et al.; citado por Van der Spiegel, 2013).

U. rigida potencialmente puede ser una fuente de energía y proteína mas barata que el maíz y la soya en Tunisia, actuando como sustituto parcial de estos ingredientes (Wishnat, 2013).

La utilización de algas para mejorar la salud de animales expuestos a factores de stress es objeto de varias investigaciones. Asimismo, las algas pueden ser usadas en sistemas de producción animal orgánica (Wishnat, 2013).

c. EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA METANIZABLE

Habig y Ryther (1984) hallaron que *U. lactuca*, por contener glúcidos y proteínas, se fermenta rápidamente y genera más metano que otras materias primas.

d. COMO ABONO

Ulva spp. se emplea para la elaboración de compost (abono orgánico), como una estrategia de gestión ambiental (Mendo, 2004). Además, Díaz y Plasencio (2009) hicieron un estudio para la instalación de una planta procesadora de fertilizantes a base de *Ulva fasciata*.

e. COMO INDICADORES DEL TIPO Y GRADO DE LA CONTAMINACIÓN

Las especies de *Ulva spp.* se usan como monitores de la calidad ambiental (Vásquez y Guerra, 1996; Kaimoussi et al., 2004). Su abundancia en un área puede indicar eutrofización; de otro lado, su distribución cosmopolita, morfología simple, facilidad de crecimiento, tolerancia y respuesta al stress (inducida por contaminantes), hacen de estas algas buenos bioindicadores; así por ejemplo, *U. lactuca*, es un buen indicador de contaminaciones por Mn, Fe, Cu, Zn y Pb (Ministerio de Pesquería, 1994).

f. COMO BIOREMEDIADORES DE LOS EFLUENTES DE LA ACUICULTURA

Madeira et al. (2013) demostraron en el Río Formosa, Algarve (Portugal), la capacidad bioremediadora de *Ulva rigida* y *Enteromorpha clathrata*, para mitigar los problemas causados por las descargas de residuos de efluentes provenientes de agroindustrias. Estas algas presentaron una eficiencia de remoción de nutrientes (NRE) muy elevadas (sobre 95%), apenas en una hora de incubación. Durante la remoción de nutrientes ocurre un período de acumulación interna, seguido de un período de metabolización de los mismos y luego sigue la asimilación de nitratos, a pesar de que las algas tuvieron preferencia por el amonio durante el proceso de biorremediación. Una utilización conjunta de nitratos y amonio, juntamente con rapidez de remoción y acumulación de estos nutrientes, puede significar una ventaja competitiva de estas algas en relación a otros grupos taxonómicos.

g. EN COSMETOLOGÍA

Los extractos de *Ulva spp.*, son de gran interés como fuente de sustancias capaces de retardar o prevenir los efectos del envejecimiento; además sirven como regeneradores de la

fibra colágeno (Rodríguez et al., 2002).

h. EN LA PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS

Da Silva et al. (2010) evaluaron la actividad antiviral de *Ulva fasciata* recogida en las playas del Horno y Rasa, en Buzios, Rio de Janeiro (Brasil), en relación a la reproducción de metapneumovirus humano (HMPV). Los extractos de esta alga se prepararon utilizando tres metodologías diferentes; en base a los hallazgos, podría inferirse que el bioensayo guiado por fraccionamiento y purificación de extractos activos de *U. fasciata*, puede producir compuestos bioactivos potentes.

Según Plaza et al. (2008) algunas algas marrones (*Cystoseira sp.*) y verdes (*Ulva sp.*), son fuentes naturales de proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas, con bajos niveles de lípidos; pudiendo ser usadas como ingredientes funcionales.

i. COMO SUPLEMENTO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA Y FARMACÉUTICA

Frikha (2011) evaluó la composición química y propiedades biológicas de cuatro algas (*Ulva rigida*, *Codium bursa*, *Cystoseira barbata* y *Ceramium diaphanum*), recolectadas en el Golfo de Gabes (Túnez). Halló que *Ulva rigida* tuvo el mayor efecto secuestrante de radicales libres (23%), comparada con *C. barbata* y *C. diaphanum*, con valores de 2.4% y 0.8%, respectivamente; La actividad antioxidante de los extractos algales se midió en función del secuestro de radicales libres, usando el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH).

Plaza et al. (2008) mencionaron que *Ulva spp.* puede ser una fuente natural interesante de ingredientes funcionales (esteroles), cuyo efecto posible en la salud es reducir el colesterol total y colesterol LDL.

Frikha et al. (2011) hallaron que algas recolectadas del Golfo de Gabes (Túnez): *Ulva rigida*, *Codium bursa*, *Cystoseira barbata* y *Ceramium diaphanum*, pueden ser consideradas como fuente valiosa de PUFAs esenciales, los cuales tienen efectos benéficos en humanos y animales.

J. PARA OBTENCIÓN DE GAS COMBUSTIBLE

Díaz (2010) usando *Ulva lactuca* como sustrato, demostró ventajas que hacen factible su uso para obtención de gas combustible: no contiene lignina en cantidades que obstruyan el proceso de bioconversión, no es necesario hacer un pretratamiento, se ahorra en reguladores de pH y en adición de nutrientes.

De otro lado, Briones (2012) produjo etanol a partir de *Ulva rígida* (biocombustible de tercera generación).

2.3 MINERALES

Los minerales son elementos inorgánicos esenciales para la subsistencia y evolución de todo ser viviente, necesarios para que el organismo funcione adecuadamente. Se encuentran en la tierra, donde la erosión convierte la roca y la piedra en fragmentos minúsculos, permaneciendo en el suelo, donde son utilizados por los microbios y luego pasan a las plantas para ser consumidos por los animales herbívoros. Los seres humanos los adquieren al consumir plantas o animales herbívoros. Entre los más importantes están: hierro, calcio, potasio, sodio, cloro, azufre, yodo y magnesio (Martínez y García, 2006).

2.3.1 CLASIFICACIÓN

Los elementos minerales imprescindibles para el organismo se clasifican en:

a. MACROMINERALES O MACRONUTRIENTES

Son aquellos minerales que se encuentran en grandes cantidades en el organismo. Según Carbajal (2014) los más importantes son:

Calcio: Constituyente principal de huesos y de la cáscara del huevo; interviene en la contracción y relajación muscular, en la transmisión del impulso nervioso, en la coagulación de la sangre, en el mantenimiento de la presión arterial, del sistema inmune y de la adecuada permeabilidad de las membranas celulares. Ayuda a metabolizar el hierro. Su carencia ocasiona raquitismo en animales jóvenes, osteomalacia en los adultos y problemas de calidad de cáscara en aves de postura. El exceso reduce el consumo en la mayoría de especies domésticas, perjudica la absorción de fósforo, zinc y otros minerales.

Fósforo: Se combina con el calcio para formar los huesos, mantiene el sistema alcalino, activa las enzimas y el metabolismo de las grasas y los hidratos de carbono. Ayuda a la regeneración celular, necesaria para la actividad nerviosa y muscular. Los granos son deficientes en minerales, por lo que es necesario suplementarlos en los alimentos para aves, en ese sentido, el calcio, fósforo y las sales, son necesarios en grandes cantidades. Solo el 30-40% del fósforo de las plantas es no fitico, el cual es disponible para las aves; esta disponibilidad debe incrementarse o suplementarse con fuentes inorgánicas.

Cloro: Activa y regula la función muscular. Necesario para la digestión normal. Activa las secreciones y las enzimas gástricas.

Azufre: Necesario para la asimilación de la proteína corporal, importante para el hígado y las células de la piel y para todo el metabolismo. Es útil en el tratamiento de la piel (eccema, psoriasis, dermatitis).

Magnesio: Importante en la mineralización de huesos y dientes, en la contracción y relajación muscular, en la transmisión del impulso nervioso y en el adecuado funcionamiento del sistema inmune. Su deficiencia causa desorientación, irritabilidad, nerviosismo, temblor, disfunción muscular, pérdida de control muscular.

Potasio: Regula el balance hidroelectrolítico (a nivel de sangre, un exceso de estos iones altera la concentración de sodio, formando compuestos que son eliminados vía renal). Además interviene en la transmisión del impulso nervioso y en la contracción muscular. Controla la presión arterial. Su deficiencia causa debilidad, confusión mental y fallo cardíaco.

Sodio: es el principal catión de líquidos extracelulares. Regula el volumen de líquido corporal y el balance de electrolitos. Necesario para la transmisión del impulso nervioso y la contracción muscular. Su deficiencia causa hiponatremia, náuseas, vómitos, calambres, convulsiones.

Martínez y García (2006) indican que el Na, K, Cl y S, necesarios en nutrición humana, se encuentran tan universalmente presentes en todos los alimentos, que no hay necesidad alguna de inquietarse por su posible déficit.

b. MICROMINERALES, MICRONUTRIENTES U OLIGOELEMENTOS

Dentro de este grupo se consideran a aquellos minerales que solamente aparecen en pequeñas cantidades, a saber:

Cobre: Participa en la formación de la hemoglobina y es esencial para la formación de colágeno. Forma parte de numerosas enzimas, cofactores y proteínas corporales relacionadas con múltiples funciones. Su deficiencia causa diarrea, debilidad general y malformaciones óseas. Puede ser tóxico para el hombre, pero no venenoso. Los efectos agudos incluyen úlceras gastrointestinales, necrosis hepática y daño renal (Van Campen, 1991); su deficiencia puede producir anemia asociada a problemas en la absorción de hierro, desequilibrios mentales o nerviosos, problemas en los huesos y sistema cardiovascular; sin embargo, no es frecuente encontrar efectos tóxicos agudos, por la capacidad del hígado de reciclarlo. Está presente en las proteínas y enzimas de las plantas, jugando un papel importante en la fotosíntesis y respiración celular.

Flúor: Protege y preserva los huesos. Interviene en el metabolismo del calcio y el fósforo; su deficiencia causa caries dental.

Hierro: Necesario para la formación de la hemoglobina de los glóbulos rojos y para el transporte de oxígeno a todas las células. Contribuye al normal funcionamiento del sistema inmune, al desarrollo neurológico y cognitivo. Su deficiencia causa anemia (palidez, debilidad, fatiga, problemas respiratorios) y mayor susceptibilidad a las infecciones.

Manganeso: Esencial para el crecimiento y para la respiración tisular. Favorece los reflejos musculares. Previene el cansancio. Es un componente de sistemas enzimáticos (metabolismo de macronutrientes). Es antioxidante y necesario para la formación del hueso; su deficiencia causa alteraciones de la motilidad, vértigo, pérdida de audición.

Selenio: Necesario para el pelo, piel y uñas saludables. Esencial para la resistencia de las paredes celulares, sobre todo las de los glóbulos rojos; solamente los cereales, el pescado y el huevo son fuentes de este mineral. Como antioxidante, ayuda a proteger las membranas de las células de la oxidación. Relacionado con la función inmunitaria y componente de numerosas enzimas; su deficiencia causa la Enfermedad de Keshan (un tipo de enfermedad cardíaca). Aparece en la lista de micronutrientes esenciales en los últimos tiempos. Está

estrechamente asociado con la vitamina E en algunos aspectos de su actividad metabólica (Martínez y García, 2006) y ambos aumentan la inmunidad y producen enzimas que protegen al organismo de los peróxidos perjudiciales.

Yodo: Componente de hormonas tiroideas que ayudan a regular el crecimiento, el desarrollo y la maduración. Su deficiencia causa bocio, hipotiroidismo (debilidad, ganancia de peso, baja concentración, edema, mialgias, piel seca), cretinismo (deficiencia de yodo en el feto).

Cromo: Último micronutriente esencial reconocido como tal para la nutrición animal, se vincula con el metabolismo de los hidratos de carbono, es decir, con la capacidad del organismo de utilizar la glucosa (Martínez y García, 2006).

Potencia la acción de la insulina y participa en la regulación de los niveles de glucosa. La deficiencia de este elemento causa intolerancia a la glucosa. El cromo también es importante en el metabolismo de las grasas, estimula la síntesis de los ácidos grasos y del colesterol.

Zinc: Esencial para plantas, animales y seres humanos (Hambridge et al., 1987) e importante para el funcionamiento correcto de la glándula prostática y demás órganos reproductivos. Previene el acné y ayuda a la regulación de las glándulas sebáceas. Ayuda a la formación de la insulina, esencial para la síntesis de proteínas, para el crecimiento, importante para el equilibrio ácido alcalino de la sangre, colabora en el desarrollo del esqueleto, sistema nervioso y cerebro del feto. Componente de más de 200 enzimas que participan en el metabolismo. Interviene en la formación de material genético, división celular, síntesis proteica, reacciones inmunitarias, sensación gustativa, cicatrización de heridas y desarrollo normal del feto. Su deficiencia causa retraso en el crecimiento y en la maduración sexual, fatiga, pérdida de sensación gustativa y olfativa, cicatrización lenta de heridas.

Bromo: se encuentra en niveles de trazas en humanos. Es considerado un elemento químico esencial, aunque no se conocen exactamente las funciones que realiza. Algunos de sus compuestos se han empleado en el tratamiento contra la epilepsia y como sedantes. (Wikipedia, 2014).

Se recomienda mantener el equilibrio entre los minerales, ya que compiten entre sí para ser absorbidos. Por ejemplo, una cantidad muy grande de zinc puede disminuir el cobre del organismo.

c. **MINERALES PELIGROSOS**

Son aquellos que producen algún efecto negativo en el organismo, a saber:

Cadmio: Deteriora gravemente los riñones y favorece la osteoporosis. Los fumadores lo inhalan en gran cantidad.

Plomo: Suele proceder de las emanaciones de los automóviles y es absorbido por los pulmones. Las cañerías, las soldaduras de plomo en las latas de conserva, son altamente contaminantes. Produce dolores de cabeza, vértigo, insomnio, irritabilidad, debilidad y anemia.

Mercurio: Es generado de la utilización de combustible fósil, la fabricación de pinturas, los procesos en las minas y la preparación de la pasta de papel. Su acumulación en el organismo afecta al sistema nervioso.

Además hay micronutrientes de dudosa significación. Nadie ha podido demostrar que el aluminio, arsénico, boro, cadmio y silicio, sean esenciales para la vida animal, pero todos se hallan presentes a nivel de trazas, en los tejidos animales y vegetales. Contrariamente a una creencia popular, las trazas de aluminio desprendidas de los utensilios de cocina, o presentes en los polvos de repostería, son inocuas (Martínez y García, 2006).

2.4 **ÁCIDOS GRASOS**

Los ácidos grasos son la base de los lípidos y desde el punto de vista químico, son cadenas rectas de hidrocarburos que terminan en un grupo carboxilo en un extremo y en un grupo metilo en el otro (Castro, 2002) y forman parte de los [fosfolípidos](#) y [glucolípidos](#), moléculas que constituyen la bicapa lipídica de todas las [membranas celulares](#). Estos ácidos grasos poseen por regla general un número par de átomos de carbono y estructuras no ramificadas (FAO, 2008).

Las enfermedades degenerativas relacionadas con el consumo inadecuado de ácidos grasos, son la causa potencial de muerte para dos terceras partes de la población que vive

en naciones industrializadas (Simopoulos et al. 1996, citados por van Ginneken et al. 2011). El 68% de las personas muere de tres condiciones, las cuales implican degeneración de ácidos grasos: enfermedad cardiovascular (43.8 %), cáncer (22.4 %), y diabetes (1.8 %), según Horrobin y Bennett, Terry et al., citados por van Ginneken et al. (2011).

2.4.1 CLASIFICACIÓN

Los ácidos grasos de la dieta más comunes han sido subdivididos en dos grupos según el grado de insaturación (FAO, 2008):

a. ÁCIDOS GRASOS SATURADOS

Los ácidos grasos saturados (SFA) no poseen dobles enlaces; se refieren a los ácidos grasos saturados más abundantes en nuestra dieta, concretamente C14, C16 y C18, excepto en el caso de la leche y del aceite de coco, en los que los SFA van desde C4 a C18. Se clasifican además en cuatro subgrupos según la longitud de su cadena:

- Ácidos grasos de cadena corta: de 3 a 7 átomos de carbono.
- Ácidos grasos de cadena media: de 8 a 13 átomos de carbono.
- Ácidos grasos de cadena larga: de 14 a 20 átomos de carbono.
- Ácidos grasos de cadena muy larga: con 21 o más átomos de carbono.

Las grasas de origen animal son generalmente ricas en ácidos grasos saturados.

b. ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS

Poseen uno o más dobles enlace en su cadena (monoinsaturados y poliinsaturados, respectivamente). Estos ácidos se clasifican en tres subgrupos según la longitud de su cadena:

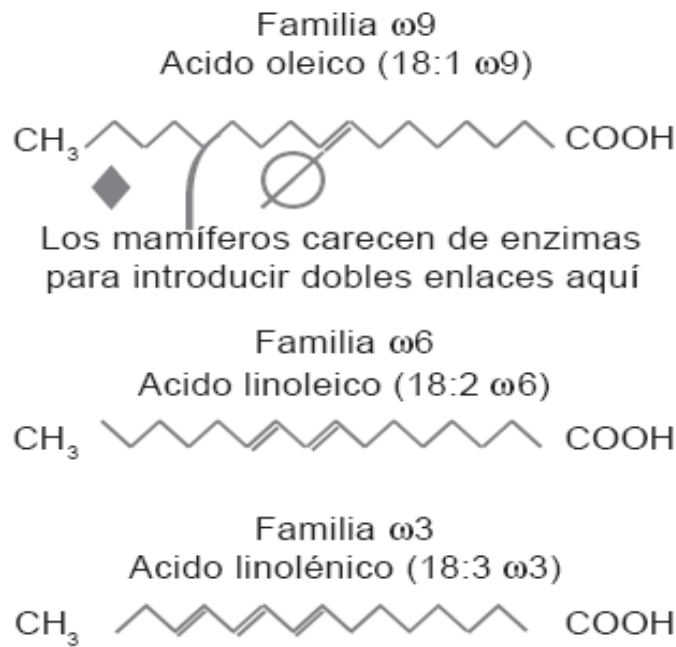
- Ácidos grasos insaturados de cadena corta: con 19 o menos átomos de carbono.
- Ácidos grasos insaturados de cadena larga: de 20 a 24 átomos de carbono.
- Ácidos grasos insaturados de cadena muy larga: con 25 o más átomos de carbono.

En el mundo vegetal dominan los ácidos grasos insaturados (con la excepción del aceite de coco y de palma, que son principalmente ácidos grasos saturados). Dependiendo del grado de insaturación que posean, estos ácidos se pueden clasificar como ácidos grasos monoinsaturados (MUFAs) y ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs). Dentro de los primeros, el ácido oleico (OA) es el MUFA más común y está presente en cantidades

considerables en fuentes animales y vegetales. Los PUFA incluyen sobre todo al ácido linoleico (C18:2n-6) y una porción menor de ácido alfa-linolénico (C18:3n-3). Los PUFA de cadena larga tienen 20- 24 átomos de carbono, mientras que los de cadena muy larga, poseen 25 a más átomos de carbono.

Según Castro (2002) los PUFA se clasifican de acuerdo a la posición del primer doble enlace de la cadena, denominado *omega*, contando a partir del extremo metilo. Según esto, existen tres familias de AG poliinsaturados: n-9 (primer doble enlace en el carbono 9), n-6 (primer doble enlace en el carbono 6) y n-3 (primer doble enlace en el carbono 3).

En la Figura 2, se presenta la estructura de los ácidos grasos de la familia omega:



**Figura 2: Familia omega (Jumpsen y Clandinin;
citados por Ronayne, 2000)**

2.4.2 ACIDOS GRASOS ESENCIALES (AGE)

Son ácidos grasos poliinsaturados que al no poder sintetizarse por el organismo, deben obtenerse a través de la dieta; la esencialidad está dada porque los mamíferos carecen de las enzimas necesarias para insertar dobles enlaces en los átomos de carbono más allá del carbono 9.

Los AGE forman parte del cerebro, membranas celulares y los sistemas nervioso, inmune y hormonal. Tienen un papel fundamental en las membranas celulares, donde están en una concentración del 45% de los ácidos grasos presentes en las membranas sinápticas, por lo cual los PUFA y el colesterol, en interacción con la bicapa de fosfolípidos, son los principales determinantes de las propiedades biofísicas de las membranas celulares (Bruinsma y Taren 2000).

Los AGE de la serie n-6 sobre todo ácido linoleico (AL) y ácido araquidónico (AA), así como los de la serie n-3, de los cuales los más importantes son el ácido α linolénico (ALA), ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docohexaenoico (DHA), son esenciales para el desarrollo y el crecimiento, siendo claves en la prevención y manejo de enfermedad coronaria, hipertensión, diabetes, artritis, cáncer y otras condiciones inflamatorias y autoinmunes (Simopoulos; citado por Gómez et al., 2011).

Los ácidos grasos n-9 no son esenciales, los humanos podemos introducir una instauración a un SFA en esa posición (ej. ácido oleico). Presentes en aceite de oliva, canola, aceitunas, almendras, avellanas, nueces, paltas y grasas animales.

En la Figura 3, se puede observar que mediante procesos de elongación y de desaturación, particularmente en el hígado, el AL (ácido linoleico), puede dar origen al ácido araquidónico (C20:4, n-6, AA); del mismo modo, el ALA (ácido alfa-linolénico) da origen al ácido eicosapentaenoico (C20:5, n-3, EPA) y al ácido docosahexaenoico (C22:6, n-3, DHA).

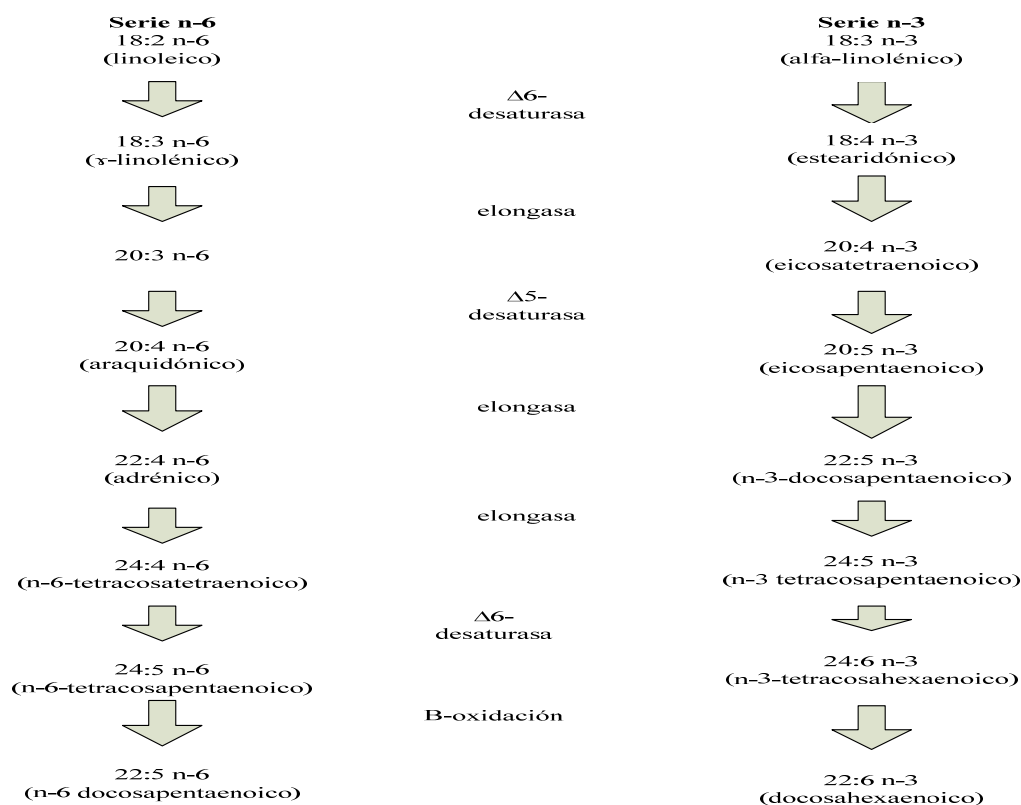


Figura 3: Rutas metabólicas para la transformación de los ácidos linoleico y α-linolénico de la dieta en PUFA de cadena larga (FAO, 2008)

Las dos rutas son independientes la una de la otra y no hay reacción cruzada. Sin embargo, ambas rutas emplean las mismas enzimas, por lo que las dos series compiten por las transformaciones. Puesto que el AL es el PUFA predominante en la dieta humana y la ingesta de ALA es generalmente baja, el plasma y los niveles celulares de los LCPUFA n-6 derivados del AL tienden a ser mas altos que los niveles de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (LCPUFA) n-3.

El proceso de conversión del ALA en humanos no es eficiente, especialmente en el caso del DHA, pues solo 5-10% son convertidos a EPA y 2-5% a DHA (Arterburn et al., citado por Gómez et al. 2011).

En resumen, la ruta biosintética de los seres humanos no parece proporcionar un nivel suficiente de ALA para que éste sustituya al EPA y al DHA de la dieta. Sólo se alcanzan

grandes niveles de EPA y DHA en la sangre u otras células, cuando éstos son incorporados como tales en la dieta mediante el consumo de pescado y aceites de pescado, que son fuentes ricas en estos LCPUFA de serie n-3 (FAO, 2008).

Las transformaciones a nivel hepático dependen de enzimas localizadas en el retículo endoplasmático y en los peroxisomas de las células hepáticas, las que son inhibidas por hormonas secretadas bajo estrés y bloqueadas por el alcohol, la sacarosa, ciertos virus, radiaciones, ácidos grasos saturados y ácidos grasos producidos artificialmente en el proceso de refinación de aceites. Por el contrario, estas reacciones son favorecidas por otros nutrientes (Siscovick et al., 1996).

Los síntomas de la carencia de los principales tipos de AGE son: eczemas, acné, psoriasis, piel seca, caída del cabello, degeneración hepática y renal, excesiva sudoración y sed; susceptibilidad a infecciones, incapacidad para cicatrizar heridas, esterilidad masculina, abortos espontáneos, artritis y enfermedades relacionadas, problemas cardiovasculares, alergias, hiperactividad, debilidad, pérdida de visión, reducción de capacidad de aprendizaje, falta de coordinación, triglicéridos altos, presión sanguínea elevada, inflamación crónica, edemas, deterioro cognitivo mental, metabolismo lento, esclerosis múltiple (Jenkins y Wolever, 1990). Según Carrero et al. (2005) los AGE son precursores de los eicosanoides, que afectan varios procesos biológicos, incluyendo la agregación de las plaquetas de la sangre y la contracción de vasos sanguíneos; también ayudan a conservar las capas de la piel e intervienen en el metabolismo del colesterol.

a. FUENTES DE N-3 y N-6

Las fuentes naturales más ricas en n-3 son los peces de agua fría. Maureuria (2000) indica que peces grasos como anchoveta, anchoa, sardina y salmón, son las especies con mayor cantidad de EPA y DHA; otras fuentes importantes son los pescados azules, por ej. la sardina, tiene 1:7 entre n-6 y n-3; el bonito, el dorado, el surubí, la merluza, el lenguado, el pejerrey, la corvina, la trucha, tienen n-3, pero en una cantidad considerablemente menor. Los productos enlatados también los contienen. El contenido de n-3, de alrededor de 30% (60% EPA + 40% DHA), varía en función de la especie de pescado, su localización, la estación del año y la disponibilidad de fitoplancton (Guevara, 2009).

Las algas y el pescado tienen aceites que, a diferencia de los aceites y grasas de origen vegetal, poseen alto contenido de EPA y DHA; en el pescado, ello es consecuencia del consumo de fitoplancton (rico en PUFA n-3), que contribuye a la adaptación de los peces a las aguas frías.

Otros alimentos como la yema de huevo, la carne, el hígado, contienen AA y DHA. La carne de origen animal, especialmente de rumiantes y los productos lácteos, también proporciona ALA en menores cantidades (Peet, 2006).

Entre los vegetales, la linaza con 58% de aceite es considerada como la fuente más rica de ALA (n-3) y sigue en orden de importancia el sacha inchi con 54% de aceite (Guevara, 2009); además se tienen las semillas de chía o salvia hispánica, de la familia de las lamináceas (a la cual también pertenece el lino), su aceite posee alta concentración de n-3, con 58-60% en aceite n-3 ALA (499 g/ kg) (Vega y León et al., 2010). El ácido graso n-3 del grano de colza y soya también es el ALA, que debe ser convertido metabólicamente a la cadena más larga de ac. grasos n-3 característica del pescado, este proceso es lento e ineficiente en humanos (Nettleton; citado por Herber y Van Elswyck, 1996).

Los aceites vegetales comestibles de origen terrestre, en su mayoría, son un buen aporte de ácidos grasos n-6 (principalmente ácido linoleico), con la casi única excepción del aceite de oliva, que aporta hasta un 78% de ácidos grasos n-9 (ácido oleico). El n-6 también se encuentra en cereales integrales, frutas secas, semillas de girasol, maní, legumbres, pollo, cerdo, aceites de maíz, girasol, uva, mayonesa y margarinas.

En la Figura 4 se presenta la proporción de ácidos grasos en diferentes lípidos de alimentos:

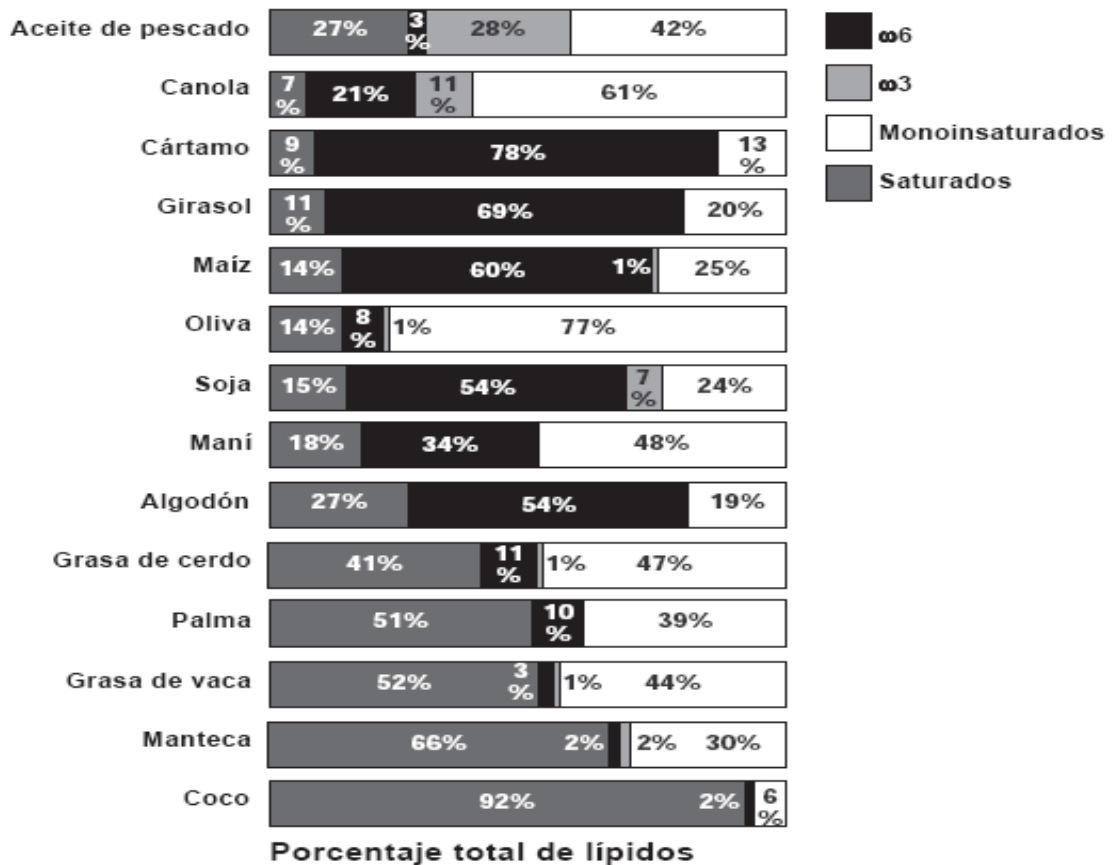


Figura 4: Ácidos grasos en lípidos de alimentos (Innis 1998)

b. RELACIÓN ENTRE ÁCIDOS GRASOS N-6 y N-3

Hace aproximadamente 10 000 años, la proporción de n-6: n-3 en la nutrición humana era 1- 4:1. La revolución industrial cambió esta proporción, incrementándose el consumo de n- 6 a expensas de los n-3; este cambio fue un reflejo del advenimiento de la industria de aceites vegetales y del incremento en el uso de granos cerealeros para el ganado doméstico, aunado todo esto a un menor consumo de pescado (Simopoulos, 1999).

Si la alimentación de animales es rica en n-6, su carne es rica en n-6 y pobre en n-3. Algo similar ocurre en la producción industrial de cerdos, pescado y huevos de pollo (Lugasi et al. 2006; Simopoulos y Salem, 1999), por el uso intensivo de fuentes vegetales ricas en n-6 (como el maíz, soya, girasol), descartándose las fuentes de n-3 (como los pastos naturales). Las plantas cultivadas incluso, contienen menos n-3 que las plantas salvajes (Simopoulos y Salem, 1989).

Calvani y Benatti (2003) reportan que esta proporción es 20-30:1; por su parte, Castillo (2004) menciona que las dietas son bajas en fibra, altas en grasas saturadas - incluyendo el colesterol - y con una proporción n-6/n-3 de 10-25: 1. Gebauer et al. (2006) halló que en una dieta típica occidental esta relación es 10:1, con aumento en el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cánceres, etc. Todo esto se explica porque dietas altas en ácidos grasos n-6, elevan el ácido araquidónico en los fosfolípidos de las membranas, el cual es precursor de eicosanoides, que provocan inflamación, lo cual puede llegar a producir endurecimiento de arterias y otras condiciones crónicas. Simopoulos (2002) reporta que dietas ricas en ácidos grasos saturados y n-6, promueven enfermedades crónicas como la arteriosclerosis, hipertensión, obesidad, diabetes y posiblemente algunas formas de cánceres.

De lo anterior se deduce que los ácidos grasos n-6 (AL) y el n-3 (ALA), necesitan ser consumidos en proporciones bien determinadas, pues su carencia o desbalance en la ingesta produce serias alteraciones metabólicas (Simopoulos, 1991; Politi et al., 2001 y Simopoulos, 2002) pues los n-3 y n-6 son dos grupos de sustancias que compiten por las mismas enzimas y receptores en nuestro organismo y los n-6, al estar en mayor proporción en la dieta, hacen que la cantidad de ácido linolénico que se degrada, sea insuficiente para satisfacer las necesidades de EPA y DHA en humanos (Simopoulos, 1991). El equilibrio entre n-3 y n-6, contribuye a estabilizar el metabolismo de las grasas en el organismo, el n-3 baja los triglicéridos y eleva el colesterol bueno o HDL (Simopoulos, 2000); el n-6 en cambio, reduce los niveles de colesterol LDL (malo) y también los del HDL (Crawford, 2000; citado por Guevara, 2009).

Adicionalmente, es necesario tener en cuenta que un consumo adecuado de grasa n-9, junto a una disminución de las grasas saturadas, tiene un efecto beneficioso en la salud (Suzuki et al., 2001).

c. BENEFICIOS DE LOS ÁCIDOS GRASOS N-3

En el sistema cardiovascular

El EPA produce efectos hipotriglicéridémicos, hipocolesterolémicos y antiinflamatorios, por ello su consumo se asocia con la prevención de las enfermedades cardiovasculares (Valenzuela et al., 1999).

Por su parte, Simopoulos (2000) menciona que entre los beneficios del n-3, se encuentran los siguientes: bajan los triglicéridos, elevan el colesterol bueno o HDL, previenen ciertas arritmias, previenen la formación de trombos y favorecen la vasodilatación. De otro lado, los ácidos grasos poliinsaturados n-6, como el ácido linoléico y derivados como el ácido araquidónico (AA) presentes en los aceites de maíz, soya y girasol, tienden a reducir tanto las Lipoproteínas de Baja Densidad (LDL) como las Lipoproteínas de Alta Densidad (HDL) en la sangre (Crawford, 2000; citado por Guevara, 2009).

Los ácidos grasos saturados elevan el colesterol total y las lipoproteínas de baja densidad (LDL), por ello, el sustituto más eficaz de estos en cuanto a la evolución de la cardiopatía coronaria, son los PUFA, especialmente el ácido linoléico.

Después de consumir una comida rica en grasa, se incrementan los triglicéridos sanguíneos, la hiperlipemia postprandial. Adler y Holub (1997) indican que la ingesta de DHA y EPA reduce el aumento postprandial de los TG, produciendo un efecto beneficioso, el cual según Mantzioris (2000) podría ser alcanzado consumiendo sólo 0.5 g de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3.

Además, la calidad de la membrana celular dependerá de los ácidos grasos que la componen y ya que permite los intercambios entre el interior de la célula y su entorno, cuanto más flexibles y elásticas necesitan ser, mayor es el requerimiento de ácidos grasos de cadena larga, como en el caso de las arterias o las células nerviosas mensajeras de señales ultrarrápidas (ricas en AG n-3) y de la retina, constituida en un 60% por DHA (Adler y Holub, 1997).

El consumo de grandes cantidades de n-3, aumenta considerablemente el tiempo de coagulación de la sangre (por inhibir la trombosis en las arterias, fluidificando la sangre), lo cual explica por qué en comunidades que consumen muchos alimentos con n-3 (esquimales, japoneses, etc.), la incidencia de enfermedades cardiovasculares es sumamente baja (Uauy y Valenzuela, 1991; Kris-Etherton et al., 2002).

En el sistema nervioso y visual

El cerebro es un tejido principalmente lipídico (el 60% de su peso seco son lípidos, de los cuales un 40% son ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga y de estos, un 10% es AA

y un 15% es DHA); este último es esencial para el desarrollo y la función del sistema nervioso, siendo muy importante en la etapa de gestación y de crecimiento del hombre y mamíferos en general (Valenzuela y Nieto, 2001).

En la retina, el DHA (que forma parte de los fotorreceptores de los conos y bastones), también está en mayor proporción que el AA, constituyendo ambos ácidos grasos más del 45% del contenido de PUFA.

El ácido araquidónico (n-6) y ácido docosohexaenoico (n-3), forman parte de los fosfolípidos de las membranas celulares del cerebro y de los conos y bastoncitos de la retina; aportan un alto grado de fluidez a las membranas celulares, permitiendo el movimiento de proteínas en su superficie y dentro de la bicapa lipídica. En el caso de la vista, la fluidez de estas membranas es esencial para el proceso de transducción de la señal lumínica y su conversión en una señal eléctrica, la que posteriormente es procesada por el cerebro (Rotstein et al., 1998).

Crawford y Broadhurst (2012) afirman que el DHA n-3 de los alimentos marinos debe haber jugado un papel crítico en la evolución humana. El DHA es un determinante de migración neuronal, neurogénesis y la expresión de varios genes implicados en el crecimiento y función cerebral. La solución a los crecientes desórdenes vasculares en el siglo pasado y los desórdenes cerebrales en este siglo, obligan a una reevaluación radical del sistema de alimentos, que en el siglo pasado estuvo centralizado sobre proteínas y calorías, con poca atención hacia las exigencias del cerebro, órgano determinante de evolución humana.

En el estado de ánimo

Altas cantidades de omega 3 podrían disminuir los efectos de la depresión. Avila et al. (2006) en un estudio en personas con más de 65 años en la Ciudad de México, encontraron que, en la escala de depresión geriátrica, los hábitos alimenticios son factores determinantes que influyen en los síntomas depresivos, sugiriendo que la disminución en el consumo de DHA en este tipo de población, incrementa la incidencia de enfermedades psiquiátricas, específicamente la depresión. En el Reino Unido, esta enfermedad representa un costo para la salud de £80 mil millones, más que la enfermedad cardiovascular y el cáncer juntos (Nota de Prensa, Alltech 2014, disponible en:

<http://es.alltech.com/news/news-articles/2014/01/23/alltech-continua-la-expansion-en-el-mundo-de-las-algas-y-el-dha>).

En la inteligencia

El adecuado aporte de LCPUFA (ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga) durante el período perinatal, puede tener repercusiones en la inteligencia y en la intelectualidad del individuo en su edad adulta y también una menor morbilidad. Mayores niveles de LCPUFA medidos en lactantes, correlacionan con una mayor capacidad de aprendizaje y de concentración; asimismo, grupos de niños en edad escolar, aumentaron notablemente su rendimiento después de ingerir pastillas con aceite de pescado, rico en n-3.

En los niños, las grasas esenciales contribuyen a controlar el síndrome de atención dispersa, logrando mayor concentración, contribuyendo a cumplir una actividad sistemática, a aceptar las reglas de disciplina y a mantener un adecuado rendimiento académico; este síndrome llega a afectar a un 50% de los niños, pudiendo persistir en la adolescencia y edad adulta. Asimismo, bajas concentraciones de DHA son un indicador útil para predecir problemas de conducta en niños con síndrome de déficit de atención con hiperactividad, lo cual puede ser un reflejo en parte, de los problemas de neurotransmisión serotoninérgica (Cunnane, 1999).

En la gestación y la lactancia

La leche humana a diferencia de la leche de vaca, contiene una pequeña cantidad de AA (0,5%) y de DHA (0,3%); sin embargo el feto durante el último tercio del período gestacional y el recién nacido, durante los primeros 6 meses de vida, requieren gran aporte de AA y DHA, pues la velocidad de transformación de los precursores a nivel hepático, no cubre los requerimientos de estos ácidos grasos. Se estima que 600 mg de los AGE se transfieren de una madre sana al feto, durante una gestación a término (Auestad e Innis, 2000) y a través de la leche durante la lactancia; por eso se sugiere que las fórmulas de reemplazo o de complemento a la leche materna, sean suplementadas con n-6 y n-3 ya preformados, o con sus precursores. Uauy y Valenzuela (2000) por ejemplo, recomiendan la suplementación de la dieta de la madre con DHA o eventualmente con ALA a partir del consumo de productos del mar (pescado, mariscos, algas),

En la tercera edad

Una dieta rica en n-3, actúa como un antiinflamatorio natural en personas de la tercera edad; estos ácidos grasos se usan en el tratamiento del Mal de Alzheimer y artritis. Los pacientes con esquizofrenia tienen niveles de DHA y AA más bajos en las membranas celulares, especialmente hematíes, por ello hay necesidad de incrementar el consumo de n-3 LCPUFA en la dieta diaria, más bien que como suplementos (Simopoulos, 1999).

La influencia de la proporción n-6/n-3 sobre la densidad mineral de hueso en adultos ancianos fue evaluada por Weiss et al. (2005). Un aumento de la proporción fue visto considerablemente y por separado, correlacionado con densidad mineral aumentada del hueso de la cadera en todas las mujeres participantes y de la espina en mujeres que reciben terapia hormonal. Resultados similares han sido obtenidos en otros estudios (Hogstrom et al., 2007).

d. Recomendaciones nutricionales sobre ácidos grasos

En el Cuadro 1 se presentan las recomendaciones para los n-3, pero es importante tener en cuenta la baja biodisponibilidad del ALA con relación al EPA y DHA, ya que el ALA no es equivalente a los AG de cadena larga n-3, porque sólo del 10 al 20% es elongado (De Vries et al.; citado por Castro, 2002).

Cuadro 1: Niveles recomendados de ácidos grasos

ÁCIDO GRASO	CANTIDAD	REFERENCIA	OBSERVACIONES
PUFA n-3	Semanal: 2 porciones de pescado grasoso (pacientes sin antecedentes coronarios) y hasta 4 porciones para aquellos con antecedentes de enfermedades al corazón.	AHA (American Heart Association), citado por Mata y Joberg (2000)	---
LCPUFA n-3	3.000 mg/día	FDA (Food and Drug Administration), citado por IOM (2005)	Considerado como seguro ("Generally Regarded as Safe")
SFA	Ingesta total no debe exceder el 10%E	FAO (2008)	SFA deben ser sustituidos por PUFA (n-3 y n-6) en la dieta
ALA, EPA y DHA	1% energía debe provenir del ALA y 0,5% del EPA y DHA combinados	SRC (1990), citado por Castro (2002).	Reino Unido
EPA+DPA+DHA	3g/día	NHMRC (Health and Medical Research Council) 2006	Ingesta máxima de EPA+DPA+DHA en Australia y Nueva Zelanda
DHA	800-1000 mg./día	Yannakopoulos (2005)	---
DHA	300 mg./día	Fonendo (2001)	Mujeres embarazadas.
n-6	5-10 % de energía total consumida.	AHA (American Heart Association), citado por Harris et al. (2009)	---
EPA+DHA	1 g./día	Bagga et al. (2002)	Pacientes con la enfermedad coronaria.
EPA+DHA.	2-4 g/día	Bagga et al., 2002	Pacientes con hipertrigliceridemia.
EPA y DHA	500 mg/día	ISSFAL (Sociedad Internacional para el Estudio de Ácidos Grasos y Lípidos) 2004.	Prevención de enfermedades coronarias.
EPA+DHA	3g/día	FAO (2008)	El valor superior de AMDR (U-AMDR) para la ingesta de EPA+DHA
EPA+DHA.	2-4 g/día y 3g/día	EFSA (European Food Safety Authority), 2009	Para bajar niveles de triglicéridos y la tensión arterial, respectivamente.
EPA y DHA	0.3-0.5 g/día	WHO (Organización Mundial de la Salud), citado por Gómez et al. 2011	---
EPA y DHA	800 mg/día	OTAN (Organización del Tratado del Atlántico Norte), citado por Gómez et. al. 2011	---

En en el Cuadro 2 se presenta una compilación de las recomendaciones nutricionales para consumo n-6: n-3; se puede observar que la relación óptima varía según los autores, dependiendo del objetivo del tratamiento. Considerando que las enfermedades crónicas son multigénicas y multifactoriales, es muy posible que la dosis terapéutica de ác. grasos n-3 dependa del grado de severidad de enfermedad, que es resultado de predisposición genética. Una proporción inferior de ácidos grasos n-6: n-3, reduce el riesgo de muchas de las enfermedades crónicas de alto predominio en sociedades occidentales y en los países en vía de desarrollo (Simopoulos, 2002).

Cuadro 2: Relación recomendada de ácidos grasos n-6: n-3

RELACIÓN n-6:n-3	REFERENCIA	OBSERVACIONES
1	Simopoulos (2002)	Relación ideal
2-3: 1	Deckere (1999)	En caso de artritis reumatoide y cáncer colorectal
2-3:1	Simopoulos (2002)	Supresión de la inflamación (pacientes con artritis reumatoidea)
2.5:1	Simopoulos (2002)	Reducción de la proliferación de células rectales en pacientes con cáncer colorectal.
1:1 - 4:1	Yannakopoulos (2007)	Relación recomendada.
4 o menor	Simopoulos (2002)	Relación aceptable.
4:1	Kris et al. (2002)	Prevención de enfermedades cardiovasculares, hasta en un 70% en la mortalidad total.
4:1	Simopoulos (2002)	Disminución del 70 % en la mortalidad total
5:1	Simopoulos (1999)	Relación aceptable.
5:1	Kris et al. (2002), Simopoulos (2002 y 2009).	Beneficia a los asmáticos.
6:1	Fundación Británica de Nutrición (1992)	Relación óptima máxima.
< 10	Organización Mundial de la Salud (citado por Van Ginneken et al., 2011)	Prevención de desórdenes del sistema inflamatorio, cardiovascular y nervioso.
10:1	Simopoulos (2002 y 2009)	Consecuencias adversas en pacientes con asma.

Mientras algunos investigadores indican la necesidad de reducir el consumo de n-6 para mejorar la proporción n-6: n-3, otros autores enfatizan la importancia de incrementar el consumo de n-3, y en particular de EPA y DHA (FAO/WHO, 2008) buscando alternativas que sean capaces de compensar carencias en el consumo de estos ácidos grasos, al menos en referencia a la enfermedad cardiovascular (Gómez et al., 2011).

La proporción ideal de ácidos grasos, deben ajustarse según las conclusiones de investigación adicional diseñada para determinar las necesidades específicas para las diferentes enfermedades y otros factores dietéticos importantes, así como los posibles

factores genéticos que pueden condicionar los requerimientos de estos nutrientes (FAO, 2008).

2.5 EL HUEVO

Según la FAO, el huevo es el alimento más nutritivo del mundo después de la leche materna, porque contiene proteínas, grasas saludables, vitaminas, minerales, antioxidantes y colina. Dada la importancia y los beneficios que este alimento aporta a la nutrición humana, en 1964 y en Italia, se instituyó el Día del Huevo, que se celebra el segundo viernes del mes de octubre, en más de 150 países.



Figura 5: Huevos marrones

2.5.1 ESTRUCTURA

El huevo tiene una estructura biológica que hace difícil su contaminación. La penetración de gérmenes desde el exterior no es fácil mientras conserve la película de mucina superficial que lo recubre, la membrana interna íntegra y las propiedades bacteriolíticas de la clara (INPROVO, 2005). Su estructura consta de cutícula, cáscara (de un grosor de 0.2 – 0.4 mm), membranas interiores o testáceas, la clara y la yema.

2.5.2 PESO

El peso medio del huevo es de 58 gramos. En el huevo de gallina, la clara representa el 57.3% del peso total, la yema el 30.9% y la cáscara el 11.5%. Al separar cada una de estas partes, se producen pérdidas que se aproximan al 0.3%. Los huevos rechazables son

aptos para el consumo pero no reúnen los requisitos mínimos de calidad comercial (su peso es inferior a 45 g) (Bell y Freeman 1987; citado por Miranda, 2010).

2.5.3 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

a. PROTEÍNAS

Un huevo proporciona cerca de 7 g de proteínas (Cardona et al., 2003), las que se encuentran mayormente en la clara y están bien equilibradas en lo que se refiere a aminoácidos esenciales, lo que asociado a su alta digestibilidad, ha permitido catalogar a este alimento como "la fuente de proteínas más perfecta de la naturaleza"; su valor biológico es del 96-100% y se considera superior cualitativamente a la carne y el pescado.

b. GRASA

La grasa del huevo es de aproximadamente 11.2 % y se encuentra casi en su totalidad en la yema (Eggs and Nutrition, 2008; citado por Caballero, 2009). De los 7.5 g de grasa total que posee, 3 g son ácidos grasos monoinsaturados (MUFA), 2 g corresponden a ácidos grasos saturados (SFA) y 1.1 g son ácidos grasos poliinsaturados o PUFA (ILH, 2008).

El huevo es la principal fuente de fosfolípidos de la dieta y contribuye a satisfacer las necesidades en ácido linoléico. Su yema contiene lípidos como colesterol, triglicéridos (1/3 son ácidos grasos saturados y los 2/3 restantes, mono y poliinsaturados) y abundantes fosfolípidos, entre los que se destaca por su importancia, la lecitina. También se encuentran los PUFA n-6 y n-3 (Cardona et al., 2003).

Según OMS/FAO (2003) la yema de huevo es uno de los alimentos ricos en colesterol que no aporta ácidos grasos saturados. Su consumo no se desalienta porque estudios de especialistas en nutrición humana revelaron que el colesterol listo (consumido vía dieta) tiene una influencia del 5% a lo sumo, sobre la elevación del colesterol total del organismo de personas saludables. Además se halló que solo el 10% del colesterol contenido en la placa de ateroma es de origen dietético (Moreno y Mitjavila, 2003). Finalmente, un huevo contiene 265 mg de colesterol (la cantidad máxima que debe consumir una persona sana en un día), pero debido a la presencia de lecitina o fosfatidilcolina, esta cantidad no resulta perjudicial a la salud, ya que dicha sustancia bloquea la absorción del colesterol (Cardona et al., 2003) permitiendo que el consumo moderado de este alimento sea muy saludable.

c. HIDRATOS DE CARBONO

Son un componente menor en el huevo y están presentes tanto en forma libre, como unidos a proteínas y lípidos (Sugino et al., 1997).

d. VITAMINAS

La albúmina contiene la mayoría de las vitaminas liposolubles (A, D y E) y también hidrosolubles (las del grupo B, excepto la vitamina C). El color amarillento de la clara se debe a la vitamina B2 o riboflavina, de allí que su color sea más blanquecino cuando hay carencia de esta vitamina (Grobas y Mateos 2006). La yema de huevo es rica en vitamina A, D y vitaminas del complejo B como el ácido fólico, importante para la gestante y el sistema nervioso del niño pequeño (Abu, 2012).

El huevo junto con la levadura de cerveza, es el que más contiene biotina (vitamina H, colina, vitamina B₇ y a veces también llamada vitamina B₈), nutrimento vinculado a la protección de la piel, a un gran número de reacciones del organismo y al mantenimiento de las funciones corporales. La ingesta diaria recomendada de biotina es de 30 mcg. por día, que un huevo cubre aproximadamente en un 40% (Cardona et al., 2003).

Cien gramos de de la parte comestible del huevo aportan 28.4% de la Cantidad Diaria Recomendada - CDR – de vitamina A, 36% de vitamina D, 15,8% de vitamina E, 26.4% de riboflavina, 20.6% de niacina, 25.6% de ácido fólico, 84% de vitamina B12, 40% de biotina (40%) y 30% de ácido pantoténico (MINAG, 2011).

e. MINERALES

El huevo contiene fósforo (30.9%), hierro (15.7%), zinc (20%) y selenio (18,2%), (MINAG, 2011). Este último, es antioxidante y esencial para la resistencia de las paredes celulares (sobre todo las de los glóbulos rojos); el zinc es importante en el crecimiento y para combatir infecciones; el calcio es un constituyente óseo y participante en la función nerviosa. El huevo contiene más hierro que el pollo, más zinc que el pescado y el hígado, así como más calcio que el pescado, hígado, pollo y carne de res (Abu, 2012).

f. CAROTENOIDES

El huevo normalmente contiene carotenos y xantofilas, los niveles totales de estas últimas van de 0.3 a 0.5 mg. (De la Cruz et al., 2007).

La yema debe su color a la luteína (β xantófila) y criptoxantina (β caroteno) (Bell y Freeman, 1987; citado por Miranda, 2010), pero además debemos considerar la zeaxantina.

g. ANTIOXIDANTES

El huevo contiene antioxidantes como el selenio, vitamina E, además de carotenoides como la luteína y la zeaxantina, los que pueden ayudar a la disminución del riesgo de enfermedades degenerativas como cáncer, enfermedad cardiovascular, en la prevención de la degeneración macular y a retrasar la aparición de cataratas por desactivar radicales libres y capturar el oxígeno singlete - oxígeno libre (Rodríguez, 1999).

2.5.4 PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE HUEVOS

a. PRODUCCIÓN

En el Cuadro 3 se puede observar que alrededor del 70 % de la producción mundial está concentrada en 10 países y China es el líder mundial de la industria del huevo (36% de la producción); América Latina produce casi el 11% de los huevos del mundo y alrededor de un tercio de la producción de esta zona se da en México.

Cuadro 3: Producción mundial de huevo en el año 2009

Total: 64'315,393 toneladas

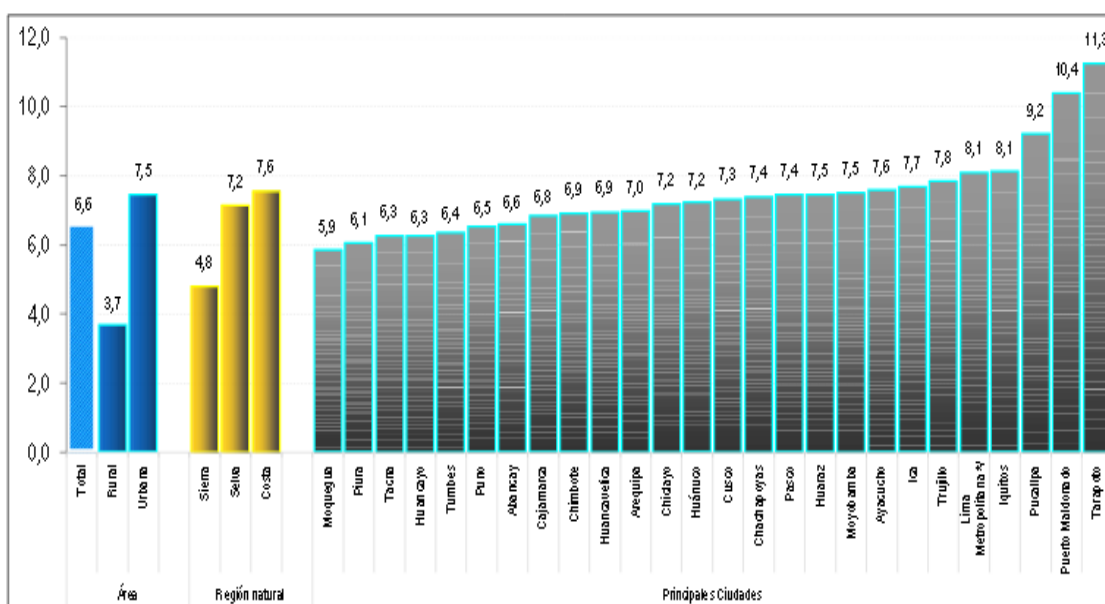
China	23.654.000
EUA	5.928.165
India	3.348.438
Japón	2.912.277
México	2.383.744
Rusia	2.067.000
Brasil	1.922.000
Indonesia	1.059.270
Francia	918.000
Turquía	880.000

FUENTE: Dreyer y Windhorst (2011)

En Perú, el Ministerio de Agricultura informa que en el 2002 su producción fué de 182,000 toneladas y que en el 2011 se elevaron a 318,000 toneladas (un crecimiento del 75% en diez años). Según estadísticas del INEI, el huevo representa el 0.6% del gasto de la canasta básica familiar (MINAG, 2012).

b. CONSUMO

Estudios realizados en EE.UU. en los años 70, determinaron erróneamente que el huevo causaba enfermedades por su contenido de colesterol, idea que persistió en casi todo el mundo hasta mediados de los 80. En los últimos 15 años, nuevos estudios (también en EEUU), concluyeron en que el huevo no era perjudicial para la salud y más bien, su consumo era recomendable en la dieta diaria de las personas, particularmente en niños, madres gestantes y en período de lactancia, así como en personas con enfermedades crónicas y en ancianos (APA s.f.) En Perú, el consumo per cápita anual de huevos por región natural y departamento, en el periodo 2008 – 2009 se aprecia en la Figura 6.



*/ Incluye Provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao.
Fuente: INEI-Encuesta Nacional de Presupuestos Familiares 2008-2009.

Figura 6. Perú: Consumo promedio per cápita anual de huevos de ave, según ámbito geográfico y principales ciudades (Kg/ persona), INEI (2012).

El consumo per cápita de este alimento durante el periodo 2002-2011, se incrementó de 109 a 171 unidades respectivamente, lo que equivale a un incremento del 57% (MINAG, 2012).

2.6 APLICACIONES DE MACROALGAS MARINAS EN ALIMENTACIÓN AVIAR

Díaz et al. (1961) hicieron un trabajo en Cuba y encontraron que los efectos beneficiosos del uso de las harinas de algas marinas (*Ulva fasciata*, *U. Iactuca* y *Enteromorpha lingulata*) en la dieta de aves, dependen de sus contenidos de vitaminas y

minerales, presencia de factores no identificados de crecimiento y de sus propiedades antimicrobiales. Se concluyó que se puede reemplazar con estas harinas hasta el 30% del alimento, sin presentar ningún efecto tóxico y la sustitución al 10% presentaba resultados óptimos.

En Perú, Meza (1969) reemplazó 5, 10 y 15% del maíz de la dieta basal por el alga *Gigartina chamisoï*. Alimentando pollos de carne Shaver hasta la 5ª semana con estas dietas, obtuvo como resultado un buen incremento con el reemplazo del 5%, e incrementos desfavorables con 10 y 15%, aduciendo que el alto contenido de yodo aportado por el alga causaba disturbios tiroideos en los pollos, además de aumentar la humedad fecal y producir efectos visiblemente laxativos, causantes de reducción en la ganancia de peso de los pollos. Además halló una mayor proporción de muertos con la ración que tenía 15% de harina de algas, a diferencia de la ración con 5% de algas; con esta última además, obtuvo los más altos pesos promedios, la más eficiente conversión alimenticia y el mayor beneficio económico.

Pérez et al. (1978) realizaron un ensayo comparativo para evaluar las harinas de algas marinas, *Ulva fasciata*, follaje de yuca, *Manihot sculenta* y alfalfa, cuando se incorporan en un 10% en dietas de acabado para pollos de engorde. Las macroalgas usadas fueron del tipo natural (cosechadas vivas) y de ribazones (desechos del mar). Los pollos de 28 días de edad, a la 8ª semana, mostraron una ganancia de peso de 1054, 989, 902 y 855 g; consumo de alimentos: 2790, 2730, 2670 y 2330 g y conversión de 2.61, 2.78, 2.95 y 2.72 para las harinas de algas naturales, de ribazones, follaje yuquero y alfalfa, respectivamente. El análisis de varianza reveló diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los consumos de alimentos. Resultó evidente que la superioridad por parte de la harina de ribazones fue menor que la exhibida por las algas naturales, lo cual puede atribuirse al hecho de que las algas de ribazones son desechos del mar y han sufrido procesos de descomposición por los rayos solares, provocando deterioro de su actividad vitamínica o específicamente desnutrición parcial de algunos miembros del complejo B. Sin embargo, parece ser que su calidad proteínica y sus excepcionales contenidos de elementos traza, permanecen sin cambios. Se concluyó que las harinas de algas y follaje de yuca constituyen sustitutos potenciales de elevada calidad nutricional para la alfalfa en dietas para pollos de engorde.

Pérez y Guerra (1978) usaron la harina de macroalgas (*Ulva fasciata*) en la alimentación de 144 gallinas ponedoras híbridas en tercera fase de producción, manejadas en jaulas coloniales y agrupadas en lotes de seis aves. Usaron niveles de harina de *Ulva fasciata* en las dietas de 0, 2, 4, 6, 8 y 10%, para evaluar el comportamiento productivo de las ponedoras. Después de 30 días se obtuvieron los siguientes resultados respectivamente: producción de huevos, 67, 61, 61, 68, 66 y 60%; consumo de alimentos, 117, 114, 113, 120, 132 y 131 g/ave/día, conversión de alimentos, 2.15, 2.29, 2.23, 2.16, 2.41 y 2.62 Kg/docena, peso de los huevos, 65, 64, 67 y 66, 67 y 66 g; espesor de la cáscara, 0.12, 0.12, 0.12, 0.13, 0.12 12 y 0.13 mm; índice visual, 6.5, 6.6, 6.7, 7.7, 7.6 y 7.7. Se concluyó que las algas marinas favorecen la pigmentación de las yemas y que el 6% de la harina de algas en las dietas constituye el nivel cercano al óptimo.

Ventura et al. (1994) estudiaron el efecto de inclusión de *U. rigida* a 0, 10, 20 y 30 % sobre la performance del pollo. *U. rigida* disminuyó el consumo de alimento y ganancia de peso, por lo que se concluyó que la inclusión del alga en la dieta, es peligrosa a un nivel más alto que 10%.

Rodríguez (2000) utilizó amaranto (*Cruentus sp.*) y algas (*Gracilaria sp.*) en dieta de aves destinadas a la obtención de huevos con bajo contenido de colesterol. En una 1° etapa, se trabajó con 200 gallinas Hy-Line de 30 semanas, en cuyas raciones se incorporó 0,15, 30 y 45% de amaranto en reemplazo de maíz y soya. Se encontró que hasta 45% de inclusión, se produjo una disminución del 4 – 12% de colesterol (mg. colesterol/ g. yema de huevo). En la 2° etapa, se incluyó harina de *Gracilaria sp.* en 200 galinas de 42 semanas, a un 0, 15, 30 y 45% de reemplazo de maíz y soya, produciéndose una reducción de 2 – 24% de colesterol (mg. colesterol/ g. yema de huevo), provocando una alteración significativa en el consumo de alimentos, producción de huevos y conversión alimenticia, con un costo biológico muy alto. En la 3° etapa, se incluyó amaranto + algas en 300 gallinas de 66 semanas, en niveles de 0/0, 0/5, 0/10, 15/0, 15/5 y 15/10, en reemplazo de maíz y soya, respectivamente. Se halló que la inclusión 15/5 - 15/10, redujo la concentración de colesterol en el huevo en un 34%.

Carrillo et al. (2012) estudiaron el alga marina (AM) *Sargassum spp* en la dieta de gallinas ponedoras Leghorn como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo. Trabajaron con 225 gallinas de 19 semanas de edad, distribuidas al azar en cinco

tratamientos (0, 2, 4, 6 y 8 % del alga marina); el experimento duró cinco semanas. El análisis del colesterol en huevo (yema + albúmina), se hizo por cromatografía de gases. Con 4, 6 y 8 % de algas, la producción de huevo y el contenido de colesterol se redujo, pero el color de la yema se incrementó. Las concentraciones de colesterol (mg 100 g-1 huevo fresco) fueron: 416.28 (0 % AM), 396.77 (2 % AM), 363.35 (4 % AM), 309.05 (6 % AM) y 338.76 (8 % AM). Concluyeron que la inclusión del alga marina *Sargassum sp.* (6 %) en dietas para gallinas en producción, reduce el contenido de colesterol en huevo, sin afectar las variables productivas y la calidad física del huevo, excepto su producción (que bajó desde 91.28 ± 1.20 a 86.09 ± 1.56).

Abudabos et al. (2013) estudiando en Arabia Saudita el valor nutricional del alga verde (*Ulva lactuca*) para pollos parrilleros, evaluaron el efecto de sustituir 1 y 3 % de maíz con esta alga, para ver efecto sobre la performance, características de carcasa, componentes del suero y retención de nutrientes, en 45 pollos machos Ross, de 12 a 33 días. Evaluaron tres tratamientos: T1, dieta de control (0 % *U. lactuca*); T2, 1.0 % *U. lactuca*; T3, 3.0 % *U. lactuca*. Se halló que el consumo acumulado de alimento, la ganancia de peso corporal, conversión alimenticia y la retención de nutrientes desde 12 a 33 días de edad, no fueron afectados. Las aves del T3, tenían más alto porcentaje de producción de músculo de pecho, comparadas con los tratamientos T1 o T2 (se especuló que esto se debió a proteína cruda más alta y aminoácidos, sobre todo metionina). Los lípidos totales del suero, colesterol y concentraciones de ácido úrico fueron considerablemente inferiores en aves que habían recibido T2 y T3. Se recomendó substituir el 3 % de maíz con *U. lactuca*, considerada un ingrediente no tradicional bueno y barato, que podría ser parcialmente incorporado a dietas de aves. Sin embargo, las variaciones estacionales en la composición nutritiva de alga tienen que ser consideradas al utilizar este ingrediente en la nutrición aviar.

Viteri (2013) llevó a cabo estudios de enriquecimiento de huevos con omega 3 con el objetivo de incrementar el valor de estos ácidos grasos en el huevo. Trabajó con tres grupos de 6 gallinas de 23 semanas de edad (un grupo control y dos experimentales), en los que probó con 0%, 5% y 10% de harina de algas *Macrocystis pyrifera*. Encontró que las gallinas alimentadas a base de harina de alga marina durante 25 días, tuvieron una concentración de C20:5 de 15% y la relación n-6: n-3 se incrementó a un 9.3%. En cuanto

a la aceptación, tuvo mejores resultados el huevo enriquecido con n-3 al 5% de harina de algas que el control, obteniendo una respuesta positiva en el 73% de los encuestados.

A partir de los resultados hallados, se concluyó que la harina de algas puede incorporarse hasta 10 % en la ración de las gallinas, sin afectar las variables de producción, la calidad y el sabor del huevo. Se obtuvo además, como efecto colateral, una coloración amarillo naranja en la yema. El uso de este residuo permite aprovechar un subproducto industrial al que no se le ha dado utilidad hasta el momento.

III.

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

- La extracción de algas se realizó en las playas de Pisco (Reserva de Paracas y playas aledañas).
- La elaboración de harina de algas y la preparación del alimento balanceado, se llevó a cabo en una empresa pecuaria ubicada en Lurín.
- La prueba experimental (alimentación de gallinas con dieta control y prueba), se hizo en una granja comercial de gallinas de postura, ubicada en Cañete.
- Los análisis físicos, químicos (excepto los de minerales y ácidos grasos), quimiométricos y de micotoxinas, se realizaron en el laboratorio de la empresa pecuaria; la cuantificación de minerales se hizo en el IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear), los análisis de ácidos grasos y colesterol, se efectuaron en SGS del Perú S.A.C., los análisis microbiológicos se realizaron en Intevet S.A. y los análisis sensoriales se efectuaron en una empresa de alimentos para consumo humano, ubicada en Lima.

3.2 INSTALACIONES

Se utilizaron en total, 48 jaulas de metal provistas de nipples para el suministro de agua ad libitum y con bandejas para el alimento (Figura 7).



Figura 7: Batería de jaulas para gallinas ponedoras

3.3 EQUIPOS Y MATERIALES

3.3.1 EQUIPOS

- Balanzas de diferente sensibilidad (para pesar huevos, aves, sacos de alimento, para análisis químicos): balanza electrónica de 10 Kgs. (Ohaus), balanza electrónica de 3 kg (AND), balanza analítica.
- Estufa.
- Termohigrómetro.
- Mufla.
- Espectrofotómetro.
- Molino Glen Mills.
- Equipo para fibra.
- Equipo de digestión de proteína.
- Equipo de destilación.
- Equipo Extractor Soxhlet.
- Lector de ELISA.
- Bomba de vacío.
- Baño maría.

3.3.2 MATERIALES

- Materiales para muestreo: Bolsas de primer uso, sondas, plumón indeleble.
- Material de vidrio: balones con boca esmerilada de 250 ml., crisoles de porcelana, beakers, fiolas, pipetas, probetas, desecador, crisoles, columna cromatográfica, etc.
- Reactivos: ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, ácido bórico, rojo de metilo, metanol, sulfato de potasio, sulfato de cobre, hidróxido de amonio, permanganato de potasio, fosfato de potasio hidrogenado, metavanadato de amonio, tolueno, acetona, etc.
- Materiales varios: Abanico colorimétrico de Roche, separador de claras, micropipetas, portaceldas, pinzas, espátula, papeles de filtro Watman No 1 y N° 42, timer, etc.
- Material de escritorio: formatos, calculadora, marcadores, stickers.

3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1 ANÁLISIS FÍSICOS

- Peso (del huevo entero, clara y yema).
- Determinación del color de la yema

Mediante comparación con el Abanico de color de yema Roche, el cual es un estándar para medir el color de ésta, de manera rutinaria y confiable (Beardsworth y Hernandez, 2004). Esta comparación se hizo con luz constante, sin modificar el ángulo de incidencia de la iluminación.

3.4.2 ANÁLISIS QUÍMICOS

- Humedad (en algas y alimento balanceado)

El contenido de humedad se determinó por el método C33 a-k (Less, 1992) con secado en estufa a presión atmosférica, calculando la pérdida de peso después de secar la muestra a 105°C, hasta peso constante.

- Proteína (en algas y alimento balanceado)

Se midió por el método semi micro Kjeldahl (Pearson, 1976), donde el contenido de proteína se calculó como nitrógeno x 6.25.

- Grasa (en algas y alimento balanceado)

Se usó el método de extracción Soxhlet 920.39 (AOAC, 1990) y como solvente el hexano.

- Ceniza (en algas y alimento balanceado)

Se determinó a través del método de calcinación 942.05 (AOAC, 1990) calculando la ceniza como el peso remanente después de incinerar la muestra en una mufla a 600°C.

- Fibra cruda (en algas y alimento balanceado)

Se empleó el método de filtración de la Norma Técnica Peruana # 205.003, por el cual la muestra libre de humedad y grasa se digiere primero con una solución de ácido sulfúrico y luego con una solución de hidróxido de sodio. Los residuos orgánicos restantes se recogen en un crisol de filtro. La pérdida de peso después de incinerar la muestra, se denomina fibra cruda.

- Extracto libre de nitrógeno, nifex o carbohidratos solubles (en algas y alimento)

Se halló mediante cálculo aritmético: $100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ proteína cruda} + \% \text{ extracto etéreo} + \% \text{ fibra cruda} + \% \text{ ceniza})$.

- Calcio (en algas y alimento balanceado)
El contenido de calcio por el método de titulación 927.02 (AOAC, 1990) se obtuvo mediante la precipitación del mismo con oxalato de amonio y posteriormente se llevó a cabo una titulación con permanganato de potasio.
- Fósforo (en algas y alimento balanceado)
Se cuantificó mediante el método espectrofotométrico 965.17 (AOAC, 1990) comparando los valores de absorbancia obtenidos con los de una curva patrón. Las lecturas se llevaron a cabo en un espectrofotómetro de UV visible Spectronic Génesis 5.
- Carotenos y xantófilas totales (en algas)
Usando el método espectrofotométrico 970.64 (AOAC, 1990) se determina la absorbancia de las soluciones de carotenos y xantofilas previamente extraídas de la muestra en una columna cromatográfica mediante disolventes de elución adecuados.
- Minerales (en algas y huevos)
Se cuantificaron diversos elementos presentes en las muestras, mediante el Análisis por Activación Neutrónica Instrumental / K-subcero (Erdtman y Petri, 1986; De Corte, 1987), método sensible, exacto, confiable, simultáneo y no destructivo, el cual se detalla en el Anexo 15.1
- Espectrometría de Absorción Atómica, AAS (en algas y huevos). Método detallado en el Anexo 15.2.
- Grasa (en yema de huevos)
Se usó el método de extracción Soxhlet 925.32 (AOAC, 2000). La muestra de huevo fue digerida con HCL 9.8 mol l-1. La grasa fue extraída del residuo con una mezcla de diethyl y el éter de petróleo (1:1).
- Perfil de ácidos grasos y Omega-3 (en algas y yema de huevos)
Se usó el método Ce 1b-89 (AOCS, 1998) el cual determina la composición de ácidos grasos de aceites marinos y ésteres de aceites marinos por cromatografía gas-líquido (GLC).

- Colesterol (en yema de huevos)

En este método (Naeemi et al., 1995) se saponifican los ácidos grasos con la consiguiente liberación del colesterol; la corrida cromatográfica se realizó en un cromatógrafo provisto de un detector de masas.

3.4.3 ANÁLISIS QUIMIOMÉTRICOS

Se realizaron para verificar la identidad de las muestras de algas, usando la Tecnología NIR, detallada en el Anexo 15.3

3.4.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Siguiendo el método establecido por la FDA (1998), para analizar muestras de algas y alimento balanceado. Los análisis realizados fueron: Numeración de Bacterias Viables, Numeración de coliformes y *E.coli*, Numeración de Hongos y Aislamiento de *Salmonella spp.*

3.4.5 ANÁLISIS DE MICOTOXINAS

Se realizaron mediante técnica ELISA y métodos aprobados (Neogen Corporation s.f.), sobre muestras de algas y el alimento balanceado. Las micotoxinas que se cuantificaron fueron las siguientes: Aflatoxinas totales, toxina T2, vomitoxina, zearalenona, ocratoxina y fumonisina, lo cual se detalla en el Anexo 15.4

3.4.6 ANÁLISIS SENSORIALES

Se empleó una prueba afectiva, la Prueba de Nivel de Agrado, para la cual se utilizaron escalas hedónicas en las hojas de respuestas, evaluándose huevo hervido, frito y crudo. Estas escalas son instrumentos de medición de las sensaciones placenterias o desagradables producidas por un alimento, en quienes lo prueban (Anzaldúa, 1994).

3.5 ANIMALES EXPERIMENTALES

Se emplearon gallinas ponedoras línea Hy Line Brown desde las 28- 33 semanas de edad, 336 aves en total (2 tratamientos, 168 gallinas por tratamiento, 7 gallinas por jaula). Las aves se pesaron individualmente antes del inicio de la prueba. Además del peso, se llevó un registro de los huevos producidos, la mortalidad, consumo de alimento, entre otros.

3.6 TRATAMIENTOS

Desde la semana 28 a la 33 (06 semanas), las aves consumieron dietas isocalóricas e isoprotéicas, según el tratamiento respectivo (Cuadro 4):

- Dieta control (X): Alimento comercial en polvo, sin harina de algas.
- Dieta experimental (Y): Alimento comercial en polvo, con 5 % de harina de *Ulva spp.*

Cuadro 4: Composición porcentual de las dietas control y prueba

INGREDIENTE	Dieta control (sin harina algas: "X")	Dieta prueba (con harina algas: "Y")
	%	%
Maíz importado argentino	63.921	56.778
Torta de soya argentina	24.000	22.000
Carbonato de calcio granulado	4.280	4.150
Carbonato de calcio fino	4.196	4.159
Harina integral de soya	2.000	6.000
Fosfato bicálcico 18%	0.733	0.640
Harina de algas	---	5.000
Sal industrial seca	0.387	0.360
Bacitrac. Zinc 10%	0.050	0.050
Trazas minerales	0.050	0.050
Vitaminas	0.040	0.040
Bicarbonato de sodio	0.020	0.020
B.H.T.	0.010	0.010
Ronozyme P5000 (CT) P	0.009	0.009
Lisina	---	0.008
Treonina	---	0.008
Alimet	0.159	0.174
Cloruro de colina 75%	0.075	0.075
Luprosil NC 64	0.070	0.070
Aceite crudo de soya	---	0.400
Peso total del batch	100.000	100.000

En el Cuadro 5 se puede observar la composición nutricional de las dietas (alimento tipo Postura 1), las que contenían 2780 Kcal y 17% de proteína, para atender los requerimientos nutricionales de las gallinas, según las recomendaciones de la Guía de Manejo Online, de Hy-Line International (2010).

Cuadro 5: Contenido nutricional estimado de las dietas control y experimental

DETERMINACIÓN	Postura X (sin algas)	Postura Y (con hna. de algas)
Proteína (%)	17.00	17.00
Fibra (%)	2.33	2.539
Grasa (%)	3.12	3.872
Ceniza (%)	2.714	3.684
Calcio (%)	3.65	3.65
Fósforo disponible (%)	0.36	0.36
Energía metabolizable (Kcal)	2780	2780

Para la formulación de las dietas, se consideró el valor nutricional del alga (Cuadro 6):

Cuadro 6: Contenido nutricional de harina de *Ulva spp.*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Peso	kg	1.0000
Energía metab. aves	Kcal	1,900.00
Calcio	%	1.8200
Fósforo disponible	%	0.4800
Fósforo total	%	0.4800
Proteína	%	15.9300
Lisina	%	6.2900
Metionina + Cistina	%	1.9200
Triptófano	%	1.2800
Isoleucina	%	3.5300
Leucina	%	7.3000
Valina	%	6.4300
Treonina	%	5.7600
Histidina	%	0.8600
Fenilalanina+Tirosina	%	8.0300
Humedad	%	8.7300
Grasa	%	0.6335
Fibra	%	5.6050
Cenizas	%	22.2300
Carbohidratos	%	46.8700
Sodio	%	0.2400
Potasio	%	2.0500
Cloro	%	0.3700
Balance electrolítico	meq/	524.4191
Calcio: Fósforo		3.7917
Lis/EM	%	0.0033
Met.+Cist.	%	0.0010
Treo./EM	%	0.0030
Trip./EM	%	0.0007

3.7 MANEJO PRODUCTIVO

3.7.1 ALIMENTACIÓN

Las aves fueron alimentadas con las dietas control y experimental, durante 6 semanas consecutivas, considerando que la única fuente de variación fueron los tratamientos. Se mantuvo un registro de la cantidad de alimento consumido.

3.7.2 AGUA

La administración de agua fresca y limpia fue ad libitum.

3.7.3 SANIDAD

El programa sanitario (limpieza, desinfección, programa de vacunaciones), fue idéntico para ambos tratamientos y correspondieron a las prácticas habituales de crianza.

3.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En el Cuadro 7 se explica el esquema de trabajo seguido para la realización del presente estudio.

Cuadro 7: Esquema de trabajo para la realización de la prueba experimental

ETAPAS Y VARIABLES	ELABORACIÓN DE HARINA DE <i>Ulva spp.</i>					ADICIÓN DE HARINA DE <i>Ulva spp.</i>						CONSUMO DE DIETAS X GALLINAS	PRODUCCIÓN DE HUEVOS				
Procedimiento	Recolección y selección	Lavado y desinfección	Secado	Molienda	Almacenamiento	Elaboración del alimento						Dietas	Tratamientos	Muestreo (semanas)			
						Recepción de MP e insumos	Formulado	Molienda	Pesado	Mezclado	Ensacado			0	2	4	6
Metodología experimental	→○→	→○→	→○→	→○→	Control/ análisis →	→	Sin algas → Con 5 algas % →	→○→	→○→	→○→	Control / análisis →	Sin algas Con 5% de harina de algas	Sin algas → Con 5% harina algas →	Control / análisis →			
Variables	Ausencia material extraño	Ausencia material extraño			Rendimiento									Calidad fisicoquímica, microbiológica, sensorial			
Controles y análisis	. Peso	. Peso			. Peso . Análisis proximal . Análisis mineral . Pigmentos . Perfil ác. grasos . Análisis microb.	. Peso . Análisis proximal . Análisis microb.					. Peso . Análisis proximal . Análisis mineral . Análisis ác. grasos . Análisis microb. . Análisis micotox.	. Peso alimento . Parámetros productivos		. Peso : huevo, clara, yema, cáscara. . Humedad, proteína, grasa, ceniza. . Sodio, cloro, bromo, yodo, etc. . Colesterol, ácidos grasos. . Sensorial: huevo crudo, cocido y frito.			

3.8.1 ELABORACIÓN DE HARINA DE ALGA *Ulva spp.*

Para la obtención de la harina de alga de *Ulva spp.*, se siguió el flujo de procesamiento mostrado en la Figura 8.

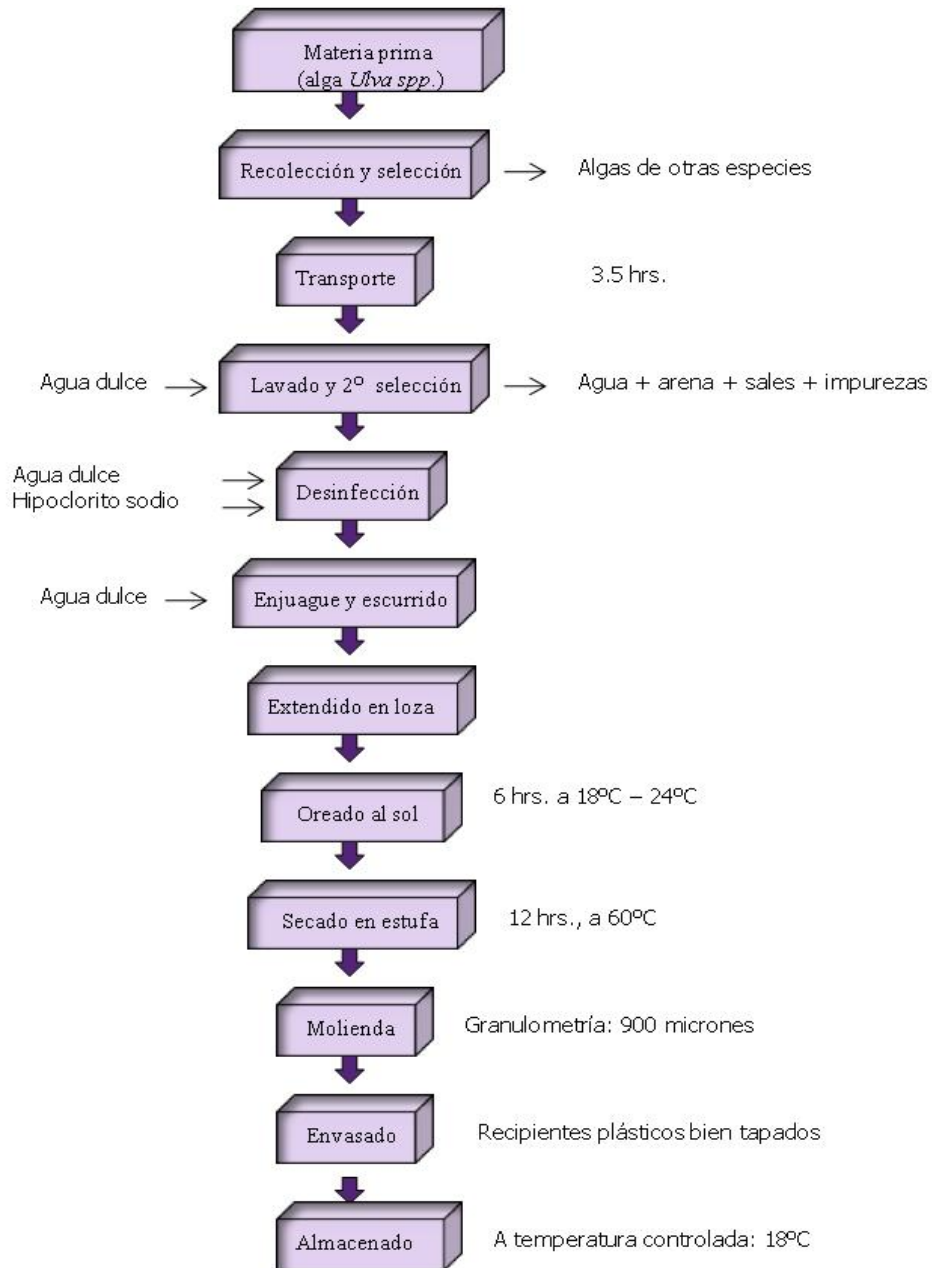


Figura 8. Diagrama de flujo de obtención de harina de *Ulva spp.*

a. RECOLECCIÓN Y SELECCIÓN

Las muestras de *Ulva spp.* se recolectaron en las playas de Pisco, provincia situada a una altura de 14° latitud sur, Departamento de Ica. La recolección en todos los casos fue manual, durante los meses de Febrero a Junio, aprovechando la retirada de la marea (previa consulta de la Tabla de Mareas de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú); además se aprovecharon varazones recientes de algas en la costa, previa inspección para asegurar que sus características físicas estaban conformes en cuanto a color (verde paca), textura, olor.

De manera simultánea, se retiraron aquellas algas de género diferente a *Ulva spp.*, así como las impurezas. El alga colectada se depositó en sacos de polipropileno para sacarla del mar e inmediatamente después, se colocó en un recipiente plástico de 200 l en el cual había agua potable dulce, para evitar su desecación.

b. TRANSPORTE

Desde Pisco hasta Lurín, lugar donde se procesó el alga. El tiempo estimado del transporte fué de aprox. 3.5 h.

c. LAVADO y 2° SELECCIÓN

Las algas se lavaron por inmersión con agua potable, para remover la sal y arena; además se retiraron los cuerpos extraños: conchitas, artrópodos, piedritas, así como fragmentos de otras especies de algas.

d. DESINFECCIÓN

Para reducir la carga microbiana, las algas se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio, a una concentración de 5 ml / 10 lt de agua durante 5 minutos, según las instrucciones del fabricante de lejía (Clorox).

e. ENJUAGUE Y ESCURRIDO

Enjuague de las algas con agua potable y posterior escurrido, para eliminar la mayor cantidad de agua posible.

f. EXTENDIDO EN LOZA

Dada la cantidad de algas, éstas se colocaron sobre una loza de cemento limpia, estirándolas y espaciándolas lo suficiente para evitar que se sobrepongan.

g. OREADO AL SOL

Deshidratación parcial por acción del sol durante 6 hrs., para reducir el contenido de humedad; las algas se orearon a una temperatura de 18°C – 24°C por 6 h., siendo necesario voltearlas cada 2 hrs. aprox., para un secado mas uniforme.

h. SECADO EN ESTUFA

Las algas se colocaron sobre papel y se enrollaron a manera de pionono, luego se las colocó en la estufa y se dejó secar a 60°C por 12 h (Jara, 1995; citado por Farfán, 2005), volteándolas cada cierto tiempo y retirándolas de la estufa cuando al presionar el paquete conteniendo las algas, éstas se quebraban, con un sonido parecido al crujidode galletas.

i. MOLIENDA

Con ayuda de un molino eléctrico Tomas Willey, provisto de una criba (granulometría de 900 micrones) se obtuvo una harina homogénea, lista para la realización de los análisis químicos.

j. ENVASADO

La harina de alga se colocó en bolsas plásticas de polietileno de alta densidad, las que estaban dentro de recipientes plásticos (polietileno tereftalato, PET) herméticamente cerrados, para evitar su humedecimiento. De cada lote producido y mediante la técnica de cuarteo, se tomó una muestra representativa para la realización de análisis (químicos, quimiométricos y microbiológicos).

k. ALMACENADO

Se realizó en un ambiente seco y fresco, con temperatura constante (18°C) y humedad relativa entre 70 – 72%. La harina de alga se utilizó en el transcurso de la semana.

El rendimiento del alga *Ulva spp.* fue de 9.55%, con la ventaja de convertirse en harina fácilmente (a diferencia de otras algas como *Macrocystis spp.*, de estructura mas fibrosa).

3.8.2 ELABORACIÓN DEL ALIMENTO BALANCEADO

Se realizó en una empresa pecuaria, con ayuda de balanzas adecuadas y una mezcladora horizontal, como se aprecia en la Figura 9. Cada lote se ensacó (Figura 10) y rotuló, para su posterior envío a granja. El alimento fue en harina, hecho a base de maíz –soya; a la dieta experimental se le agregó harina de *Ulva spp.* al 5%, considerando que Pérez y Guerra (1978) mencionan que 6% de harina de algas en las dietas de *ponedoras*, constituye el nivel cercano al óptimo, así como las referencias bibliográficas que indican que hasta con 10% de inclusión del alga no se afectan los parámetros productivos de pollos (Díaz et al. 1961, Díaz y Pérez 1972, Pérez et al. 1978 y Ventura et al. 1994).



Figura 9: Etapa de mezclado (dieta prueba)



Figura 10: Dietas control y prueba

Finalmente se tomaron muestras por tipo de dieta y fecha de preparación, destinadas a la realización de análisis proximales, de calcio y fósforo, perfil de ácidos grasos, microbiológicos y de micotoxinas.

3.8.3 ALIMENTACIÓN DE AVES Y EVALUACIÓN DE DATOS PRODUCTIVOS

Las dietas se suministraron a las aves durante 6 semanas consecutivas, considerando los tratamientos especificados: tratamiento control (sin algas) y tratamiento experimental (con 5% de harina de alga *Ulva spp.*).

La evaluación de datos productivos se hizo semanalmente y comprendió:

- a. Peso de las aves
- b. Consumo de alimento

Al final de cada semana se retira y pesa el alimento balanceado sobrante de los comederos de cada unidad experimental, descontándolo del alimento entregado para toda la semana. La fórmula es:

$$\text{Consumo alimento sem. x ave (g.)} = \frac{\text{alim. suministrado} - \text{alim. sobrante}}{\text{N}^\circ \text{ de aves}}$$

c. Conversión alimenticia

$$\text{CA} = \frac{\text{Consumo de alimento semanal}}{\text{Ganancia de peso semanal}}$$

- d. Porcentaje de postura de huevos
- e. Número de huevos producidos por gallina
- f. Huevos quiñados
- g. Huevos pálidos
- h. Mortalidad semanal de las aves

$$\text{Mortalidad semanal (\%)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ aves muertas durante la semana}}{\text{N}^\circ \text{ aves iniciadas vivas en la semana}} \times 100$$

3.8.4 PRODUCCIÓN DE HUEVOS

Los huevos procedentes de gallinas alimentadas con dietas control y prueba, se colectaron semanalmente. En la semana 0 se consideraron las muestras antes de empezar la prueba y en las semanas 2, 4 y 6, las muestras después de 14, 28 y 42 días de alimentación. Las muestras representativas de los lotes, se identificaron adecuadamente (consignando los datos del tratamiento, lote, fecha, análisis solicitados), para luego ser remitidas a los laboratorios de destino.

3.8.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se consideran 6 repeticiones por cada tratamiento (28 gallinas por réplica), 168 gallinas por tratamiento; un total de 336 gallinas en evaluación, según se aprecia en la Figura 11

La unidad experimental fue de 28 gallinas, contenidas en 4 jaulas (gallinas de postura, línea Hy Line Brown, de 28 – 33 semanas), ubicadas en el segundo nivel del galpón.

Como variables independientes, tenemos las dietas (con y sin adición de harina de algas); como variables dependientes, tenemos el peso de las aves, su conversión alimenticia, consumo de alimento, color de la yema de huevos y otros, que se detallarán más adelante.

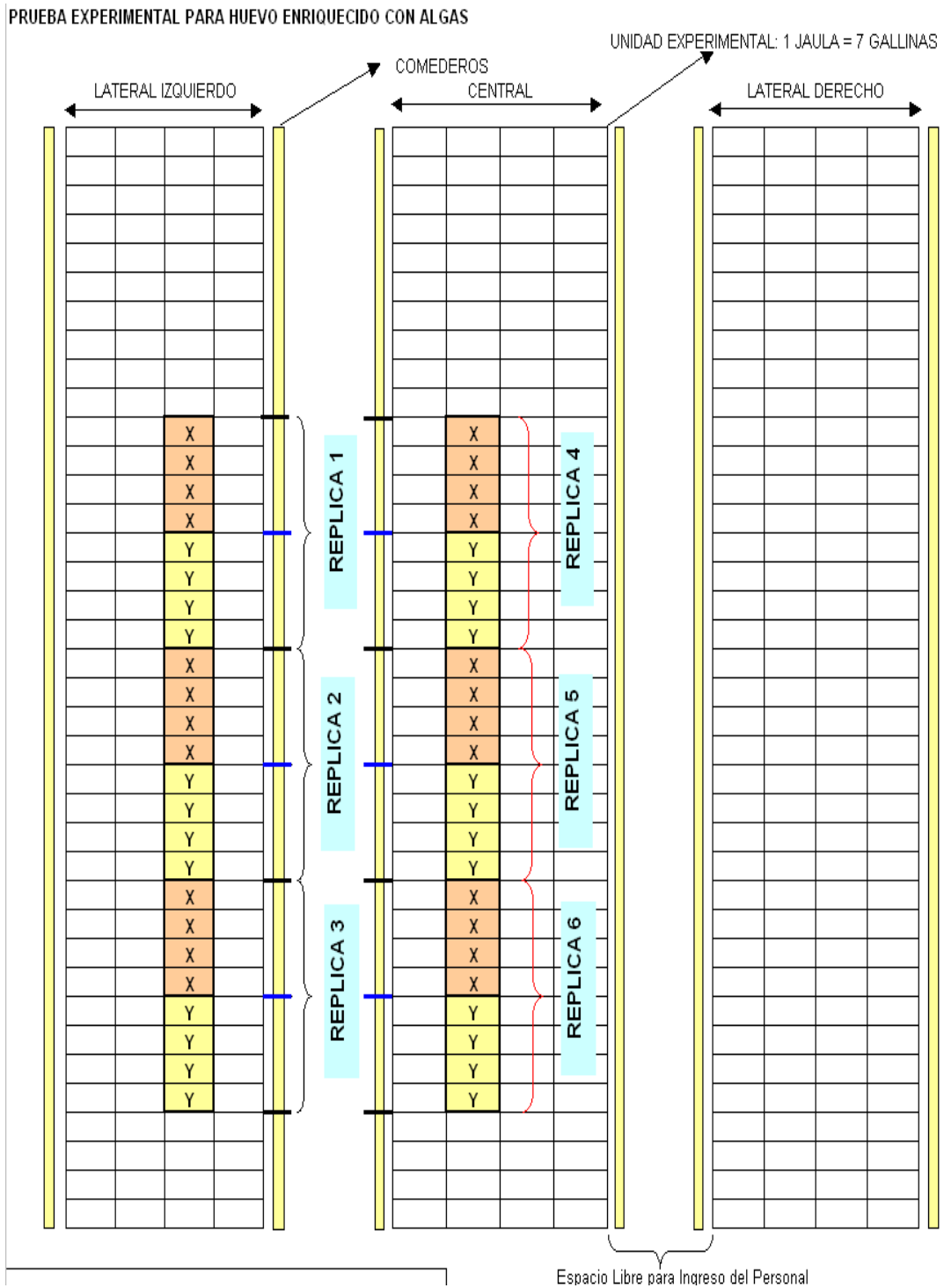


Figura 11: Distribución de tratamientos dentro del galpón

3.8.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS

Se aplicó la Prueba F para el análisis de las varianzas de 2 muestras y la Prueba t-student para la comparación de promedios. Para la data obtenida después de la evaluación organoléptica de los huevos, se empleó la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Para el análisis de minerales en clara y yema de huevo, así como para ácidos grasos y colesterol, se usó la prueba de Análisis de Varianza (ANOVA) Unidireccional.

El análisis estadístico de la data se hizo con el software estadístico Minitab 15.1.1

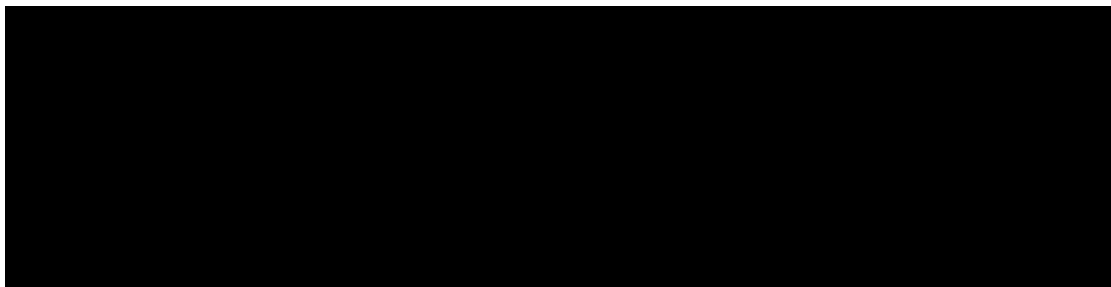
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS DE HARINA DE ALGA *Ulva spp.*

4.1.1 ANÁLISIS PROXIMAL Y DE PIGMENTOS

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del análisis proximal y de pigmentos de 4 lotes de harina de *Ulva spp.*

Cuadro 8: Análisis proximal y de pigmentos en harina de *Ulva spp.*



Nota: Valores de carbohidratos obtenidos mediante cálculo aritmético.

La primera muestra, que se diferencia de las demás en humedad, proteína y ceniza, fue la única que se colectó en la Reserva de Paracas, a mayor profundidad (con ayuda de buzos profesionales) y durante los primeros días de Febrero (las demás se colectaron en meses posteriores: Abril, Mayo y Junio). Estas variaciones se explican teniendo en cuenta que la composición química de las algas varía considerablemente de especie a especie, en función de su localización geográfica y estaciones del año (Acleto, 1971; citado por Torres, 1991). exposición al oleaje y a las corrientes, concentración de nutrientes presentes en el medio, profundidad a la que se localizan, la temperatura, estado de desarrollo de las algas, etc. Por otro lado, el porcentaje de proteína varía según el estado fisiológico, incrementándose en el estadio reproductivo del alga.

El contenido de grasa hallada (0.63% en promedio) coincide con lo afirmado por Carrillo et al. (2002), Aguilera et al. (2005), Kumar et al. (2010) y Peña et al. (2011) en el sentido que en las Ulvaceas los valores van de 0.2 a 5.6%, de acuerdo a las condiciones de cultivo y la temporada del año en que se cosechan.

En el Cuadro 9 se presenta una comparación entre los resultados químicos hallados en el presente estudio y los obtenidos por los investigadores citados.

Cuadro 9: Comparación de resultados de análisis proximal y de pigmentos en muestras de harina de *Ulva spp.*

	Humedad (%)	Proteínas (Nx6.25), (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Carbohid. (%)	Carotenos (mg./kg.)	Xantófilas (mg./kg.)
Ulva costata ¹	---	27.38	0.48	3.87	24.07	44.21	0.30	---
Ulva sp. ²	15	8.4	0.47	---	---	42.5	---	---
Ulva spp. ³	---	26.1	0.7	---	22.6	---	---	---
Ulva spp. ⁴	---	30.43	1.66	7.84	17.74	42.35	---	---
Ulva lactuca ⁵	---	10.75 ± 0.47	0.25 ± 0.04	4.84 ± 0.25	53.24 ± 0.36	30.92 (*)	---	---
Ulva spp. ⁶	10.58 ± 0.20	11.40 ± 0.09	0.54 ± 0.07	5.11 ± 0.18	46.62 ± 0.20	25.75 (*)	---	---
Ulva spp. ⁷	---	17.2- 30.4	0.5 - 5.9	3.9 - 7.8	17.8 - 24.0	42.3 - 47.1	---	---
Ulva fasciata ⁸	---	31.47	2.25	6.45	13.03	46.8	---	---
Ulva lactuca ¹⁰	---	27.2 ± 1.1	0.3 ± 0.0	---	11.0 ± 0.1	61.5 ± 0.8	---	---
Ulva rígida ¹¹	---	7.31	0.8	---	25.74	---	---	---
Ulva spp. ¹²	8.73	15.93	0.63	5.61	22.23	46.88 (*)	16.95	106.7

(*): Valores hallados por diferencia.

Fuentes:

- (1) Sumarriva (1985).
- (2) McHugh (1987).
- (3) Fleurence (1993); citado por Jiménez y Goñi (1999).
- (4) Chávez (1995).
- (5) Castro et al. (1996).
- (6) Carrillo et al. (2002).
- (7) Mendo (2004).
- (8) Farfán (2005).
- (10) Ortiz (2011)
- (11) Frikha et al. (2011).
- (12) Resultados del estudio

Se observa que los resultados de humedad obtenidos son parecidos a los encontrados por Carrillo et al. (2002) y están dentro de los requisitos establecidos por la Norma Nacional de Seguridad Alimentaria (WTO, 2011), según la cual la humedad de las algas y de los productos hechos a base de éstas como materias primas, no deben superar el 16%, para reducir riesgos de contaminación microbiana. Además, la baja humedad de la harina puede contribuir en la conservación fisicoquímica de la misma, retardando la rancidez de los lípidos y reduciendo la actividad enzimática, manteniendo en un mayor tiempo sus características (Méndez; citado por Bravo, 2012). Sin embargo, Bravo (2012) indica que más de 12%, favorece el crecimiento de mohos y levaduras.

En cuanto a proteína, Arasaki y Arasaki (1983) hallaron que *Ulva spp.* tenía valores que fluctuaban entre 15% y 20% en peso seco, lo cual coincide con los resultados del presente estudio (15.93%), además este valor es cercano al hallado en *U. lactuca* colectada

al sur de La Habana (Cano, 1996) que es de 14% y algo menor, comparado con el reportado por Mendo (2004) quien halló un rango de 17.2 – 30.4%. Se observa que las variaciones de este componente son amplias y van desde 7.31 (Frikha et al., 2011) hasta 31.47% (Farfán, 2005).

Morales, citado por Chávez (1995), halló 23.86% de proteína en la estación de primavera y 17.16% para el alga recolectada en invierno, lo cual se debe a que este componente varía con la época del año y zona de colecta (Díaz y López, 1959; Cano, 1996; Valdés, 1996) aparte de los factores ya enunciados.

En lo referente a grasa, todos los autores señalados en el Cuadro 8 reportan valores bajos, que van desde 0.3% a 2.25%, sin embargo, hubo mayor coincidencia entre los resultados de este trabajo (0.63%) y lo hallado por Fleurence y Mabeu (1993), Carrillo et al. (2002) y Mendo (2004) quienes hallaron 0.7%, 0.54 ± 0.07 y 0.5 – 5.9%, respectivamente; a diferencia de lo reportado por Farfán (2005) quien halló 2.25% de grasa. Recientemente, Ivanova et al. (2013) hallaron en *Ulva rigida* 0.79 ± 0.06 de grasa total (g. /100 g de peso fresco; la data está expresada como promedio \pm SD, cuando $n = 3$), lo cual implica que en base seca, los valores serán más altos que los hallados en el presente estudio.

Para fibra, lo encontrado (5.61%) es muy cercano a lo reportado por Carrillo et al. (2002) y Mendo (2004) quienes hallaron 5.11 ± 0.18 y 3.9 – 7.8%, respectivamente.

Los resultados de carbohidratos (46.88%) coinciden con los de Sumarriva (1985), McHugh (1987), Chávez (1995), Farfán (2005), Ortiz (2011) en el sentido de que estos son el componente mayoritario. Los valores hallados son muy parecidos a los reportados por Mendo (2004) quien encontró 42.3% - 47.1% y Farfán (2005), que reportó 46.8%; por su parte Jaramillo, citado por Torres (1991) menciona un rango de 30 – 80% de carbohidratos. Los valores mas altos ($61.5 \pm 0.8\%$), los indica Ortiz (2011).

En cuanto a cenizas, se encontró 22.23%, valor similar a lo hallado por Fleurence (1993) con 22.6% y Mendo (2004) con 17.8 – 24.0%. Castro et al. (1996) y Carrillo et al. (2002) hallaron niveles mas altos, todo lo cual está relacionado con la cantidad de elementos minerales presentes en el agua de mar.

Para carotenos, se encontró 16.95 mg. /kg., valor muy distante del reportado por Sumarriva (1985) quien halló 0.3 mg/kg; sin embargo, el total de carotenoides (carotenos

+ xantófilas) que se halló, asciende a 123.65 mg/kg, lo cual coincide con los hallazgos de Cano et al. (2005) quien encontró para *Ulva fasciata Delile*, un valor de carotenoides entre 30 - 1200 mg/kg (b.s), en un estudio realizado al norte de La Habana; por su parte, Durmaz et al. (2008) reportaron un total de carotenoides de 310 mg/ kg, lo cual muestra que las variaciones pueden ser muy amplias.

De todo lo expuesto se deduce que los contenidos de los diversos componentes dependen de varios factores; por ejemplo, la proteína depende del estado fisiológico del alga, incrementándose en el estadio reproductivo (Acleto; citado por Jara, 1995). Las diferencias en cuanto a fibra, se deben a la fecha de recolección, ligada a la edad del alga, por ej. las algas maduras, poseen valores más altos de fibra respecto a las plantas jóvenes (Acleto, 1971). También influyen otros factores, como la exposición al oleaje y a las corrientes, concentración de nutrientes presentes en el medio, profundidad a la que se encuentran las algas, la temperatura, estado de desarrollo, etc. (Acleto; citado por Torres, 1991). Finalmente, se debe considerar la forma de secado de las algas, ya que diferencias en cuanto a humedad alteran los resultados de los análisis químicos.

4.1.2 ANÁLISIS MINERAL

La harina de *Ulva spp.* tiene gran variedad de minerales en su composición, se detectaron 24 por Activación Neutrónica (Cuadro 10), más el fósforo por espectrofotometría, con lo cual tenemos en total 25 minerales, lo cual se explica por la capacidad del alga para absorber de un modo selectivo, las sustancias inorgánicas del mar a través de sus polisacáridos superficiales (Jiménez y Goñi, 1999).

En el Cuadro 10 se puede observar que la harina de *Ulva spp.* tiene gran variedad de minerales en su composición (se detectaron 24 en total), lo cual se explica por su capacidad para absorber de un modo selectivo, las sustancias inorgánicas del mar a través de sus polisacáridos superficiales (Jiménez y Goñi; 1999).

Relacionando los valores de ceniza hallados mediante la técnica de calcinación (22.23%), se observa que éstos son elevados en relación a la sumatoria de todos los minerales hallados por Activación Neutrónica (los que se muestran en el Cuadro 10), lo cual se debe principalmente a que mediante esta técnica se detectan elementos, mas no compuestos (Erdtman and Petri, 1986)

Comparando la concentración de cada mineral, con los niveles tolerables máximos de minerales en el alimento para animales (NCR 2005) se observa que el alga posee valores pequeños de todos los elementos, excepto para el aluminio, fierro y potasio, cuya tolerancia máxima es 1000 ppm, 500 ppm y 1%, respectivamente, pero considerando que el nivel de inclusión del alga en la dieta es bajo (5%), ninguno de los minerales mencionados excede la tolerancia en el alimento.

Cuadro 10: Minerales en harina de *Ulva spp.*

Elemento	Unidad	Concentración \pm LC
Al	mg/kg	2460 \pm 220
As	μ g/kg	6.20 \pm 0.70
Ba	mg/kg	30.44 \pm 1.20
Br	mg/kg	358 \pm 10
Ca	mg/kg	8800 \pm 2100
Cd	μ g/kg	3.40 \pm 0.10
Ce	mg/kg	2.10 \pm 0.10
Cl	mg/kg	14160 \pm 450
Co	mg/kg	0.751 \pm 0.048
Cr	mg/kg	2.50 \pm 0.20
Cs	mg/kg	0.080 \pm 0.010
Cu	mg/kg	2.80 \pm 0.32
Fe	mg/kg	1060 \pm 140
I	mg/kg	98 \pm 14
K	mg/kg	20490 \pm 3300
Mg	mg/kg	22950 \pm 360
Mn	mg/kg	47.0 \pm 3.6
Na	mg/kg	11750 \pm 320
Pb	μ g/kg	3.300 \pm 0.048
Rb	mg/kg	11.66 \pm 0.86
Sb	mg/kg	ND
Sc	mg/kg	0.303 \pm 0.037
Se	mg/kg	0.230 \pm 0.021
Sr	mg/kg	87.0 \pm 13.0
Zn	mg/kg	20.0 \pm 2.10

LC: Límite de confianza (95% aprox.)

LD: Límite de detección

ND: No detectado

Se observa además, que hay minerales en la harina de *Ulva* que no aparecen en la tabla del NRC (The National Research Council), como por ej.: cloro, cerio, cesio, plomo, rubidio, escandio y estroncio, todo lo cual pudo detectarse por lo sensible de las metodologías

analíticas utilizadas, en este caso la Técnica de Activación Neutrónica (Figura 12) y la Espectroscopía de Absorción Atómica.



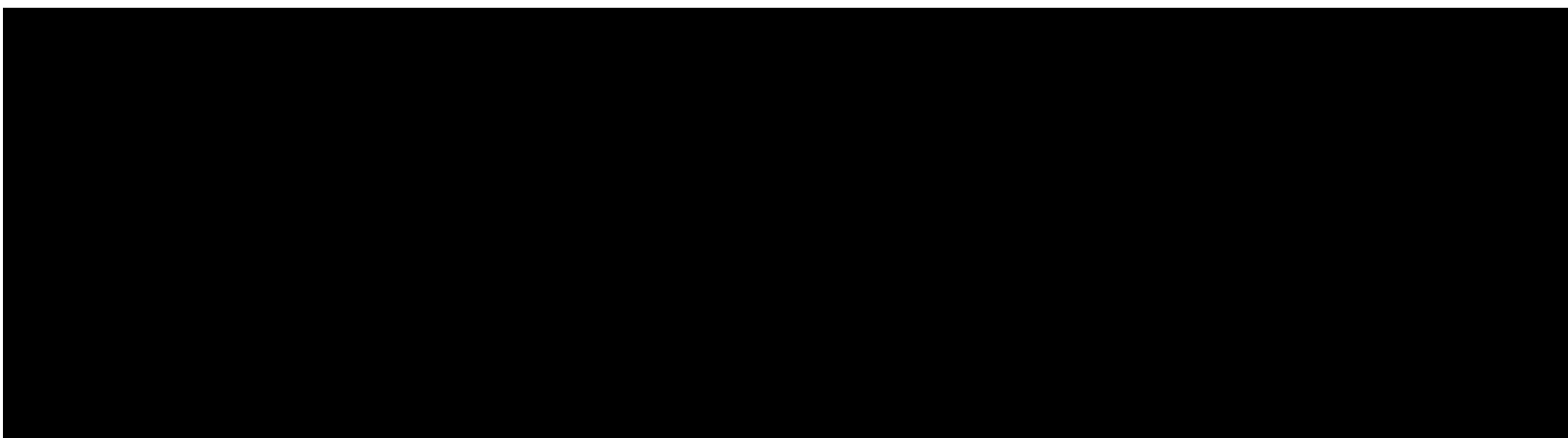
Figura 12: Reactor nuclear, necesario para los Análisis por Activación Neutrónica (AAN)

En el Cuadro 11, se muestran resultados comparativos de los minerales hallados en harina de *Ulva spp.* por otros autores, con los del presente estudio. Se observa que los resultados de cobre obtenidos (2.80 ± 0.32 ppm), están dentro del rango 2.1 a 24.0 ppm reportado por Mendo (2004); los valores de zinc son los mas bajos hallados (20.0 ± 2.10 ppm), mientras que los de potasio (20490 ± 33000 ppm) son muy cercanos a los valores obtenidos de 25000 ppm (Carrillo et al., 2002) y los de magnesio ($2.295 \pm 0.036\%$), muy parecidos a lo hallado por Aldon (2008): 2.35%.

En cuanto a manganeso (47.00 ± 3.6 ppm) y hierro (1060 ± 140 ppm), lo hallado es muy cercano a lo reportado por Torres (1991), 46 y 960 ppm, respectivamente, pero los valores están muy alejados de lo reportado por Aldon (2008), correspondientes a 137 y 3072 ppm, respectivamente.

De otro lado, los resultados de cloro que encontramos son muy altos (14160 ± 450 ppm), comparados con los de Mc Hugh (1987) quien halló 3400 ppm; sin embargo, no exceden los niveles tolerables máximos de minerales en el alimento de animales. Para calcio, se encontró 0.88% (8800 mg/kg), valor más alto que lo hallado por Mc Hugh (1987) que reportó 0.36%, sin embargo Carrillo et al. 2002 encontró un valor bastante alto, de 5.8%.

Cuadro 11: Comparativo sobre minerales en harina de *Ulva spp.*



Fuentes:

- (1) Sumarriva (1985).
- (2) McHugh (1987).
- (3) Torres (1991), secado por aire caliente.
- (4) Torres(1991), secado por rodillos.
- (5) Chàvez (1995).
- (6) Carrillo et al.(2002).
- (7) Mendo (2004).
- (8) Aldon (2008).
- (9) Resultados del estudio.

Para fósforo, se encontró 0.48%, valor que está dentro del rango de 0.09 a 0.7%, reportado por Mendo (2004).

Finalmente, los valores de metales pesados como el cadmio (0.0034 ppm) y plomo (0.0033 ppm), son muy bajos en relación a lo reportado por Aldon (2008) de 0.87 y 3.25 ppm, respectivamente, lo cual coincide con lo afirmado por Mabeau y Fleurence (1993) en el sentido que los minerales pesados en las algas marinas comestibles estuvieron por debajo del límite máximo permisible; esto además concuerda con Fundación Chile (2007) cuyo informe menciona que es posible afirmar que las algas verdes (a diferencia de las pardas y rojas), *no* poseen una acumulación excesiva de metales pesados en sus tejidos.

Todas las variaciones indicadas se deben a que en las algas, los minerales son absorbidos en función de la época de colecta, concentración y forma en la que se encuentre el metal en el medio marino. Estos elementos son absorbidos tanto en forma activa como pasiva por las cargas de los polisacáridos de la pared celular y la matriz extracelular.

Además intervienen otros factores, por ejemplo, Darley (1987) menciona que la disponibilidad de luz y nitrógeno afecta la absorción del Cd; Dawes (1986), Lobban y Harrison (1994) afirman que las algas viejas retienen mayor concentración de metales. Fleurence, citado por Jiménez y Goñi (1999), afirma que las amplias variaciones en el contenido de cada uno de los componentes analizados se deben a que la composición en minerales varía según el grupo taxonómico - por la capacidad de cada especie de acumular minerales - y es función de factores ambientales, geográficos y variaciones fisiológicas.

Cano (2008) para *U. fasciata* menciona que la concentración de macronutrientes (Ca, Mg y K) y micronutrientes (Fe, Zn, Cr y Mn), manifiesta variaciones espaciales y temporales de acuerdo a los diferentes niveles de nutrificación del medio.

Villares et al. (2002) indican que los contenidos de metales pesados, en general, varían dependiendo de varios factores tanto metabólicos (variaciones en el crecimiento de algas), como ambientales (variaciones en la concentración de metales en agua, interacción entre metales y otros elementos, como salinidad, pH, etc.). Finalmente, otros factores también

influyen en la absorción de los mismos, como es la profundidad, la temperatura, la salinidad y la presencia de otros contaminantes.

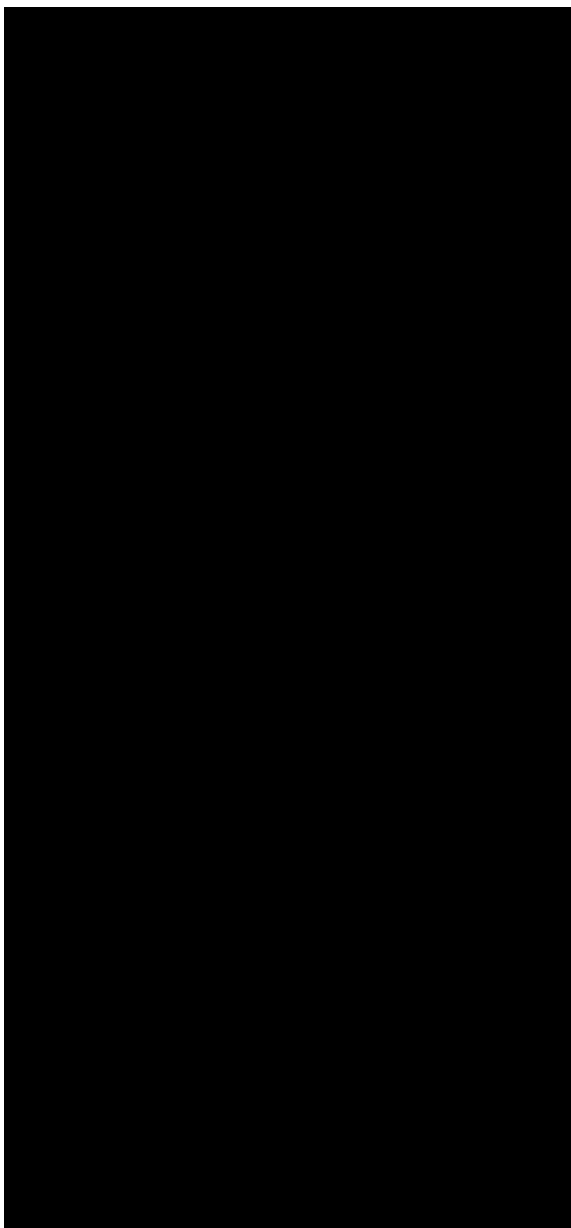
Es importante puntualizar que los minerales presentes en algas marinas, no solo se encuentran en elevadas cantidades, sino también, tienen una alta disponibilidad biológica debido a su origen orgánico, ya que se encuentran en combinación natural con almidones, azúcares y carbohidratos de las mismas algas (Jiménez y Goñi; citado por Domínguez et al., 2002).

4.1.3 ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS

En el Cuadro 12 se observa que aunque el contenido total de lípidos de las Ulvas puede ser bajo, son ricas en ácidos grasos poliinsaturados del tipo n-3 y n-6, lo cual coincide con lo reportado por Wahbeh (1997), Aguilera et al. (2005) y Carrillo et al. (2008); sin embargo, Wahbeh (1997) halló en *U. lactuca* 66.3% de ácidos grasos poliinsaturados del total de ácidos grasos, mientras que los resultados de este estudio fueron menores (35%).

En el Cuadro 12, se observa que el ácido palmítico C16:0, es el ácido graso saturado mas abundante.

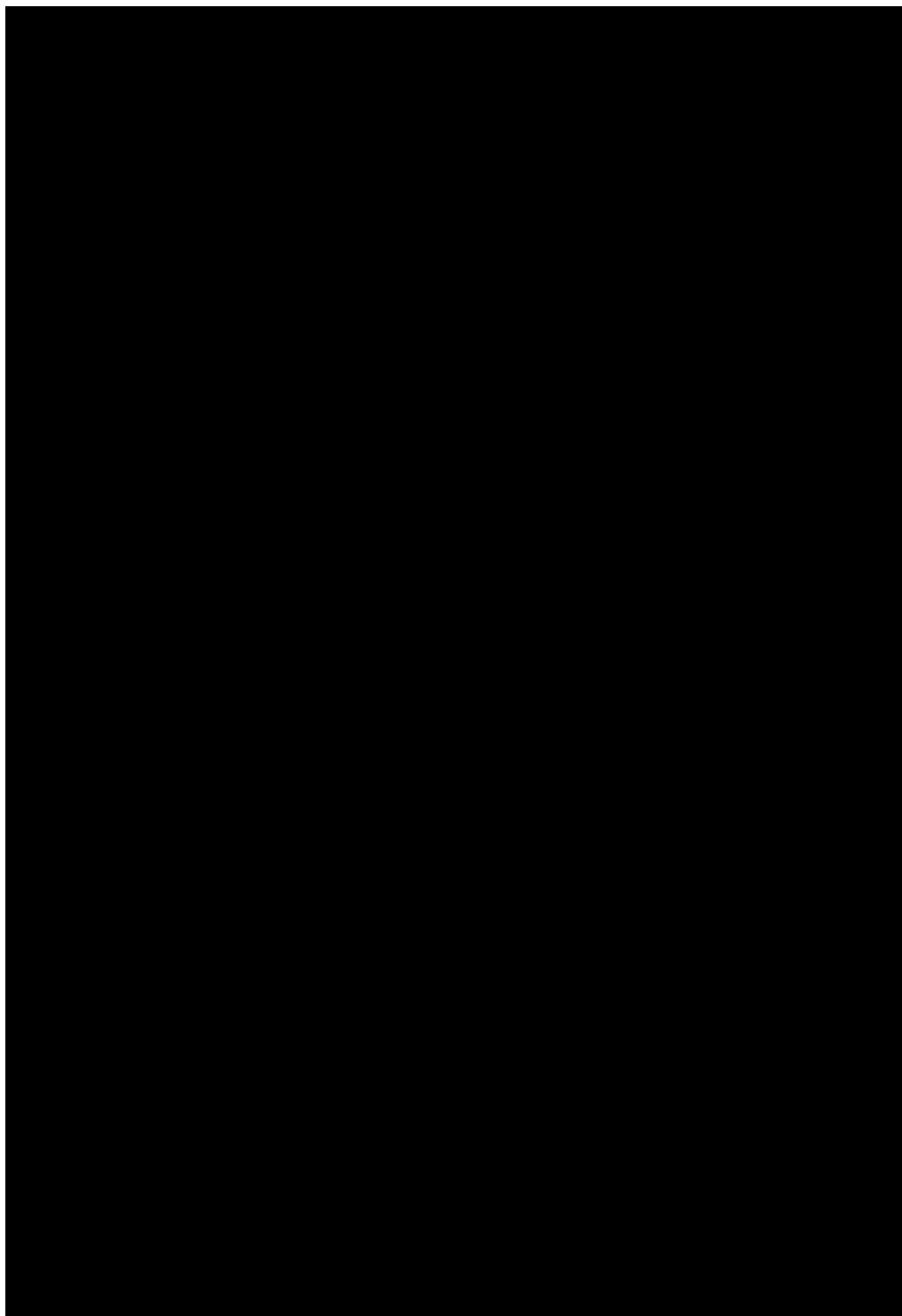
Cuadro 12: Porcentaje de ácidos grasos en los lípidos de la harina de *Ulva spp.*



Análisis realizado en SGS.

En el Cuadro 13, se aprecia que la sumatoria de ácidos grasos saturados hallada en el presente trabajo (32.5%), es similar a lo encontrado por Ortiz (2006) de $33.78 \pm 0.12\%$.

Cuadro 13: Resultados comparativos de ácidos grasos (%), en harina de *Ulva spp.* , según diferentes autores



En ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) se halló 19%, lo cual coincide con Durmaz (2008) quien encontró 19.5%, a diferencia de los valores mas altos reportados por Ortiz

(2006) y sobre todo por Frikha et al. (2011), correspondientes a 36.66 ± 1.33 y 51.54% , respectivamente.

En cuanto a ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), se encontró 27.4% , valor superior a lo encontrado por Ortiz (2006) y Frika et al. (2011) de 18.24 ± 1.10 y 10.78% , respectivamente, pero menor a lo reportado por Durmaz (2008) de 33.76% .

Conchillo et al. (2006) afirmó que el EPA es el ácido graso mayoritario en el pescado y el DHA en el alga; sin embargo, en el presente trabajo se halló lo contrario: más EPA (1.2%) que DHA (0.4%), lo cual coincide con los hallazgos del resto de investigadores señalados en el Cuadro 11.

La sumatoria de n-3 en el presente trabajo es de 20% , valor más alto que el reportado por Ortiz (2006) de $6.6 \pm 0.91\%$; por el contrario, la sumatoria de n-6 fue de 5.8% , valor más bajo que $8.65 \pm 1.11\%$, reportado por Ortiz (2006). Finalmente para la relación n-6: n-3, Ortiz (2006) halló 1.31 en *Ulva lactuca*, Colombo et al. (2006) encontró que esta relación en *Ulva fenestra* es 0.11 , en el presente trabajo se halló 0.29 para *Ulva spp.*

Estudios sobre la composición de ácidos grasos de plantas marinas, tales como los de Xu et al., Graeve, citados por Durmaz (2008) han reportado que la composición algal de ácidos grasos se afecta por muchos factores tales como la temperatura, salinidad, nutrientes y nivel de profundidad en el agua donde se localicen.

4.1.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

En el Cuadro 14, vemos que las muestras estuvieron libres de *Salmonella spp.* y que la carga microbiana estuvo dentro de las especificaciones requeridas, lo cual coincide con Torres (1991) quien encontró carga microbiana baja en bacterias viables, mohos y levaduras, porque la humedad y actividad de agua son bajas.

Chávez (1995) reportó resultados microbiológicos conformes, para su deshidratado de *Ulva fasciata*, el cual se usó como fortificante alga- leche, para bebés prematuros; Farfán (2005) también encontró bajos recuentos microbiológicos.

Cuadro 14: Análisis microbiológicos en harina de *Ulva spp.*

ANÁLISIS	DESHID. DE ULVA FASCIATA FORMA COSTATA HOWE (secada con aire caliente) (1)	DESHID. DE ULVA FASCIATA FORMA COSTATA HOWE (secada por rodillos) (2)	HNA. ALGA LECHUGA DE MAR (3)	HNA. ALGA LECHUGA DE MAR (4)	FAO/OMS (1982)**	USDA, GAIN Report #CH3051 (2003)
Recuento de aerobios mesófilos viables (ufc/g)	14 x 10 ³	15 x 10	28 x 10 ³	4 x 10 ³	10 ⁴	30 000
Numeración de coliformes totales (NMP/g)	Ausente	Ausente	< 3	< 3	20	30
Numeración de <i>E.coli</i> (NMP/g)	---	---	< 3	< 3	---	---
Recuento de hongos (ufc/g)	Ausente	Ausente	20	< 100	---	300
Numeración de <i>Bacillus cereus</i> (ufc/g)*	---	---	25 x 10	---	---	---
<i>Salmonella spp.</i> (x 25 g.)			---	Neg.	---	No debe ser detectable

(*): Recuento estimado, reportado por Farfán (2005).

(**): Citado por Chávez (1995) y Farfán (2005).

Fuente:

(1 y 2): Torres 1991.

(3): Farfán 2005.

(4): Resultados del estudio.

4.2 ANÁLISIS DEL ALIMENTO BALANCEADO

El alimento se formuló teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de las aves, según su línea genética, lo cual se detalló en el punto 5.6

En el Cuadro 15, se muestran los resultados de los análisis realizados, según el tratamiento aplicado.

Cuadro 15: Resultados promedio de análisis de dietas control y prueba

DIETA	HUM. (%)	PROT. (%)	GRASA (%)	CENIZA (%)	FIBRA (%)	CALCIO (%)	FÒSF. (%)	HONGOS (UFC/g)	SALMON. (por 25 g)
"X" (control)	12.40	16.28	3.57	9.65	2.20	4.35	0.51	98,000	Neg.
"Y" (prueba)	12.17	16.21	4.18	10.23	2.33	4.25	0.47	58,600	Neg.

Nota: Cada resultado es un promedio de 5 datos (se muestreó y analizó el alimento inmediatamente después de preparado y antes de su envío a granja).

Los resultados de calcio en las dietas están alrededor de 4%, nivel adecuado para no producir movilizaciones del calcio óseo, lo que provocaría descalcificación del ave; esto coincide con IEH (2002) en el sentido que los niveles adecuados de carbonato cálcico van entre 3.5 - 4.2%, el que en su mayoría irá a formar parte de la cáscara; niveles del 5.5 - 6.0 % de carbonato pueden producir descensos en la palatabilidad del pienso, baja de consumo y la consiguiente disminución de la producción de huevos. Niveles inferiores a 3% producirían movilizaciones del calcio óseo y la descalcificación de las aves.

Los resultados de fósforo están por encima de especificación con respecto al formulado (0.36%, como fósforo disponible), pero esa diferencia se debe a que los resultados del análisis, están referidos a fósforo total. El IEH (2002) menciona que las necesidades del ave se cifran alrededor de 0.36 - 0.38 g/día, siendo recomendable disminuir los aportes en función de la edad de la gallina. Al final del ciclo de puesta, niveles de 0.32 g/día mejoran la calidad de la cáscara.

Los resultados de los análisis microbiológicos, están dentro de la especificación recomendada por ICA (1999) según la cual, los alimentos para aves no deben sobrepasar 10×10^5 UFC/g en el recuento de microorganismos mesófilos.

En el Cuadro 16 se muestran los resultados de ácidos grasos del alimento con harina de algas; se observa que el porcentaje de EPA es de 0.1%, resultado bajo en relación a lo hallado en harina de Ulva (1.2%), lo cual se explica por la mezcla del alga con los otros ingredientes que no aportan este ácido graso.

Cuadro 16: Ácidos grasos en alimento con harina de algas

COMPONENTE	CANTIDAD (%)
Mirístico 14:0 (%)	0.1
Palmitico 16:0 (%)	11.0
Palmitoléico 16:1 (%)	0.1
Hexadecadienoico 16:2	0.0
Hexadecatrienoico 16:3	0.0
Esteárico 18:0 (%)	3.1
Octadecatetraenoico	0.1
Araquídico 20:0 (%)	0.5
Eicosapentaenoico 20:5 (%)	0.1
Docosanoico 22:0 (%)	0.5
Docosenoico 22:1	0.0
Heneicosapentaenoico	0.0
Docosatetraenoico 22:4 (%)	0.1
Docosapentaenoico (%)	0.0
Linoléico 18:3 W3 (%)	4.6
Eicosatrienoico 20:3 W3 (%)	< 0.1
Araquidónico 20:4 W3 (%)	0.1
Docosapentaenoico 22:5 W3 (%)	0.0
Docosahexaenoico 22:6 W3 (%)	0.2
EPA (%)	0.1
DHA (%)	0.2
EPA + DHA (%)	0.3
Linoléico 18:3 W4 (%)	0.0
Linoléico 18:2 W6 (%)	53.2
Eicosadienoico 20:2 W6 (%)	0.1
Eicosatrienoico 20:3 W6 (%)	0.0
Araquidónico 20:4 W6 (%)	0.0
Oléico 18:1 W7 (%)	0.7
Oléico 18:1 W9 (%)	24.2
Eicosenoico 20:1 W9 (%)	0.2
20:1 W9 (%)	0.2
22:1W11+W9 (%)	0.0
Saturados (%)	15.2
Monoinsaturados (%)	25.2
Poliinsaturados (%)	58.5
Total Acidos Grasos Identificados (%)	98.9
Omega 3 Total (%)	5.1
Omega 6 Total (%)	53.4
Relación omega 6 / omega 3	10.47

Los resultados de n-6 en el alimento son altos (53.4%), lo cual se debe a que el ácido graso predominante en el alimento es el ácido linoléico, que proviene sobre todo del aporte del maíz y soya (56 y 54% respectivamente, según FEDNA, s.f.).

4.3 ANÁLISIS DE HUEVO

4.3.1 ANÁLISIS PROXIMAL

En el Cuadro 17, se observa que a la 6^o semana, los valores de ceniza fueron ligeramente superiores en la clara y yema de huevos procedentes de gallinas alimentadas con la dieta con algas.

Cuadro 17: Resultados de análisis proximal en clara y yema de huevo, por tratamiento, 6° semana

TRATAMIENTO	SEMANA	HUM. (%)	PROT. (%)	GRASA (%)	CENIZA (%)
Dieta control (clara de huevo)	6°	86.54	11.70	0.29	0.36
Dieta experimental (clara de huevo)	6°	86.61	12.01	0.20	0.53
Dieta control (yema de huevo)	6°	42.73	17.07	1.65	1.67
Dieta experimental (yema de huevo)	6°	42.80	16.51	1.07	1.72

Nota: Resultados en base seca.

4.3.2 ANÁLISIS MINERAL

Los Cuadros 18 y 19 muestran los valores de los minerales en clara y yema de huevo, según tratamiento; solo como referencia, se han colocado las especificaciones del CENAN (2009) y las USDA (2013). En ambos cuadros podemos observar que la deposición de minerales es diferente según se trate de clara o yema. Por ejemplo, en la clara de huevo de ambos tratamientos (y a diferencia de la yema), no se halló presencia de aluminio, calcio, fierro, yodo, manganeso y mercurio (aunque este último sólo se detectó como trazas en las yemas del tratamiento prueba y solo en la 4° semana).

a. En clara

En el Cuadro 18 se listan en orden decreciente, los minerales presentes en clara de huevo, siendo los más abundantes para ambos tratamientos, el sodio, cloro y potasio.

En el tratamiento con algas, se halló diferencia estadística entre tratamientos, para cloro y bromo. Para cloro se hallaron incrementos de 18, 9 y 10% durante las semanas 2, 4 y 6, respectivamente. En cuanto a bromo, los incrementos fueron mayores y ascendieron a 109, 88 y 71% para las mismas semanas.

Se aclara que la determinación de minerales se hizo por Análisis Instrumental por Activación Neutrónica (INAA), técnica que no permite detectar fósforo, por lo que su determinación se hizo mediante el método espectrofotométrico (AOAC, 1990) a la 6° semana, dando como resultado 45 y 18 mg/100 g. clara, para la dieta control y experimental, respectivamente.

Cuadro 18: Contenido mineral en clara de huevo, por tipo de dieta y por semana

Elemento	Unidad	CLARA DE HUEVO							Especificaciones USDA (2013)
		Dieta control Sem. 0	Dieta control Sem. 2	Dieta experim. Sem. 2	Dieta control Sem. 4	Dieta experim. Sem. 4	Dieta control Sem. 6	Dieta experim. Sem. 6	
Na	mg/100 g.	176.00	179.30	185.00	180.00	181.10	191.00	192.80	166.00
Cl	mg/100 g.	165.00	163.20	192.40	169.00	184.50	170.60	188.00	-
K	mg/100 g.	137.00	174.00	123.00	139.20	133.00	129.30	138.00	163.00
Mg	mg/100 g.	10.40	10.60	11.40	13.00	11.08	10.00	9.87	11.00
Br	mg/100 g.	0.31	0.34	0.71	0.34	0.64	0.35	0.60	-
Rb	mg/100 g.	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	-
Cu	mg/100 g.	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.023
Se	mg/100 g.	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
Pb	mg/100 g.	< 0.01	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-

Nota: : Resultados obtenidos por Análisis por Activación Neutrónica Instrumental (AANI) / K-subcero y la Espectrometría de Absorción Atómica, AAS.

b. En yema

En el Cuadro 19 se aprecia que en la yema de huevos de gallinas alimentadas con los 2 tipos de dietas, hay deposición de mayor cantidad de minerales (16 en total), en comparación con los 8 elementos hallados en clara.

Se halló diferencia estadística significativa entre tratamientos solo para el yodo, encontrándose incrementos de 71, 173 y 27% con respecto al control, para las semanas 2, 4 y 6, respectivamente. La presencia de este elemento es importante, por ser esencial para la síntesis de hormonas tiroideas triiodotironina (T3) y tiroxina (T4). Las evidencias señalan alteraciones en las neuronas, células gliales, mielina, sinapsis y en la morfología del cerebro y cerebelo, cuando existe déficit severo de yodo; por ello, actualmente se considera la deficiencia de yodo, como la más importante causa prevenible de daño cerebral y retardo mental (Vani, 2004; citado por Caballero, 2009). Se sabe que el yodo contenido en huevos es rápidamente asimilado por el organismo humano (Stambury, 1996; Gruzauskas, 2002; Jeroch, 2002; citados por Caballero, 2009).

Cuadro 19: Contenido mineral en yema de huevo, según tipo de dieta, por semana

Elemento	Unidad	YEMA DE HUEVO								Especificaciones USDA (2013)	CENAN (2009)
		Dieta control Sem. 0	Dieta control Sem. 2	Dieta experim. Sem. 2	Dieta control Sem. 4	Dieta experim. Sem. 4	Dieta control Sem. 6	Dieta experim. Sem. 6			
Cl	mg/100 g.	184.40	178.30	164.00	171.00	168.00	174.80	173.00	-	-	
Ca	mg/100 g.	147.10	128.00	117.00	138.00	130.00	116.00	128.40	129.00	136.00	
K	mg/100 g.	115.00	118.90	125.50	123.00	109.00	108.10	134.00	109.00	-	
Na	mg/100 g.	53.70	57.90	51.40	43.80	43.50	58.20	60.70	48.00	-	
Mg	mg/100 g.	13.80	12.22	12.23	11.90	14.00	11.30	12.80	5.00	-	
Fe	mg/100 g.	5.51	5.81	6.75	5.77	5.62	4.97	5.93	2.73	4.30	
Zn	mg/100 g.	3.32	3.72	3.58	3.82	3.78	3.33	3.78	2.30	2.30	
Br	mg/100 g.	0.32	0.40	0.68	0.38	0.67	0.39	0.62	-	-	
Al	mg/100 g.	0.29	0.27	0.24	0.24	0.34	0.32	0.35	-	-	
I	mg/100 g.	0.17	0.17	0.29	0.11	0.30	0.15	0.19	-	-	
Cu	mg/100 g.	0.16	0.16	0.14	0.17	0.15	0.14	0.15	0.08	-	
Mn	mg/100 g.	0.12	0.11	0.06	0.07	0.08	0.10	0.07	0.06	-	
Rb	mg/100 g.	0.05	0.06	0.08	0.06	0.07	0.07	0.06	-	-	
Se	mg/100 g.	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	-	
Hg	mg/100 g.	0.00	ND	ND	ND	<0.0030	ND	ND	-	-	
Pb	mg/100 g.	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	-	-	

Nota: Resultados obtenidos por Análisis por Activación Neutrónica Instrumental (AANI) / K-subcero y la Espectrometría de Absorción Atómica, AAS.

El fósforo fue el elemento con mayor deposición en yema; su cuantificación se realizó a 6° semana, mediante el método espectrofotométrico (AOAC, 1990) y los resultados fueron 576 y 499 mg/100 g. yema, para la dieta control y experimental, respectivamente.

Solo para la semana 6, los valores de la dieta con algas, fueron ligeramente más altos para el calcio, potasio, bromo y fierro. Para este último mineral, el CENAN (2009) fija una especificación de 4.30 mg/100 g. yema, según la cual las yemas del tratamiento experimental, a 6° semana, excederían la especificación en un 38%; sin embargo, el DRI para este mineral (según NAS/ IOM, 2014), es de 4.1 mg/d (en niños de 4-8 años), 6 mg/d para hombres adultos y 8.1 mg/d para mujeres adultas, con lo cual no se excederían las recomendaciones nutricionales, considerando que un huevo contiene en promedio, 15 g. de yema.

La variada deposición de minerales en clara o yema se explica con lo reportado por Farrel (1995) en el sentido que el ave puede actuar como «filtro biológico» para retirar o reducir algún contaminante indeseable. Adicionalmente, hay que considerar lo mencionado por Doucha et al. (2009), quienes sugieren que las formas naturales son más biodisponibles para el animal que las formas sintéticas y pueden ser cambiadas o manipuladas vía el

proceso de bioabsorción; de allí el renovado interés en las algas marinas (que se planteó desde finales de los 70), cuando se demostró que los quelatos micro-minerales son más disponibles que los inorgánicos (Evans y Critchley, 2013); todo lo cual beneficia no solo a las aves, sino también a los consumidores, al obtenerse un huevo enriquecido con ingredientes naturales.

c. En cáscara

En el Cuadro 20, se observa la deposición de calcio y fósforo en cáscara de huevo. Los niveles de calcio son ligeramente superiores en los huevos de las gallinas alimentadas con la dieta experimental, pero estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, lo cual coincide con Melo et al. (2008) quienes utilizando harina de algas marinas (*Lithothamnium calcareum*) en codornices, encontraron evidencias de mejorar la calidad de la cáscara de huevos, pero tampoco observaron diferencia estadística significativa, a pesar de que los tratamientos que recibieron 0.50% de harina de algas, presentaron grosor de la cáscara 2.23% superior a los demás tratamientos.

En cuanto al fósforo, los valores fueron idénticos para ambos tratamientos, lo cual coincide con lo afirmado con el IEH (2002) en el sentido que su exportación en relación a lo ingerido no es elevada.

Cuadro 20: Resultados en base seca de calcio y fósforo en cáscara de huevo, por tratamiento, 6º semana

TRATAMIENTO	SEM.	CALCIO (%)	FÓSFORO (%)
Dieta control	6º	84.42	0.002
Dieta experimental	6º	85.16	0.002

4.3.3 ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS EN YEMA

En el Cuadro 21, se observa que hubo cambios en el perfil de ácidos en la yema de huevo, lo cual ha sido establecido en muchos reportes, como los de Cruickshank (1934), Scheideler y Froning (1996), Surai et al. (2000), Baltazar (2000), González et al. (2009) y Ceylan et al. (2011), los que documentan modificaciones del perfil de ácidos grasos de la yema de huevos, dependiendo del tratamiento dietético aplicado a las aves, las que pueden depositar directamente lípidos en la yema del huevo.

Cuadro 21: Resultados de ácidos grasos en yema de huevos, por tratamiento y por semana (g/ 100 gs. yema)

COMPONENTE	Sem. 0	Sem. 2		Sem. 4		Sem. 6	
	(control)	X (0% algas)	Y (5% algas)	X (0% algas)	Y (5% algas)	X (0% algas)	Y (5% algas)
Mirístico 14:0 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Palmitico 16:0 (%)	6.0	6.6	6.8	6.8	6.2	6.2	6.2
Estearico 18:0 (%)	2.3	2.3	2.7	2.4	2.4	2.3	2.3
Saturados total (%)	8.4	9.0	9.6	9.3	8.7	8.6	8.6
Palmitoléico 16:1 (%)	0.5	0.8	0.6	0.8	0.6	0.5	0.6
Linoléico 18:3 W3 (%)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2
Docosapentaenoico 22:5 W3 (%)	N.D.	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
Docosahexaenoico 22:6 W3 (%)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4
Omega 3 Total (%)	0.3	0.3	0.7	0.4	0.8	0.5	0.7
Linoléico 18:3 W4 (%)	N.D.	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
hexadecatrienoico 16:3 W4 (%)	N.D.	0.0	N.D.	0.0	0.0	0.1	0.0
Omega 4 Total (%)	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0
Linoléico 18:2 W6 (%)	4.8	4.2	5.9	4.7	4.5	5.8	5
Eicosadienoico 20:2 W6 (%)	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
Eicosatrienoico 20:3 W6 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Araquidónico 20:4 W6 (%)	0.6	0.6	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6
Docosatetraenoico 22:4 W6 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Docosapentaenoico 22:5 W6 (%)	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
Omega 6 Total (%)	5.9	5.2	6.9	5.6	5.6	6.8	6.0
Oléico 18:1 W7 (%)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
Omega 7 Total (%)	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.4
Oléico 18:1 W9 (%)	9.3	10.6	9.5	10.1	8.6	9.2	9.6
Eicosenoico 20:1 W9 (%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Omega 9 Total (%)	9.4	10.7	9.6	10.2	8.7	9.3	9.7
DHA (%)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4
EPA + DHA (%)	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.3	0.4
Relación W6:W3	19.7	17.3	9.9	14.0	7.0	13.6	8.6
Saturados (%)	8.4	9.0	9.6	9.3	8.7	8.6	8.6
Monoinsaturados (%)	10.3	12.0	10.7	11.5	9.7	10.3	10.7
Poliinsaturados (%)	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
Total Ác. Grasos Identificados (%)	24.9	26.5	28.0	26.8	24.8	26.3	26

Tanto en la dieta control como experimental, a 6° semana, se observa que el ácido oléico (C18:1 n-9), es el más abundante; le siguieron el ácido palmítico (C16:0) y el ácido linoléico (C18:2 n-6). El ácido oleico total (n-7 y n-9) en los huevos control, tuvo niveles algo por debajo de los huevos prueba, a diferencia del ácido palmítico, donde los valores

para ambos tratamientos fueron idénticos; para el ácido linoléico, los valores fueron inferiores en el tratamiento prueba, aunque las diferencias halladas no fueron significativas.

De manera general, vemos que hay ácidos grasos que en el tiempo se incrementan, disminuyen o mantienen su concentración, lo cual reafirma la teoría de que parte de los ácidos grasos provenientes de la dieta se incorporan a los productos de las aves, en tanto que otros se metabolizan (Ramírez et al., 2011) lo cual está relacionado además con las necesidades fisiológicas del ave.

Aunque sin significancia estadística, la deposición de ácidos grasos n-3 fue mayor en los huevos del tratamiento experimental, hallándose incrementos de 133, 100 y 40%, a las 2, 4 y 6 semanas de la prueba.

a. ÁCIDOS GRASOS N-3: EPA y DHA

En la Figura 13 se observa que el total de n-3, es mas alto en el grupo experimental durante las semanas 2, 4 y 6; sin embargo, su deposición fue decreciendo en el tiempo, pasando de 133% (2° sem.), a 100% (4° sem.) y 40% (6° sem.), pero sin significancia estadística.

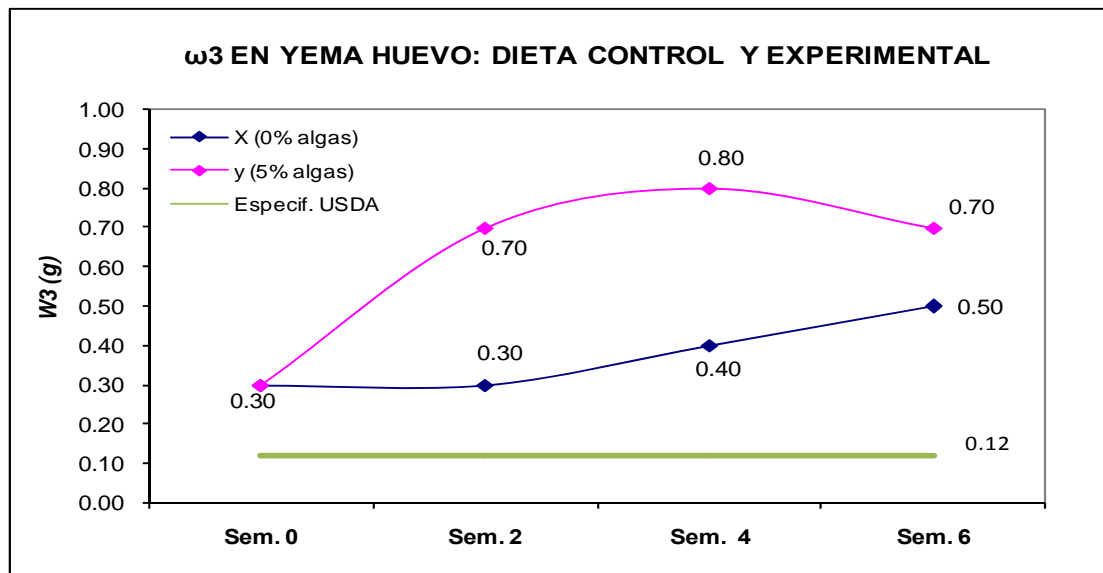


Figura 13: Omega 3 en yema de huevo (dieta control y experimental, g/100 g yema)

El EPA (C20:5n-3) no se detectó en los huevos de la dieta experimental, lo cual coincide con los hallazgos de Piber et al. (2009), cuando utilizó una mezcla comercial de harina de algas marinas, que agregó a una dieta basal maíz-soya, para alimentar ponedoras Hisex Blancas de 60 semanas de edad durante 5 semanas.

Sefer et al. (2011) tampoco hallaron EPA en huevos de gallinas Lohman Marrón, cuando emplearon alimentos suplementados con la microalga Schizochytrium (DHA Gold[®] Martek, USA) hasta un nivel de inclusión del 1 %, aunque sí se incrementó significativamente el DHA. Al respecto, Álvarez et al. (2004), González y Leeson (2001) mencionan que existe mayor afinidad de los tejidos por el DHA, a diferencia del EPA.

En la Figura 14, se observa que los valores de DHA a la semana 6 en la yema de huevos prueba, llegaron a 400 mg./100 g. yema, lo que constituye un incremento de 33.3%, con respecto al control, aunque sin significancia estadística.

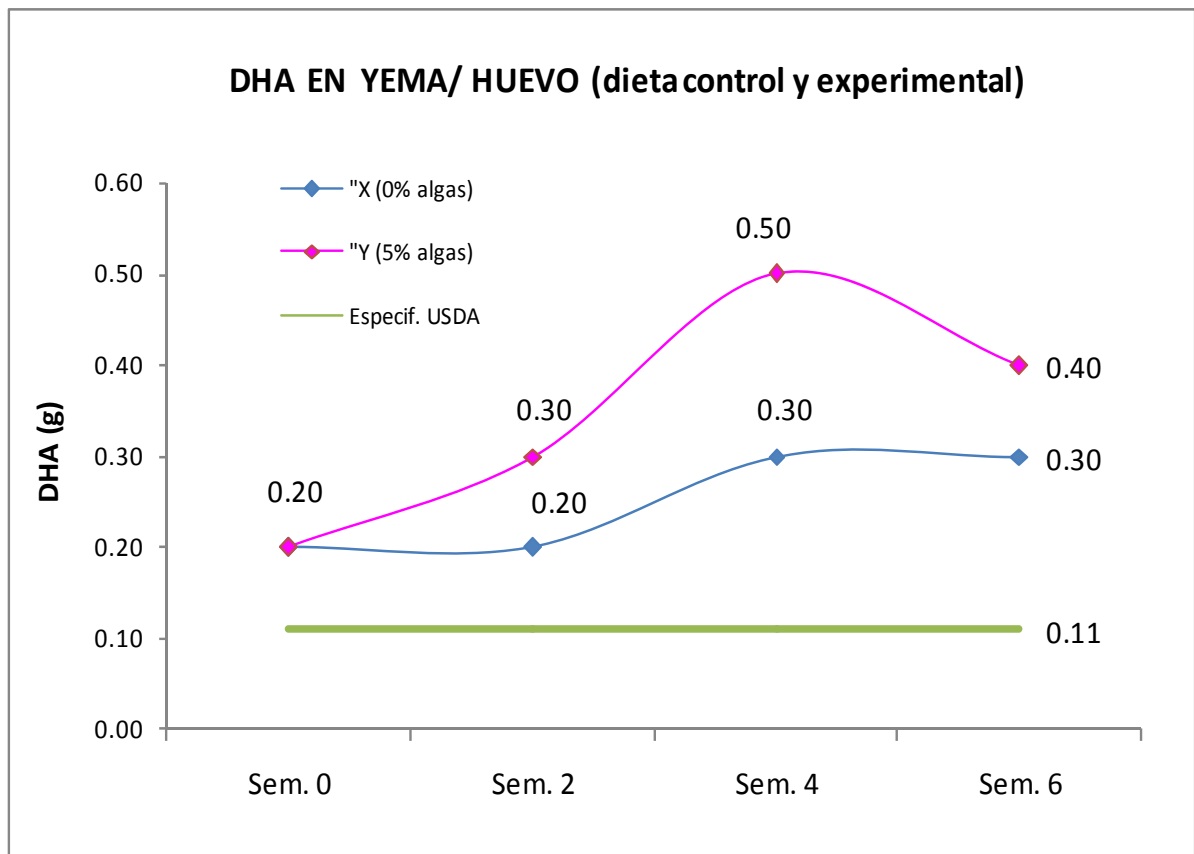


Figura 14: DHA en yema de huevo (dieta control y experimental, g/100 g. yema)

No se hallaron datos específicos sobre un trabajo similar con *Ulva spp.* en gallinas ponedoras, sin embargo, en el Cuadro 22 se presentan datos comparativos entre los resultados hallados en el presente trabajo y otros experimentos realizados con huevos.

Cuadro 22: Comparativo sobre enriquecimiento de huevos

AUTOR	TOTAL N-3	ESPECIE ANIMAL	EPA (mg)	ÁC. LINOLÉNICO (mg.)	DPA (mg.)	DHA (mg.)	INCLUSIÓN
Guevara 2014	291 mg/100 g. huevo	Gallina	0	55	27	109	5% harina <i>Ulva spp.</i>
Rojas y Barboza (1995)	458 mg /100 g. huevo	Gallina	82	---	---	376	2% aceite crudo pescado + 10% harina de pescado
Rojas y Barboza (1995)	418 mg./ 100 g. huevo	Gallina	62	---	---	356	2% aceite acidulado de pescado + 10% harina de pescado
Rojas (1999)	690 mg. / 100 g. huevo	Codorniz	180	---	---	510	3% aceite acidulado de pescado + 10% harina de pescado prime.
Baltazar (2000)	410 mg. / 100 g. huevo	Codorniz	330	---	---	80	2.65% aceite crudo pescado + 7.8% harina de pescado especial

Comparando los resultados hallados en este trabajo con los de los investigadores citados, se observa que las diferencias se deben en primer lugar a la fuente de ácidos grasos usada (según González et al., 2009 la grasa añadida a la dieta influye más que la estirpe de la ponedora), además del porcentaje de inclusión y los requerimientos nutricionales del ave.

De Blas et al. (2005B) mencionan que se requiere una concentración mínima de EPA + DHA en los huevos enriquecidos, la cual asciende a 150 mg por huevo de 60 g., lo cual implica que a la semana 6, los huevos obtenidos con la dieta que incluye algas, llegan al 40% de lo requerido (60 mg. EPA+DHA/ huevo de 60.59 g). Para incrementar el contenido de n-3 se podría adicionar aceite de pescado; esta combinación (harina de *Ulva spp.* + aceite de pescado), es de menor costo que aquellas especificadas en el cuadro 22, en las cuales se usa harina de pescado.

b. ÁCIDOS GRASOS N-3: ÁCIDO α - LINOLÉNICO (ALA)

Este ácido (18:3 n-3) estuvo en mayor cantidad en las dietas experimentales de las semanas 2 y 4; sin embargo, en la semana 6 los valores fueron idénticos para ambos tratamientos.

c. ÁCIDOS GRASOS N-3: ÁCIDO DOCOSAPENTAENOICO (DPA)

Este ácido (22:5 n-3) no se detectó en la dieta control, solo en la dieta experimental (100 mg/100 g. yema, en las semanas 2, 4 y 6), encontrándose diferencia estadística entre tratamientos. La presencia de DPA está relacionada con la aceptabilidad por los consumidores, pues según De Blas et al. (2005A) el mayor efecto del DPA sobre otros ácidos grasos n-3, contribuiría a explicar el menor efecto sobre la calidad sensorial de la suplementación con algas con respecto a la de los aceites de pescado.

d. ÁCIDOS GRASOS, RELACIÓN N-6:N-3

La relación n-6: n-3 para el caso de la dieta control, pasó de de 20:1 en la semana 0 (antes de iniciar la prueba), a 14:1 en la semana 6 (reducción del 30%). Para la dieta con harina de algas, esta relación mejoró, pasando de 20:1 a 9:1 en el mismo lapso de tiempo, lo que equivale a una reducción de 45%, estando dentro de la especificación recomendada por FAO/OMS (1994), según la cual esta relación debería estar en el rango de 5:1 a 10:1 como máximo; asimismo, está por debajo de la relación 10:1 recomendada por Simopoulos (2000 y 2002) y acorde con la Organización Mundial de la Salud (citado por Van Ginneken et al., 2011) que recomienda una relación n-6: n-3 inferior a 10.

Comparando estos resultados con los de otros autores, la relación n-6: n-3 de la dieta experimental (9:1), es mas baja que la hallada en huevos por Piber et al. (2009) la cual fue de 11.37 ± 0.38 , cuando emplearon una mezcla comercial de harina de algas. Por el contrario, fue mas alta que lo reportado por Sefer et al. (2011): 4.24, quienes suplementaron la dieta standard con 1% de la microalga *Schizotrychium sp.* (DH Gold®, Martek, USA) y tambien mas alta que el valor que encontraron Ramírez et al. (2011) de 1.01, suplementando el alimento comercial hasta con 0.1047 g. aceite de hígado de bacalao por gallina. Lo encontrado coincide con los resultados de Viteri (2013) tambien en huevos, cuando se incluyó 5% de harina de *Macrocystis pyrifera* en la dieta de gallinas de 23 semanas, por un periodo de prueba de 25 días.

De manera general, el incremento de DHA, DPA y la disminución del ácido linoléico, ayudó a reducir la proporción de ácidos grasos n-6: n-3.

e. GRASA Y COLESTEROL

Los resultados se muestran en el Cuadro 23. Los valores de grasa en ambos tratamientos son similares; con respecto al colesterol, los valores hallados cada semana son ligeramente más altos para la yema del tratamiento experimental (aunque sin diferencia estadística), hecho que no coincide con lo reportado por Rodríguez (2000), quien usando el alga *Gracilaria sp.* a niveles de inclusión de 15, 30, 45% y gallinas Hy-Line de 42 semanas de edad, redujo el colesterol en 2, 14 y 24% respectivamente, aunque con un costo biológico muy alto.

Cuadro 23: Grasa y colesterol por 100 g. yema, por tratamiento y por semana

DETERMINACIÓN	Sem. 0	Sem. 2		Sem. 4		Sem. 6	
	Control	X (0% algas)	Y (5% algas)	X (0% algas)	Y (5% algas)	X (0% algas)	Y (5% algas)
Grasa (g/100g)	25.3	27.0	29.3	27.7	25.5	26.5	26.3
Colesterol (mg/100g) LD 0.8	851.95	834.26	876.06	795.28	808.59	751.90	772.85

Considerando los pesos de la yema control y experimental a la 6° semana, tenemos que el contenido de colesterol / huevo fue 114.36 y 116.00 mg. respectivamente, valores que no exceden la cantidad máxima que debe consumir una persona sana en un día (265 mg de colesterol). Además el huevo contiene lecitina, la cual bloquea la absorción del colesterol y permite que el consumo moderado de este alimento sea muy saludable (Cardona et al., 2003).

Es importante considerar que los niveles de colesterol en las aves están fuertemente afectados por la heredabilidad, la edad de las aves (el colesterol se incrementa en aves cercanas a la madurez por el aumento de la demanda para la producción de huevos) y nutrientes proporcionados por la ración, existiendo dentro de este último factor, compuestos químicos hipocolesterolémicos, tales como algunos carbohidratos complejos, esteroides de plantas, vitamina A y algunas drogas (Ramos et al., 1997; citado por Rodríguez, 2000).

f. ÁCIDOS GRASOS SATURADOS E INSATURADOS

En el Cuadro 24, vemos que en la yema de los huevos control y experimental, a la semana 6, no hay diferencia entre los valores totales de ácidos grasos saturados (para ambos el valor fue 8.6%); esto no coincide con lo afirmado por Ramírez et al. (2011)

quienes suplementando alimento comercial con aceite de hígado de bacalao, lograron disminuir la concentración de ácidos grasos saturados en los huevos, de lo que se deduce que estos efectos dependen en gran parte del tipo de grasa usado en la dieta.

Cuadro 24: Ácidos grasos saturados e insaturados en yema de huevos por tratamiento (semana 6)

AC. GRASOS	Sem. 0	Sem. 2		Sem. 4		Sem. 6	
	Control	X (0% algas)	Y (5% algas)	X (0% algas)	Y (5% algas)	X (0% algas)	Y (5% algas)
Total saturados (%)	8.4	9.0	9.6	9.3	8.7	8.6	8.6
Total monoinsaturados (%)	10.3	12.0	10.7	11.5	9.7	10.3	10.7
Total poliinsaturados (%)	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
Relación PUFA/SFA	0.74	0.69	0.65	0.67	0.71	0.72	0.72

Normalmente, la relación PUFA/SFA es 0.55, considerada más que aceptable y por tanto recomendable en términos de nutrición (ILH, 2008); en el presente trabajo se encontró una relación de 0.74 para la semana 0, que bajó a 0,72 a 6° semana, para ambos tratamientos. Lo anterior se explica porque la concentración de SFA y MUFA en huevo de gallinas ponedoras, dependen del aporte de la dieta y de la síntesis endógena, mientras que la de los poliinsaturados se obtiene exclusivamente de fuentes externas, dado que las gallinas ponedoras son incapaces de sintetizarlos (Ramírez et al., 2011).

g. Cantidad retenida estimada de ácidos grasos n-3 en yema de huevos

Con los valores de los ácidos grasos reportados por el laboratorio, se pudo estimar la cantidad de ácidos grasos consumidos a través de la dieta con harina de algas y cuánto de estos ácidos se retuvo a nivel de la yema (Cuadro 25).

Cuadro 25. Cantidad estimada de ácidos grasos n-3 retenidos en huevos (g/100g)

TRATAMIENTOS	% CONSUMIDO EN ALIMENTO				% RETENIDO HUEVO CONTROL, SEM. 6				% RETENIDO HUEVO PRUEBA, SEM. 6				%			
	EPA	DHA	ALA	DPA	EPA	DHA	ALA	DPA	EPA	DHA	ALA	DPA	EPA	DHA	ALA	DPA
Dieta control (sin hna. Algas)	NC	NC	NC	NC	0.00	0.08	0.06	0.00	---	---	---	---	0.00	NC	NC	NC
Dieta experimental (con 5% hna. Algas)	0.10	0.20	4.60	0.00	---	---	---	---	0.00	0.11	0.05	0.03	0.00	55.00	1.09	0.03

NC = No calculado

Se encontró que por cada 100 g. de la dieta experimental conteniendo 200 mg. de DHA, se retienen 110 mg. en 100 g. de huevos, lo cual quiere decir que se ha retenido un 55% de

este ácido graso; en el caso del ALA, el porcentaje de lo retenido es muy poco (1.09%) y para el DPA, todo lo hallado en huevos, procede íntegramente de la síntesis de este ácido graso en el organismo del ave.

Estos resultados indican que la eficacia de retención de ácidos grasos n-3 en la grasa de la yema, depende de la fuente y del nivel de suplementación de la fuente de ácidos grasos n-3 utilizada (De Blas et al. 2005A). Además se observa que el EPA no se retuvo en la yema de huevos del tratamiento control, lo cual sugiere que también la deposición depende del tipo de ácido graso de que se trate, hecho que es avalado por Álvarez et al. (2004) y González y Leeson (2001), quienes afirman que a diferencia del DHA, el EPA no es retenido con tanta eficiencia en los tejidos.

Adicionalmente, el EPA se elonga a DHA y probablemente se da un catabolismo de EPA en el hígado, según lo sugerido por Nitsan et al. (1999) después de alimentar gallinas con altas cantidades de EPA y utilizando el alga *Nanochloropsis oculata* (NO, hasta 20%), donde se hallaron concentraciones relativamente bajas de EPA, pero niveles incrementados de DHA en la yema de huevo.

Según Cassus y Cornejo (2006) existen algunos compuestos almacenados en el huevo muy poco sensibles a las modificaciones de la dieta que puede ingerir la ponedora, tales como carbohidratos, proteínas, macrominerales y algunos ácidos grasos. Por otra parte, hay una marcada influencia de la dieta sobre elementos traza, vitaminas liposolubles, hidrosolubles y ácidos grasos insaturados de 18 carbonos o más.

4.3.4 ANÁLISIS FÍSICOS

a. Peso del huevo y sus partes

En el Cuadro 26 se observa que los pesos promedio del huevo entero, clara, yema y cáscara, fueron similares para ambos tratamientos.

Cuadro 26: Peso promedio del huevo y sus partes, por tratamiento y por semana

TRATAMIENTO	PESO PROMEDIO (g.) DE HUEVO ENTERO (CLARA + YEMA + CÁSCARA)						
	Sem. 27 (Sem. 0)	Sem. 28 (Sem. 1)	Sem. 29 (Sem. 2)	Sem. 30 (Sem. 3)	Sem. 31 (Sem. 4)	Sem. 32 (Sem. 5)	Sem. 33 (Sem. 6)
Dieta control	45.48	49.57	51.47	53.88	49.94	60.45	60.87
Dieta experimental		49.10	53.71	52.87	51.65	59.50	60.59
PESO PROMEDIO CLARA (g)							
Dieta control	27.04	28.34	29.60	31.96	29.11	39.11	40.00
Dieta experimental		28.31	31.82	31.56	30.19	38.46	39.88
PESO PROMEDIO YEMA (g)							
Dieta control	11.69	14.44	15.04	15.49	14.30	15.52	15.21
Dieta experimental		14.42	15.01	14.61	14.77	15.25	15.01
PESO PROMEDIO CÁSCARA (g)							
Dieta control	6.76	6.78	6.83	6.43	6.52	5.82	5.67
Dieta experimental		6.37	6.88	6.70	6.70	5.79	5.71

Lo hallado en el presente estudio difiere de los hallazgos de González y Leeson (2001) así como de los Cachaldora et al. (2006), quienes observaron una disminución en el peso del huevo, atribuyéndolo al efecto reductor de los ácidos grasos n-3 sobre la cantidad de lípidos y estradiol en suero, lo que limitaría la disponibilidad de lípidos para la formación de yema. La disminución en el peso del huevo también fue observada por Herber y Van Elswyk (1996) al adicionar una microalga marina con alto contenido de DHA en la dieta de las aves, deduciendo que además de lo mencionado, existen otros factores que pueden influir en los resultados. Van Elswyk, citado por Fredriksson (2006) también halló que la adición de n-3 PUFA de aceite de pescado, está asociado con el peso reducido del huevo.

Fredriksson et al. (2006) al estudiar el efecto de la adición de microalgas al alimento de gallinas ponedoras, sobre la composición de ácidos grasos y carotenoides de la yema de huevo de gallinas Hy Line White, reportaron que el peso de ésta tiende a decrecer con el incremento de la cantidad de n-3 PUFA en la dieta. Por el contrario Whitehead et al., citado por Gonzáles et al. (2009) reportaron que los PUFA dietarios aumentan el peso de huevo, modificando la síntesis de proteína en el oviducto, lo cual coincide con lo hallado por Meza et al., citado por Carrillo et al. (2008) quienes también encontraron que el peso de huevo aumenta con la adición de algas en las raciones de gallinas ponedoras.

Por su parte Watkins y Elkin (1992), Grobas et al. (2001) y González et al. (2009) al utilizar fuentes animales como el sebo (5 - 7%), como única fuente de grasa en dietas para gallinas ponedoras, obtuvieron huevos en los que no se afectó el peso, lo cual coincide con lo hallado en el presente estudio.

Por lo antes mencionado, se deduce que la cantidad de PUFA en la dieta del tratamiento con algas no fue alta y por ello, es que no se afectó el peso de los huevos ni de sus partes.

b. Color de la yema

El color de la yema es un indicador subjetivo de la calidad del huevo, el cual es importante porque influencia positivamente las preferencias del consumidor (Cicek y Kartalkanat, 2009).

En el Cuadro 27 se observa que la diferencia entre la coloración de las yemas control y las experimentales es de aprox. 2 puntos y que se va incrementando paulatinamente cada semana. Estos resultados son comparativamente mas altos que los hallados por Carrillo et al. (2012), cuando adicionando 6% del alga marina *Sargassum sp.* a dietas de gallinas Leghorn de 19 semanas de edad durante 5 semanas, lograron que el color de la yema se incremente desde 7.13 ± 0.05 , hasta 7.81 ± 0.08 (un incremento de 0.68 unds.).

Cuadro 27: Color de la yema, por tratamiento y por semana

TRATAMIENTO	Coloración yema (Escala de Roche)		
	Sem. 2	Sem. 4	Sem. 6
Dieta control	8.00	9.00	10.06
Dieta experimental	10.00	10.94	11.94

La coloración mas intensa de las yemas del tratamiento experimental se debe al alga, cuyo principal carotenoide es la Luteina. Al respecto, Soler-Vila et al. (citado por Shields y Lupatsch, 2012) menciona que los carotenoides derivados de algas, pueden impartir la pigmentación con eficacia. El color de la yema del tratamiento control se debe principalmente al maíz, cuyos principales pigmentos son la criptoxantina y zeaxantina.

Los carotenoides procedentes del alga (tratamiento experimental), no afectaron los parámetros productivos de las aves ($p > 0.05$), lo cual tambien fue mencionado por De la

Cruz et al. (2007) al adicionar distintos niveles de xantofilas de flor de cempasúchil (84.24 % de luteína y 3.29% de zeaxantina) en dietas de gallinas Hy-line e Isa-Babcock B-380. Por su parte, Leeson et al., citado por De la Cruz et al. (2007), alimentando aves con altos niveles de xantofilas, tampoco hallaron efecto sobre la producción y peso del huevo, consumo de alimento, ni calidad del cascarón ($p>0.05$), atribuyendo esto a que las xantofilas no son nutrientes que aporten energía ni proteína a la dieta de las aves, lo que sí podría modificar dichos parámetros.

El análisis estadístico de los datos indica que existe diferencia de color entre la yema de los huevos control y prueba, lo cual es beneficioso para la salud, pues la luteína es un pigmento conocido como promotor de piel y vista saludables (Lewis, 2008). Diversos estudios han mostrado correlación entre una dieta rica en carotenoides y riesgo disminuido de enfermedades cardiovasculares, cánceres, como también enfermedades oftalmológicas (Burtin, citado por Durmaz 2008). Como se sabe, la luteína y zeaxantina son los únicos carotenoides que están en la región macular de la retina, de allí su denominación como pigmentos maculares (MP). Snodderly, 1995; citado por Johnson et al., 2000 sugieren que el consumo de alimentos ricos en estos pigmentos, protege contra la degeneración macular relacionada con la edad, pues son selectivamente acumulados en la retina y particularmente densos en la mácula, previniendo el daño oxidativo iniciado por la luz a la retina y al pigmento retinal del epitelio (Hammond et al., 1998; citado por Johnson et al., 2000).

4.3.5 ANÁLISIS SENSORIAL

Considerando que modificaciones en la composición química de los huevos pueden alterar sus características organolépticas y por tanto su aceptabilidad por los consumidores, al concluir la 6^o semana del experimento, se realizó la Prueba de Nivel de Agrado con escala hedónica, en la que participaron 8 panelistas entrenados. Las pruebas se realizaron a una temperatura de 20°C y humedad relativa de 80%, cumpliendo los requisitos referentes a la iluminación y hora de evaluación. Las muestras codificadas se presentaron a los panelistas (Figura 15), los que evaluaron huevos frescos, crudos, hervidos y fritos de ambos tratamientos, para establecer si la dieta experimental con harina de *Ulva spp.*, producía cambios perceptibles a nivel de las características organolépticas de los huevos, lo cual es importante, considerando que la calidad sensorial es uno de los componentes más destacados de la percepción de calidad en los consumidores de huevos y carne de aves (Hernández, 2005).



Figura 15: Evaluación sensorial de huevos

En todos los casos, los huevos del tratamiento control y experimental, se presentaron a los panelistas sin adición de sal, usándose la siguiente escala:

- 1: No me gusta
- 2: Me gusta
- 3: Me gusta mucho
- 4: Espectacular

En el Cuadro 28 se reportan los resultados de la prueba de nivel de agrado:

Cuadro 28: Análisis sensorial del huevo por tratamiento

PRODUCTO	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	NIVEL DE SAL	VISCOSIDAD DE CLARA	APARIENCIA GENERAL	PROMEDIO
Huevo crudo, dieta control	2.1	2.3	---	---	---	1.8	2.2	2.1
Huevo crudo, dieta experimental	2.8	2.4	---	---	---	2.8	2.5	2.6
Huevo cocido, dieta control	2.3	2.5	2.3	2.0	2.0	---	2.4	2.2
Huevo cocido, dieta experimental	2.7	2.6	2.6	2.5	2.3	---	2.8	2.6
Huevo frito, dieta control	2.6	2.7	2.1	2.7	2.0	---	2.6	2.4
Huevo frito, dieta experimental	2.7	2.4	2.8	2.4	2.2	---	2.6	2.5

a. Huevo crudo

Los resultados del análisis sensorial para huevo crudo se presentan en la Figura 16.

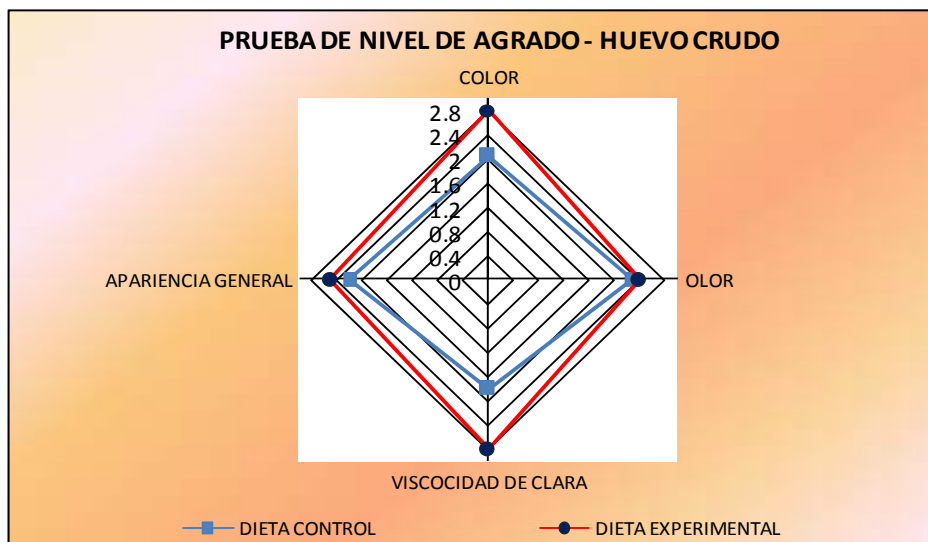


Figura 16: Prueba de nivel de agrado para huevo crudo

Se observa que los huevos de gallinas que consumieron la dieta experimental presentan mayor aceptación (“me gusta mucho”), en cuanto al color (la yema presentaba un color más intenso, atractivo para los panelistas), la viscosidad de la clara y la apariencia general.

b. Huevo cocido

En la Figura 17, tenemos los resultados de la prueba de nivel de agrado para huevo cocido.

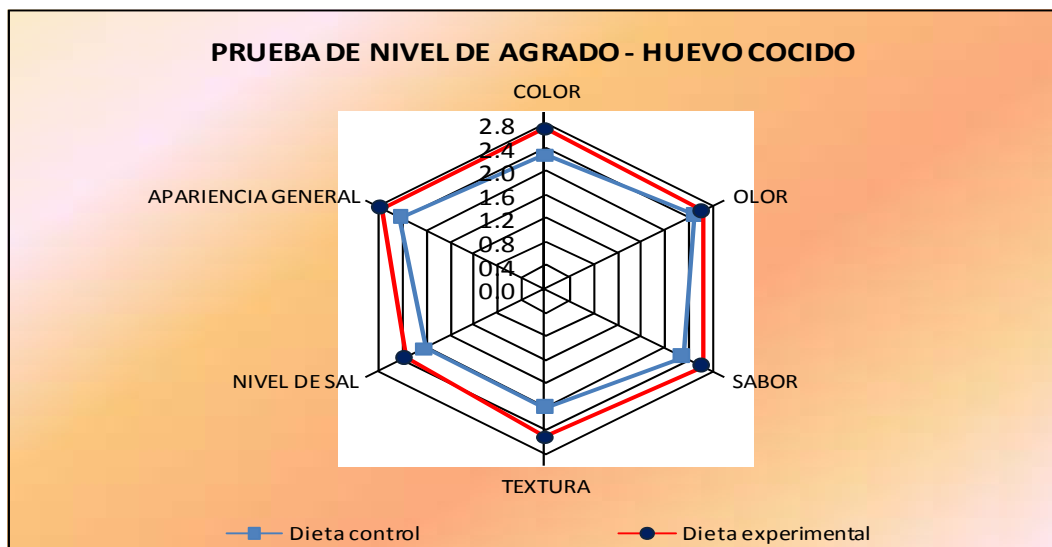


Figura 17: Prueba de nivel de agrado para huevo cocido

Los huevos procedentes de gallinas que consumieron la dieta experimental, presentan mayor aceptación ("me gusta mucho"), en color, olor, sabor, nivel de sal, textura y apariencia general.

c. Huevo frito

Los resultados de la prueba sensorial para huevo frito se presentan en la Figura 18:

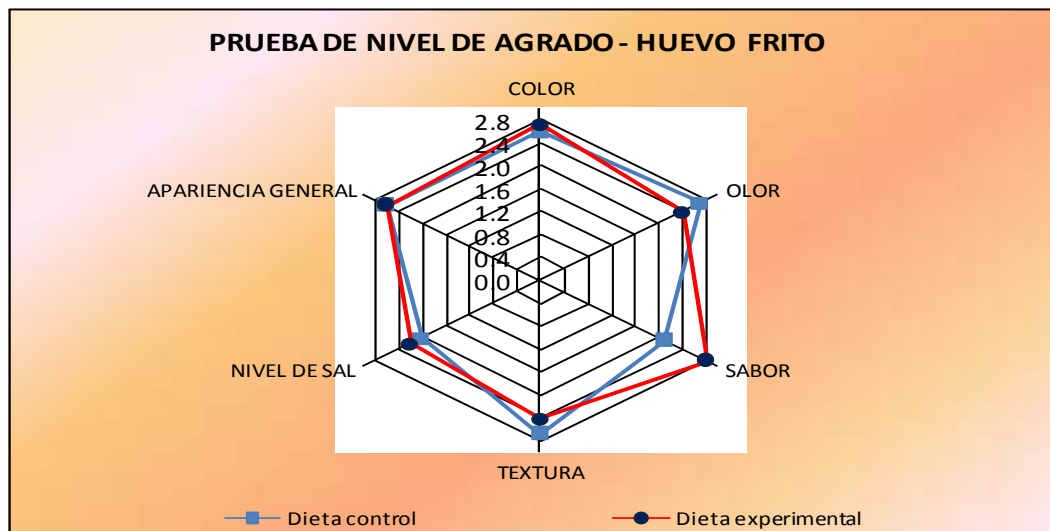


Figura 18: Prueba de nivel de agrado para huevo frito

Se observa que los huevos procedentes de gallinas alimentadas con la dieta experimental, tienen mayor aceptación ("me gusta mucho"), en color, sabor y apariencia general. En cuanto a olor, textura y nivel de sal, el puntaje alcanzado corresponde a "me gusta".

Para huevo crudo, cocido, frito y para cada uno de los atributos evaluados, no hubo suficiente evidencia estadística que sugiera diferencias entre el tratamiento control y prueba, a un nivel $\alpha = 0.01\%$, aunque analizando los resultados en conjunto, se observa que los panelistas percibieron como mejores, los huevos del tratamiento experimental, en color, sabor, nivel de sal y apariencia general; en los huevos crudos, el puntaje para viscosidad de la clara también fue mas alto.

No se percibieron olores objetables en los huevos del tratamiento con algas, lo cual es una gran ventaja con respecto a la suplementación con aceite de pescado o con otras fuentes de

ácidos grasos n-3 (como el aceite de lino), con las cuales se ha reportado que se perjudica la calidad sensorial del huevo y de la carne de aves (Van Elswyck, González y Leeson, citados por De Blas et al. 2005A). Esto se debe a que la carne y huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (LCPUFA), son mas susceptibles a la oxidación de la grasa, de allí que surgió la necesidad de incorporar al pienso, antioxidantes como la vitamina E, para incrementar su concentración en la yema y corregir la disminución en la estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos en ácidos grasos n-3 (Ahn et al.; Cherian et al.; Grobas et al.; citados por De Blas et al. 2005A) lo que en el caso de la dieta experimental, estaría cubierto por los carotenoides del alga.

Herber y Van Elswyck; citados por De Blas et al. 2005A, obtuvieron huevos enriquecidos en ácidos grasos n-3, usando algas marinas ricas en DHA, hallando que niveles de un 4.6% de esta fuente en el pienso, permiten obtener huevos con hasta 215 mg de ácidos grasos n-3, manteniendo un flavor aceptable, lo cual se explica por las propiedades antioxidantes de los carotenoides naturales presentes en las algas en concentraciones significativas, pero también por cambios en el tipo de ácidos grasos n-3 depositados en la yema, ya que la concentración de DHA en este caso, fue superior a los valores obtenidos a partir del uso de aceites de pescado. Al respecto, De Blas et al. (2005A) sugiere que los aceites con menor concentración de EPA con respecto a DHA, darían lugar a una mejor calidad sensorial de los huevos enriquecidos, de allí que no se recomienden niveles de suplementación del pienso por encima de aproximadamente un 1.5% de aceite de pescado o de linaza (Surai y Sparks; citados por De Blas et al., 2005A).

4.4 ANÁLISIS DE LA DATA DE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN AVES

Es importante considerar estos resultados, para saber si la inclusión del alga ha tenido un costo biológico alto para las aves; sin embargo, en todos los casos, los resultados del tratamiento experimental estuvieron conforme a la especificación y no hubieron diferencias entre tratamientos. En este punto se han considerado los parámetros de mayor importancia, sin embargo hay data adicional, que se detalla en el Anexo 8.

4.4.1 PESO

En el Cuadro 29 observamos que el peso promedio semanal de las aves que llegaron a consumir la dieta experimental fue ligeramente mas alto que la especificación (Hy-Line,

2010) todas las semanas; sin embargo, el análisis estadístico mediante la Prueba T, muestra que no hay diferencia entre los tratamientos control y experimental para todas las semanas, excepto la 32, en la cual los pesos de las aves que consumieron la dieta con algas, tuvieron en promedio 53 g. mas con respecto al grupo control.

Cuadro 29: Peso promedio de las aves (g) por semana y por tratamiento

TRATAMIENTO	Peso promedio de las aves (g)					
	Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control(sin algas)	1,736	1,724	1,733	1,733	1,742	1,764
Dieta experim. (5% de harina de <i>Ulva spp.</i>)	1,772	1,777	1,780	1,782	1,795	1,784
Especificación	1,510	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520

4.4.2 CONSUMO DE ALIMENTO

En el Cuadro 30 se observa que los consumos promedio semanales para ambos tipos de dieta, han sido idénticos todas las semanas que duró el experimento, lo cual es un indicador de la palatabilidad de la dieta con algas.

Cuadro 30: Consumo promedio de alimento, por semana y por tratamiento

TRATAMIENTO	Consumo promedio de alimento (kg)					
	Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control (sin algas)	23.33	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
Dieta experimental (con 5% harina <i>Ulva spp.</i>)	23.33	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33

4.4.3 CONVERSIÓN ALIMENTICIA

En el Cuadro 31 se observa que la conversión alimenticia, de manera general, es similar para ambos tratamientos, lo cual también se reflejó en el análisis estadístico correspondiente.

Cuadro 31: Conversión alimenticia promedio, por semana y por tratamiento

TRATAMIENTO	Conversión alimenticia promedio					
	Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control (sin algas)	2.53	2.56	2.46	2.47	2.38	2.32
Dieta experimental (con 5% de harina <i>Ulva spp.</i>)	2.59	2.54	2.46	2.45	2.38	2.32

4.4.4 PORCENTAJE DE POSTURA DE HUEVOS

En el Cuadro 32 se observa que el porcentaje de producción de huevos para la mayoría de semanas, es ligeramente inferior para la dieta con inclusión de 5% de harina de *Ulva spp.*; sin embargo, el análisis estadístico de la data revela que no hay diferencias entre tratamientos durante el tiempo que duró la prueba.

Cuadro 32: Porcentaje promedio de producción de huevos por semana y por tratamiento

TRATAMIENTO	Porcentaje promedio de producción de huevos					
	Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control (sin algas)	95.07	96.09	97.36	95.41	94.64	94.90
Dieta experimental (con 5% de harina <i>Ulva spp.</i>)	94.39	95.32	97.36	94.73	94.56	94.81
Especificación	96.00	96.00	95.00	95.00	95.00	94.00

4.4.5 HUEVOS POR GALLINA

En el Cuadro 33, se observa que el número promedio de huevos semanales por gallina, de manera general, es ligeramente inferior para las aves que consumieron la dieta experimental, sin embargo, tampoco se hallaron diferencias estadísticas entre tratamientos.

Cuadro 33: Número promedio de huevos semanales por gallina y tratamiento

TRATAMIENTO	Número promedio de huevos por gallina					
	Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control (sin algas)	6.65	6.73	6.82	6.68	6.63	6.64
Dieta experimental (con 5% de harina <i>Ulva spp.</i>)	6.61	6.67	6.82	6.63	6.62	6.68
Especificación	6.72	6.72	6.65	6.65	6.65	6.58

4.4.6 HUEVO QUIÑADO

En el Cuadro 34 se observa que en todas las semanas (excepto la 33), el porcentaje de huevos quiñados (lo cual podría estar relacionado indirectamente con una mejor calidad de cáscara), fue comparativamente menor en los huevos procedentes de gallinas alimentadas con dieta que contenía harina de *Ulva spp.*

Cuadro 34: Porcentaje promedio huevos quiñados, por semana y por tratamiento

TRATAMIENTO	Porcentaje promedio de huevos quiñados					
	Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control (sin algas)	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Dieta experimental (con 5% de harina de <i>Ulva spp.</i>)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
Especificación	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78

En Brasil, aproximadamente el 7% del total de huevos presenta algún tipo de daño en la cáscara antes de llegar al consumidor, dificultando su comercialización (Café y Filho, 2003; citado por Melo et al., 2008) por ello, la obtención de fuentes alternativas de calcio y fósforo es de extrema importancia, pues contribuye a resolver la escasez de fuentes de estos ingredientes. La harina de algas marinas por ser un producto natural y con alto contenido de calcio, aumenta la resistencia de la cáscara del huevo (Algarea, 1997) lo cual se evidenció en este caso, por la ausencia de huevos quiñados para la dieta experimental durante todas las semanas, excepto para la 33; sin embargo, el valor hallado fue muy bajo, comparado con la especificación.

4.4.7 HUEVO PÁLIDO

En el Cuadro 35 se presenta el porcentaje promedio de huevos pálidos, por semana y por tratamiento; de manera general se halló que para el tratamiento experimental, los valores fueron comparativamente más bajos que los del tratamiento control (excepto para la semana 31), lo cual es deseable, hallándose diferencia significativa entre tratamientos, en las semanas 28 y 32 (en ambos casos, el porcentaje de huevos pálidos se redujo en un 82 y 83% respectivamente, cuando las aves consumieron la dieta con harina de *Ulva spp.*).

Cuadro 35: Porcentaje promedio huevos pálidos, por semana y por tratamiento

TRATAMIENTO	Porcentaje promedio de huevos pálidos					
	Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control (sin algas)	1.52	0.35	0.00	0.09	0.54	0.45
Dieta experimental (con 5% de harina <i>Ulva spp.</i>)	0.28	0.27	0.00	0.45	0.09	0.27
Especificación	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

4.4.8 MORTALIDAD SEMANAL

En el Cuadro 36 se observa que solo hubo mortalidad semanal en la última semana del tratamiento con algas, sin embargo, no hay diferencia estadística significativa. Considerando que en este trabajo se ha usado un nivel de inclusión de 5% de algas, los resultados concuerdan con Goldzveig et al.; Black, citados por Meza (1969) quienes reportaron que raciones con más del 10% de harina de algas, acusan mayor mortalidad.

Cuadro 36: Porcentaje promedio de mortalidad semanal por tratamiento

TRATAMIENTO	Mortalidad semanal (%)					
	Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control (sin algas)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dieta experimental (con 5% de harina de <i>Ulva spp.</i>)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60

Data adicional sobre parámetros productivos, se ha considerado en el Anexo 11.6 Masa de Huevos por Gallina, por semana y tratamiento, Anexo 11.8 Huevos sucios (%), por semana y por tratamiento, Anexo 11.10 (Huevos Comerciales, por semana y por tratamiento) y Anexo 11.11 (Soles /kg. huevo, por semana y por tratamiento).

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones en que se llevó a cabo este estudio y los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente:

1. La harina del alga marina *Ulva spp.*, se puede usar como insumo alternativo en dietas de gallinas ponedoras, por presentar buen tenor de proteínas (15.93%), carbohidratos (46.88%) y cenizas (22.23%), así como pigmentos carotenoides (123.65 mg/kg) y gran variedad de minerales en su composición (25 en total).
2. La incorporación de la harina de *Ulva spp.* a un nivel de inclusión de 5% en la dieta de gallinas ponedoras Hy-Line W-36, de 28 – 33 semanas, permitió el enriquecimiento nutricional de huevos de gallina:
 - 2.1 En cuanto a minerales, por mayor deposición de cloro y bromo en clara y de yodo en yema, durante las semanas 2, 4 y 6. Para cloro, incrementos de 18, 9 y 10%; para bromo, los incrementos fueron de 109, 88 y 71% y para yodo, incrementos de 71, 173 y 27% con respecto al control, con la ventaja de su origen orgánico.
 - 2.2 En ácidos grasos omega 3, se halló ácido docosapentaenoico (DPA), 100 mg/ 100 g. yema, durante las semanas 2, 4 y 6. Asimismo se mejoró la relación n-6: n-3, pasando de 20:1 (semana 0) a 9:1 (semana 6), lo que equivale a una reducción del 45%.
 - 2.3 Los carotenoides del alga mejoraron el color de la yema, en 2 puntos de la Escala de Roche.
3. La inclusión de harina de *Ulva spp.* no afectó las características sensoriales de los huevos producidos, ni los parámetros productivos de las aves, lográndose reducir el porcentaje de huevos pálidos en un 82 y 83% (semanas 28 y 32, respetivamente).

VI. RECOMENDACIONES

1. Promover el aprovechamiento sustentable de *Ulva spp.* en las zonas costeras de nuestro país, para la obtención de huevos diferenciados con mayor contenido nutricional, considerando la variación estacional del alga.
2. Continuar las investigaciones, usando mezclas de harina de *Ulva spp.* con aceite de pescado, para incrementar la deposición de ácidos grasos n-3, con y sin adición de antioxidantes.
3. Evaluar la sustitución parcial de las sales inorgánicas minerales, con *Ulva spp.* en dietas de gallinas de postura.
4. Desarrollo de campañas masivas que eduquen a la población y promuevan el consumo de alimentos saludables, como las algas, pescado, huevos y otros, para prevenir enfermedades de tipo nutricional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abu, S. 2012. El huevo, alimento rico en nutrientes que beneficia a grandes y chicos (en línea). Lima, PE. Consultado 12 oct. 2012. Disponible en http://www.rpp.com.pe/2012-10-12-el-huevo-alimento-rico-en-nutrientes-que-beneficia-a-grandes-y-chicos-noticia_530184.html.

Abudabos, A; Okab, A; Aljumaah, R; Samara, E; Abdoun, K; Al-Haidary, A. 2013. Nutritional value of green seaweed (*Ulva lactuca*) for broiler chickens. Italian Journal of Animal Science 2013; 12:e28

Acleto, C. 1971. Algas marinas del Perú de importancia económica. Editorial de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 85 p.

Acleto, C. 1986. Algas marinas del Perú de importancia económica. Univ. Nac. Mayor de San Marcos. Serie de divulgación N°5, 107 p.

Actualidad Avipecuaria. 2014. Alltech continúa la expansión en el mundo de las algas y el DHA (en línea). Consultado 28 ene. 2014. Disponible en <http://www.actualidadavipecuaria.com/alltech/noticias/alltech-expansion-mercado-algas.html>

Adler, A; Holub, B. 1997. Effect of garlic and fish-oil supplementation on serum lipid and lipoprotein concentrations in hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 1997;65:445–50.

Aguila, N; Hernández, J; Ramírez, M; Marín, A; Beltrán, M; Casas, M. 2002. Empleo de las algas marinas *Ulva sp.* y *Enteromorpha sp.* en la elaboración de pan. Boletín CICIMAR-IPN N° 90, p. 1.

Águila, R; Casas, M; Hernández, C. 2005. Biomasa de *Ulva sp.* (Chlorophyta) en tres localidades del malecón de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista Biología Marina y Oceanografía*, 40(1): 55 – 61.

Aguilera, M; Casas, M; Carrillo, S; Gonzales, B; Pérez, F. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha sp.* as a potencial food source. *Journal of Food Composition and Analysis* 18(1): 79-88.

Aldon, D. 2008. Estrategia ambiental de aprovechamiento de la macroalga *Ulva lactuca* (lechuga de mar) a través proceso de ensilaje. Tesis Ing. Amb., Lima, PE, UNALM. 81 p.

Algarea Mineração Ltda. 1997. Suminal®, Mimeo, Rio de Janeiro. 4 p.

Álvarez C; Cachaldora, P; Méndez, J; García-Rebollar, P; De Blas, J. 2004. Effects of dietary conjugated linoleic acid and fish oil supplementation on performance and egg quality in laying hens. *Br Poult Sci.* 45, p. 524-529.

Anzaldúa M. 1994. Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y Practica Ed. Acribia, Zaragoza, España.

AOAC (Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists). 1990. Washington, Association of Official Analytical Chemists, 15th ed. Helrich, K.; Arlington, VA. USA

AOAC (Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists). 2000. 17th ed. Maryland, US.

AOCS (Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society). 1998. Fatty acid composition of marine oils by GLC. Método Ce 1b-89, 5th edition. Champaign, IL, US.

APA (Asociación Peruana de Avicultura), s.f. Rompiendo tabúes en el consumo del huevo (en línea). Lima, PE. Consultado 23 oct. 2013. Disponible en http://www.apa.org.pe/html/sections/articulo/art_consumo_huevo.asp

Arasaki, S; Arasaki, T. 1983. Low calorie, high nutrition of vegetables from Sea-Japan Publication, INC. Tokio, 48 p.

Arieli, A; Sklan, D; Kissil, G. 1993. Una nota sobre el valor nutritivo de *Ulva lactuca* para rumiantes. Anim. Ciencia., 57 (2): 329-331. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1017/S0003356100006978>

Asar, M. 1972. The use of some weeds in poultry nutrition. M.Sc. Thesis. Alexandria University, EG.

Auestad, N; Innis, S. 2000. Dietary n-3 restriction during gestation in rats: neuronal cell body and growth-cone fatty acids. Am J Clin Nutr 2000; v. 71, p. 312-314.

Avila, J; Garant, M; Aguilar, S. 2006. “Relación entre los factores que determinan los síntomas depresivos y los hábitos alimentarios en adultos mayores de México”. Revista Panamericana de Salud Pública. 19(5): 321-330.

Bagga, D; Anders, K; Wang H; Glaspy, J. 2002. Long-chain n-3-to-n-6 polyunsaturated fatty acid ratios in breast adipose tissue from women with and without breast cancer. *Nutr. Cancer* 2002; v. 42 (2) p. 180-185.

Baltazar, C. 2000. Efecto de dos niveles de ácidos grasos omega 3 de la dieta, sobre la composición del huevo y el comportamiento productivo en codornices. Tesis Ing. Zootecnista, Lima, PE, UNALM. 86 p.

Barlow, S; Pike, I. 1991. Humans and animals benefit from omega-3 polyunsaturated fatty

acids. Feedstuffs 63:18-26.

Beardsworth, P. y Hernandez, J. 2004. Yolk colour—an important egg quality attribute. Int Poult Prod., 12, 17-18.

Becker, E. 2004. Microalgae in human and animal nutrition. *In: Richmond A, editor. Handbook of microalgal culture.* Oxford: Blackwell. p. 312–351.

Bravo, G. 2012. Caracterización de una tostada elaborada con maíz y alga *Ulva clathrata*. Tesis Mg. Sc. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, MX.

Briones, G. 2012. Producción de etanol a partir de la macroalga *Ulva rígida (en línea)*. Consultado 22 nov. 2014. Disponible en <http://tesis.uchile.cl/handle/2250/111335>

Bruinsma, K y Taren, D. 2000. Dieting, essential fatty acid intake, and depression. Nutr. Rev., 2000; 58(4): 98-108.

Brune, H. 1982. Zur vertraglichkeit der einzelleralgen *Spirulina maxima* und *Scenedesmus acutus* als alleinige eiweissquelle fur broiler. Z. Tierphysiol. Tierernachr. Futtermittelkd. 48:143-154 (Abstr.).

Caballero, L. 2009. Contenido de yodo en huevos: una importante fuente de minerales, vitaminas y ácidos grasos omega 3 (en línea). VE. Consultado 12 nov. 2014. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-avicultura/articulos/contenido-yodo-huevos-importante-t2511/p0.htm>

Cachaldora, P; García, P; Álvarez, C; De Blas, J; Méndez, J. 2006. Effect of type and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids retention efficiency in laying hens. Brit Poult Sci. 47, 43-49.

Calvani, M; Benatti, P. 2003. Polyunsaturated fatty acids (en línea). Consultado 18 jun 2014. Disponible en http://www.st-hs.com/TMA_Forum/PUFA%20-%20Calvani%20Benatti%20-%20Feb%202K3.pdf

Cano, M. 1996. Potencialidad nutricional de las algas marinas cubanas: *Ulva Linnaeus* y *Enteromorpha* Link. Tesis Maestro Biología Marina, CU, Universidad de la Habana, 46 p.

Cano, M; Díaz, J; Valdés, O; Gómez, M; Chopin, T. 2005. Distribución, cobertura, morfometría y concentración de pigmentos de *Ulva fasciata* Delile en la costa Norte de La Habana, Cuba. *Hidrobiológica* 2005, 15 (3): 261-274.

Cano, M. 2008. Bases biológicas de *Ulva fasciata* Delile, (Chlorophyta) para su posible explotación, al oeste de La Habana, Cuba. Tesis Doctor en Ciencias Biológicas, CU, Universidad de La Habana, 150 p.

Carbajal, A. 2014. El huevo. La composición del huevo. Minerales (en línea). Consultado 24 feb. 2014. Disponible en http://www.huevo.org.es/huevo_salud_composicion_minerales.asp

Cardona, M; Díaz, L; Morejón, M. 2003. Control Sanitario del Huevo. La Habana: Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. Disponible en <http://www.inha.sld.cu/vicedirecciones/huevo.htm>

Carrero, J; Martín, E.; Baró, L.; Fonollá, J.; Jiménez, J.; Boza, J; López, E. 2005. Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria*, vol. 20, núm. 1, enero - febrero, 2005, pp. 63-69. Grupo Aula Médica, Madrid, España.

Carrillo, S; Casas, M; Ramos, F; Pérez, F; Sánchez, I. 2002. Algas marinas de Baja California sur, México: Valor nutrimental. *Arc. Latinoam. Nutr.* 52(4): 400–405.

Carrillo, S; Lopez, E; Casas M; Avila E; Castillo R; Carranco M; Calvo C; Pérez, F. 2008. Potential use of seaweeds in the laying hen ration to improve the quality of n-3 fatty acid enriched eggs. *Journal of Applied Phycology* 20:721-728.

Carrillo, S; Bahena, A; Casas, M; Carranco, M; Calvo, C; Ávila, E; Pérez, F. 2012. El alga *Sargassum sp.* como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo (en línea). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 46, núm. 2, 2012, pp. 181-186. Instituto de ciencia Animal, La Habana. Cuba. Consultado 17 set. 2013. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193024447011>

Carvalho, F; Portela, C; Sousa, M; Martins, F; Rocha, F; Farias, D; Feitosa, P. 2009. Physiological and physico-chemical characterization of dietary fibre from the green seaweed *Ulva fasciata* Delile (en línea). *Braz. J. Biol.* vol.69 no.3 São Carlos Aug. 2009. Consultado 25 oct. 2014. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842009000400028&lang=pt

Castillo, R. 2004. Efecto del aceite de sardina sobre el contenido de colesterol y ácidos grasos omega 3 y omega 6 en huevo de gallina. Tesis Mg. Sc., área de Biotecnología, MX, Universidad de Colima, 59 p.

Castro, M; Pérez, F; Pérez S; Carrillo, S. 1996. Composición química del alga verde *Ulva lactuca*. Departamento de Nutrición Animal, Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán, Mexico, D.F. *Ciencias Marinas* (1996), 22(2): 205-213

Castro, M. 2002. Ácidos grasos omega 3: Beneficios y Fuentes. *Interciencia*, v.27 n.3 Caracas mar. 2002. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33906605>

Cassus, G; Cornejo, S. 2006. Huevos nutraceuticos: en la búsqueda del “Súper Huevo”. Universidad de Chile. Disponible en: www.revistas.uchile.cl/index.php/RT/article/download/15876/16364

CENAN (Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud). 2009. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 8ª edición. Lima (Perú). Consultado 15 Julio, 2014. P. 44 - 45. Disponible en <http://www.rvcta.org/Imagenes/TablasPeruanasDeComposicionDeAlimentos.pdf>

CEVA (Centre d'étude et de valorisation des algues). 2005. Algues et alimentation animale (en línea). Algorithmes, N° 72. CEVA. Consultado 13 oct. 2014. Disponible en <http://www.ceva.fr/eng/content/download/8965/53328/file/Algorithme%20n%C2%B072.pdf>

Ceylan, N; Ciftçi, I; Mizrak, C; Kahraman, Z; Efil, H. 2011. Influence of different dietary oil sources on performance and fatty acid profile of egg yolk in laying hens. J. Anim. Feed Sci. 20, 71-83.

Chávez, C. 1995. Fortificación para bebés prematuros con alga Lechuga de Mar (*Ulva fasciata forma costata*). Tesis Ing. Ind. Alim. Lima, PE, UNALM, 104 p.

Cicek, T; Kartalkanat, A. 2009. Comparison of Village and Commercial Eggs in Terms of Egg Quality. Journal of Animal and Veterinary Advances, 8(12), 2542 – 2545.

CICIMAR (Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, MX). 2010. Aves más saludables alimentadas a base de algas marinas (en línea). Revista Actualidad Avipecuaria. Consultado 25 jun. 2014. Disponible en <http://www.actualidadavipecuaria.com/noticias/aves-mas-saludables-alimentadas-a-base-de-algas-marinas.html>

Conchillo, I; Puente, A; Ansorena, D; Astiasarán, I. 2006. Componentes funcionales en aceites de pescado y de alga (en línea). Nutr. Hosp. v.21 n.3 Madrid mayo-jun. 2006. Disponible en http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000300013 &lang=pt

[Crawford, M](#); [Broadhurst, C](#). 2012. The role of docosahexaenoic and the marine food web as determinants of evolution and hominid brain development: the challenge for human sustainability (en línea). Nutr Health 2012 Jan;21(1):17-39. doi: 10.1177/0260106 012437550. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22544773>

Cruickshank, E. 1934. *Biochem. J.* 28, 965-2977.

Cunnane, S. 1999. Fatty acid profiles of maternal adipose tissue in relation to infant development. *British Journal Nutrition*, 1999; 82: 253-4.

Da Silva, G; Ribeiro, A; Otaviano, F; Maciel, M; Soares, S; Yoneshigue, Y; De Souza , L; Santos, N; Villela, M. 2010. Antiviral activity of the green marine alga *Ulva fasciata* on the replication of human metapneumovirus. *Rev. Inst. Med. trop. S. Paulo* vol.52 no.1 São Paulo Jan./Feb. 2010. Disponible en http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-46652010000100001&lang=pt

Darcy, B. 1993. Nutritional aspect of the developing use of marine macroalgae for the human foods industry. *International Journal of Food Science and Nutrition* 44:23–35.

Darley, M. 1987. *Biología de las algas. Enfoque fisiológico.* Departamento de Botánica. Universidad de Georgia. Edición Limusa S.A. (México).

Dawes, C. 1986. *Botánica Marina.* Ed. Linnusa S.S de C., 673 p.

De Blas, C; Álvarez, C; Cachaldora, P; García, P; Méndez, J. 2005A. Calidad sensorial de huevos y carne de aves enriquecidos en ácidos grasos omega-3 y ácido linoleico conjugado. En: XXI Curso de especialización FEDNA. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Producción Animal, 2005. p. 15-34.

De Blas, C; [García, P](#); [Alvarez, C](#); [Cachaldora, P](#); [Méndez, J.](#) 2005B. Effects of type and level of supplementation with dietary n-3 fatty acids on yolk fat composition and n-3 fatty acid retention in hen eggs. [Spanish journal of agricultural research](#), ISSN 1695-971X, [Nº. 2, 2005](#), p. 209-212.

De Corte, F. 1987. The k₀ –Standardization Method: A Move to the Optimization of Neutron Activation Analysis. Ph.D. Thesis. GENT University.

Deckere, E. 1999. "Possible beneficial effect of fish and fish n-3 polyunsaturated fatty acids in breast and colorectal cancer". Eur J Cancer Prev. 1999 Jul;8(3):213-21

De la Cruz, C; Avila, E; Fernández, S.; Carrillo, S; Quintana, J. 2007. Enriquecimiento de Huevo con la adición de Luteína y Zeaxantina en Dietas para Gallinas Hy-Line W36 e Isa-Babcock B-380. Memorias del XXXII Convención Nacional de la Asociación Nacional de Especialistas en Ciencias Avícolas, Acapulco Guerrero.

De Vries, J; Jansen, A; Kromhout, D; Van de Bovenkamp, P; Van Staveren, W; Mensink, R; Katan, M. 1997. The fatty acids and sterol content of food composites of middle-aged men in seven countries. *J. Food Comp. Anal.* 10: 115-141.

Díaz, M; López, M. 1959. Taxonomía, ecología y valor nutrimental de algas marinas cubanas I. ICIT. Serie de Estudios sobre Trabajos de Investigación. No.6. 80 p.

Díaz, M; Navia, S; Saavedra, C. 1961. Taxonomía, ecología y valor nutrimental de las algas marinas cubanas. II. Utilización de las algas en la alimentación de las aves. Boletín Técnico del Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas. no.7:19-87.

Díaz, E; Pérez, J. 1972. Evaluación nutricional de las algas marinas. Niveles de *Ulva fasciata* en dietas en pollos en crecimiento. Oriente Agropecuario 4, 1972.

Díaz, M; Plasencio, M. 2009. Estudio técnico-económico para la instalación de una planta procesadora de fertilizantes, a base de macroalgas marinas (*Ulva fasciata*).

Díaz, P. 2010. Obtención de gas combustible mediante la bioconversión del alga marina *Ulva lactuca*. Instituto de Oceanología, Serie Oceanológica, (7). p. 52-60.

Doucha, J; Lívansky, K; Kotrbáček, V; Zachleder V. 2009: Production of *Chorella* biomass enriched by selenium and its use in animal nutrition: a review. In: Applied Microbiology and Biotechnology 83/6 (2009), p. 1001 – 1008.

Dreyer, J; Windhorst, H. 2011. Análisis del mercado mundial del huevo y ovoproductos (en línea). El Sitio Avícola. Consultado 28 nov. 2014. Disponible en <http://www.elsitioavicola.com/articulos/11/mercados-y-economia/2044/analisis-del-mercado-mundial-del-huevo-y-ovoproductos#sthash.dqaYBlf0.dpuf>

Durmaz, Y; Duyar, H; Gokpinar, S; Taskaya, L; Ögretmen, Y; Bandarra, N; Nunes, M. 2008. Fatty Acids, α -tocopherol and Total Pigment Contents of *Cystoseira sp.*, *Ulva sp.* and *Zostera sp.* from Sinop Bay (Turkey). International Journal of Natural and Engineering Sciences 2 (3): 111-114, 2008. ISSN: 1307-1149

EFSA (European Food Safety Authority, UE). 2009. Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to EPA, DHA, DPA and maintenance of normal blood pressure (ID 502), maintenance of normal HDL-cholesterol concentrations (ID 515), maintenance of normal (fasting) blood concentrations of triglycerides (ID 517), maintenance of normal LDL-cholesterol concentrations (ID 528, 698) and maintenance of joints (ID 503, 505, 507, 511, 518, 524, 526, 535, 537) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006 on request from the European Commission. EFSA Journal 2009; 7(9):1263. [26 p.]. doi:10.2903/j.efsa.2009.1263.

Erdtman, G.; Petri, H. 1986. Nuclear Activation analysis: Fundamentals and Techniques. Second Edition. Part I, Volume 14. 1986.

Evans, FD; Critchley, A. 2013. Las algas marinas para el uso de la producción animal. J. Appl. Phycol. De octubre de 2013 (on-line primeros artículos). Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-013-0162-9>.

FAO. 1981. Amino acid scoring patterns. FAO/WHO/UNU EPR/81/31, Rome, 20pp.

FAO/OMS. Fats and Oils in Human Nutrition. Report of a Joint Expert Consultation FAO Food and Nutrition Paper N° 57. 1994.

FAO (Food and Agriculture Organization, IT); WHO (World Health Organization, CH); ONU (Organización de las Naciones Unidas, US). 1995. Requerimientos nutricionales. Codex Alimentarius III.

FAO (Food and Agriculture Organization, IT); WHO (World Health Organization).2008. Interim Summary of Conclusions and Dietary Recommendations on Total Fat & Fatty Acids From the Joint FAO/WHO Expert Consultation on Fats and Fatty Acids in Human Nutrition, 10-14 November, 2008, WHO, Geneva. Disponible en http://www.who.int/nutrition/topics/FFA_summary_rec_conclusion.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 2008. Grasas y ácidos grasos *en* nutrición humana. Consulta de expertos. 91. Estudio FAO. Alimentación y Nutrición. 10 - 14 Noviembre de 2008. Ginebra. Publicado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Fundación Iberoamericana de Nutrición (FINUT) Granada, España, 2012. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/017/i1953s/i1953s.pdf>

Farfán, L. 2005. Obtención de una mezcla alimenticia a base de alga Lechuga de Mar (*Ulva fasciata*), Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*. Aellen) y Quinoa (*Chenopodium quinoa*.Wild.). Tesis Mg. Sc., PE, UNALM. 128 p.

Farrel, J. 1995. The hearty egg is good for you. World Poultry-Misset Volume 11, N° 4.

FEDNA (Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal), s.f. Aceites y oleínas de origen vegetal. Consultado Mar. 2014. Disponible en: http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-y-ole%C3%ADnas-de-origen-vegetal

FDA (Food and Drug Administration). 1998. Bacteriological Analytical Manual (en línea). US. Edition 8 Revision A. Consultado 13 feb. 2014. Disponible en:

<http://www.fda.gov/food/foodscienceresearch/laboratorymethods/ucm2006949.htm>

Fleurence, J. 1991. L'habilitation des algues en alimentation humaine: le point sur la réglementation française. Industries Alimentaires et Agricoles, vol. 108, no. 6, p. 501-502.

Fleurence, J; Mabeu, S. 1993. Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. Trends Food Sci Tch 1993;4: 103-107.

Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academies. 2011. Dietary Reference Intakes: Recommended Intakes for Individuals. Disponible en http://www.iom.edu/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/~media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/5_Summary%20Table%20Tables%201-4.pdf. Consultado en Jun. 2014.

Fredriksson, S; Pickova, A. y Elvinger K. 2006. Fatty Acid and Carotenoid Composition and Egg Yolk as an Effect of Microalgae Addition to Feed Formula for Laying Hens. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala Sweden. Feedinfo News Service. 2006.

Frikha, M; Kammoun, N; Hammami, R; Mchirgui, L; Belbahri, Y; Gargouri, N; Miled, F; Ben-Rebah. 2011. Composición química y algunas actividades biológicas de algas marinas recolectadas en Túnez. Cienc. Mar, v. 37 no.2 Ensenada jun. 2011. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-38802011000200001

Fundación Chile. 2007. Recursos Marinos. Informe final: Usos tecnológicos de algas verdes nacionales en alimentación humana. Proyecto N° 03C9AT-03.

Gebauer S; Psota, T; Harris, W; Kris-Etherton, P. 2006. N-3 Fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits. Am J Clin. Nutr. 83 (suppl), 1526S-1535S.

Gómez, L; Bermejo, M; Loria, V. 2011. Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. Nutr Hosp. 2011;26(2):323-329

González, M; Bastida, S; Jiménez, O; de Lorenzo, C; Vergara, G; Sánchez, F. 2009. The effect of dietary fat on the fatty acid composition and cholesterol content of Hy-line and Warren hen eggs. Academic Journals Database. Volume: 60; Issue: 4;. Disponible en http://journaldatabase.org/articles/effect_dietary_fat_on_fatty_acid.html

González, N. 1995. Estudio de la calidad proteica de la macroalga *Ulva lactuca*. Tesis de Diplomado, CU, Instituto de Farmacia y Alimento. Universidad de La Habana.

Gonzales, R; Leeson, S. 2000. Effect of feeding hens regular or deodorized Menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. Poultry Science 2000; 79:1597-1602.

González, R; Leeson, S. 2001. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omega-3 fatty acids. Can J Anim Sci. 81, 295-305.

González, M; Bastida, S; Jiménez, O; de Lorenzo, C; Vergara, G; Sánchez, F. 2009. The effect of dietary fat on the fatty acid composition and cholesterol content of the eggs from Hy-line and Warren hens. Grasas y Aceites 60, 350-359. España. Disponible en http://journaldatabase.org/articles/effect_dietary_fat_on_fatty_acid.html

Grobas, S; Mateos, G.1996. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. XII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, 7 y 8 de Noviembre de 1996.

Grobas, S; Méndez, J; Lázaro, R; C de Blas; Mateos, G. 2001. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolk of two strains of laying hens. Poultry Science 80: 1171-1179

Groenewald, T; Köster, H. 2006. Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIRs) - La técnica de análisis rápidos del futuro (en línea). Engormix. Consultado 16 nov. 2014. Disponible en

<http://www.engormix.com/MA-balanceados/formulacion/articulos/espectroscopia-infrarrojo-cercano-nirs-t577/800-p0.htm>

Guevara, J. 2009. Enriquecimiento de la carne de cuy con ácidos grasos omega-3 mediante la suplementación de las dietas con aceite de pescado y semillas de Sacha Inchi. Tesis Doctoral en Ciencia Animal, PE, UNALM.

Guiry, M; Dhonncha, N. 2007. [http://www. Algaebase.org/](http://www.Algaebase.org/) Listing the world's algae.

Habig, H; Ryther, J. 1984. Methane production from the anaerobic digestion of some marine macrophytes. *Acuiculture*. 9: (323-327).

Hambridge, K; Casey, C; Krebs, N. 1987. Zinc pp. 1-37. Mertz, W. (Ed.). Trace elements in human and animal nutrition. Vol. 2, Academic Press, New York.

Hayden, H; Blomster, J; Maggs, CA; Silva, P; Stanhope, M; Waaland, J. 2003. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. *Eur J. Phycol.* (38): 217-294.

Herber, S; Van Elswyk, M. 1996. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry science* 75 (12): 1501-1507.

Herber, S; Van Elswyck, M. 1998. *Poultry Sci.* 77: 493-496.

Hernández, J. 2005. Sensory perception of quality of products across Europe: a case study on poultry quality. En: '*Sensory evaluation-More than just food*'. ESN Conference, AINIA, Madrid.

Hy-Line International. 2010. Hy-Line Red Book, Management and Disease Control. Consultado 28 jun. 2014. Disponible en <http://www.hylinena.com/redbook/>

Hogstrom, M; Nordstrom, P; Nordstrom, A. 2007. Omega-3 fatty acids are positively associated with peak bone mineral density and bone accrual in healthy men: the NO2 Study. *Am J Clin Nutr* 2007; 85: 803-807.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1999. Directivas técnicas de alimentos para animales y sales mineralizadas.

IEH (Instituto de Estudios del Huevo, ES). 2002. Lecciones sobre el huevo (en línea). Madrid, ES, p. 30 - 33. Disponible en: http://www.institutohuevo.com/images/archivos/lecciones_del_huevo_completo.pdf

ILH (Instituto Latinoamericano del Huevo). 2008. El Huevo en la Salud (en línea). Consultado 05/06/13. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-avicultura/noticias/ilh-huevo-salud-t12006/p0.htm>

INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). 2012. Perú: Consumo per cápita de los principales alimentos. 2008 - 2009. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales. Mayo, 2012. LIMA - PERÚ. Disponible en <http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib1028/Libro.pdf>

Innis, S. 1998. Lípidos esenciales alimentarios. En: E.E. Ziegler y L.J. Filer Jr. Conocimientos actuales sobre nutrición. 7ª ed. Washington, DC: ILSI-OPS, 1998.

INPROVO (Instituto de Estudios del Huevo). 2005. El Instituto de Estudios del Huevo apunta a una mala manipulación en los pollos (en línea). ES. Consultado 10 nov. 2014. Disponible en <http://www.libertaddigital.com/sociedad/el-instituto-de-estudios-del-huevo-apunta-a-una-mala-manipulacion-en-los-pollos-1276257665/>

INS (Instituto Nacional de Salud). 2009. Tablas Peruanas de la Composición de los Alimentos (en línea). Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. 8º edición. Consultado 6 mar. 2014.

Disponible

en

<http://www.rvcta.org/Imagenes/TablasPeruanasDeComposicionDeAlimentos.pdf>

Ivanova V; Stancheva M y Petrova D. 2013. Fatty acid composition of Black Sea *Ulva rigida* and *Cystoseira crinita*. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19 (Supplement 1) 2013, 42–47. Agricultural Academy. Disponible en <http://www.agrojournal.org/19/01-08s.pdf>

Jara, G. 1995. Obtención de una mezcla nutritiva en base a alga lechuga de mar (*Ulva fasciata*), frijol Castilla (*Vigna sinensis*) y germen de trigo (*Triticum sativum*). Tesis Ing Ind Alimentarias, PE, UNALM. 106 p.

Jenkins, D. ; Wolever, T. 1990. Diabetic diets: high carbohydrate combined with high fiber. Am. J. Clin. Nutr. 33.1729-1733.

Jiménez, A.; Goñi, I. 1999. Evaluación nutricional y efectos fisiológicos de macroalgas marinas comestibles (en línea). Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 49(2). Consultado 04 ene. 2010. Disponible en http://www.alanrevista.org/ediciones/1999-2/evaluacion_nutricional_efectos_fisiologicos_macroalgas_marinas_comestibles.asp

Johns, R; Nichols, P; Perry, G. 1979. Fatty acid composition of ten algae from Australian waters. Phytochemistry, 18, 799-802.

Johnson, E; Hammond, B; Yeum, K; Qin, J; Dong, X; Castaneda, C; Snodderly, D. y Russel, R. 2000. Relation among serum and tissue concentrations of lutein and zeaxanthin and macular pigment density. Am J Clin Nutr 2000; 71:1555–62.

Kaimoussi, A; Mouzdahir, A; Saih, A. 2004. Seasonal variations of metal contents (Cd, Cu, Fe, Mn and Zn) in seaweed *Ulva lactuca* from de coast of El Jadida city (Morocco). Comptes rendus biologiques. 2004. Apr;327(4):361-9.

Kris, P; Harris, W; Appel, L. 2002. "Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and

Cardiovascular Disease", for the Nutrition Committee, *Circulation*. 2002;106: 2747-2757

Kumar, M; Kumari, P; Trivedi, N; Shukla, M; Gupta, V; Reddy, C y Jha, B. 2010. Minerals, PUFAs and antioxidant properties of some tropical seaweeds from Saurashtra coast of India. *Journal of Applied Phycology*:1-14.

Lahaye, M. 1991. Marine Algae as sources of fibras: Determination of soluble and insoluble dietari fiber contents in some sea vegetables. *J. Sci. Food Agrie*. 54: 587-594.

Lahaye, M; Jegou, D. 1993. Características químicas y físico-químicas de las fibras dietéticas de *Ulva lactuca* (L.) Thuret y *Enteromorpha compressa* (L.) Grev .. *J. Appl. . Phycol*, 5 (2): 195-200. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1007/BF00004017#page-1>

Less, R. 1992. Análisis de los Alimentos: Métodos analíticos y de control de calidad (en línea). Zaragoza, ES. Revisado Oct. 2014. Disponible en <http://juliocruz82.files.wordpress.com/2011/08/analisis-de-los-alimentos-r-lees.pdf>

Lewis, B. 2008. Promoting eye and skin health through intake of the natural carotenoid lutein in De Meester F, Watson RR (Eds), *Wild-type food in health promotion and disease prevention*. Humana Press Inc, Totowa, NJ, USA. pp.331-342.

Lobban, C; Harrinson, P. 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. University Press. Cambridge 139-241 366p.

Lordan, S; Ross, P; Stanton, C. 2011. Marine Bioactives as Functional Food Ingredients: Potential to Reduce the Incidence of Chronic Diseases. *Mar. Drugs* 2011, 9, 1056-1100; doi:10.3390/md9061056

Lugasi, A; Neszlényi, J; Hóvári, K; Lebovics, V; Hermán, A; Ács, T; Gundel, J y Bodó, I. 2006. Dietary manipulation of meat fatty acid composition in Hungarian Mangalica and an Industrial Genotype Pig. *Alim*. 35:385-395.

Lupatsch, I. 2009. Quantifying Nutritional Requirements in Aquaculture – The Factorial Approach. In: Burnell, G.; Allan, G. (eds.): New Technologies in Aquaculture: Improving Production Efficiency, Quality and Environmental Management. Cambridge, p. 417–439

[Madeira](#), H; Aníbal, J; [Carvalho](#), L; [Esteves](#), E; [Veiga-Pires](#), C; [Rocha](#), C. 2013. Macroalgae mitigation potential for fish aquaculture effluents: an approach coupling nitrogen uptake and metabolic pathways using *Ulva rigida* and *Enteromorpha clathrata*. [Environmental Science and Pollution Research](#). December 2013.

Mantzioris, E. 2000. Biochemical effects of a diet containing food enriched with n-3 fatty acids. American Journal of Clinical Nutrition, 72:42-48.

Marín, A; Casas, M; Hernández, H; Monroy, A. 2003. Comportamiento de ovinos alimentados con raciones que incluyen el alga marina *Sargassum sp.* Rev. Cub. Ciencia Agrícola, Tomo 37, No. 2.

Marshall, W. 1987. Biología de las Algas. Enfoque Fisiológico. Editorial Limusa, México, 236 p.

Martínez, J. ; García, P. 2006. Libro “Nutrición Humana” (en línea). Ed. Univ. Politéc. Valencia, 2006 - 384 páginas. Disponible en http://books.google.com.pe/books?id=Y1_WtSayNscC&dq=cromo+micronutriente&hl=es&source=gbs_navlinks_s

Mathews, M. 1985. Carotenoid and cancer prevention. experimental and epidemiological studies. *Pure Appl. Chem.* 57:717-722.

Mathews, M. 1991. Recent progress in the medical applications of carotenoids. *Pure Appl. Chem.* 63:147-156.

Maureira, P. 2000. Omega 3, el poderoso aceite de salmón. *Salmonoticias*. (86): 11-14.

McDermid, K; Stuercke, B. 2003. Nutritional composition of edible Hawaiian seaweeds. *Journal of Applied Phycology* 15:513-524.

McHugh, D. 1987. "Production and utilization of products from commercial seaweeds" FAO Fisheries Technical Paper, n° 288, Roma (Italia).

Melo, T; Ferreira, R; Oliveira, V; Carneiro, J; Moura, A; Silva, C; Nery, V. 2008. Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. *Arch. Zootec.* 57 (219): 313-319. 2008.

Mendo, T. 2004. Aprovechamiento del alga *Ulva sp.* en la elaboración del compost como una estrategia de gestión ambiental en la Bahía de Paracas. Tesis Ing. Ambiental. Lima, PE, UNALM. 112 p.

Mensi, F.; Jamel, K.; Amor, E. 2005. Potential use of seaweeds in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets. In : Montero D . (ed.), Basurco B. (ed.), Nengas I. (ed.), Alexis M. (ed.), Izquierdo M. (ed.). *Mediterranean fish nutrition*. Zaragoza: CIHEAM, 2 005. p. 1 51 -1 54 (Cahiers Options Méditerranéennes; n . 63)

Meza, J. 1969. Incorporación del alga marina *Gigartina chamiso* a raciones de pollos de carne en crecimiento. Tesis Bach. Ing. Pesquero, PE, Universidad Nacional Agraria.

MINAG (Ministerio de Agricultura, PE). 2011. MINAG: producción de huevo llegó a las 210 mil toneladas entre enero-agosto de este año. Publicado el 13 octubre 2011. Disponible en <http://www.minag.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-de-prensa-2011/5922-minag-produccion-de-huevo-llego-a-las-210-mil-toneladas-entre-enero-agosto-de-este-ano>

MINAG (Ministerio de Agricultura, PE). 2012. Consumo de huevo por persona se eleva en 57% en última década. Lima, Perú. Disponible en

<http://www.minag.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-de-prensa-2012/7846-minag-y-asociacion-peruana-de-avicultura-celebraron-dia-mundial-del-huevo.12/10/12>.

Ministerio de Pesquería. 1994. “Cultivo de Macro Algas Marinas”. Documento N° 5. Dirección Nacional de Acuicultura, p. 28. Lima. Perú. 1994.

Miranda, W. 2010. Análisis comparativo de grasa total en huevo de gallina de granja y de gallina de patio. Tesis Químico Farmacéutico. GT. Universidad de San Carlos de Guatemala. 53 p.

Moreno, J; Mitjavila, M. 2003. The degree of unsaturation of dietary fatty acids and the development of atherosclerosis. J Nutr Biochem 2003;14(4):182-95].

NAS (National Academy of Sciences). IOM (Institute of Medicine). 2014. Dietary Reference Intakes: Recommended Intakes for Individuals. Food and Nutrition Board. Consultado en Junio 2014. Disponible en http://www.iom.edu/Activities/Nutrition/SummaryDRIs/~//media/Files/Activity%20Files/Nutrition/DRIs/5_Summary%20Table%20Tables%201-4.pdf

Naeemi E; Ahmad N; Al-Sharrah T. y Behrbahani, M. 1995. Rapid and Simple Method for determination of Cholesterol in Processed Food. Journal of AOAC International Vol. 78, N°6. 1995

Neogen Corporation. s.f. Veratox product list. Lansing, US. Consultado 6 nov. 2014. Disponible en http://www.neogen.com/FoodSafety/V_Product_List.asp?Test_Kit_Cat=200

Nitsan, Z; Mokady, S. y Sukenik, A. 1999. Enrichment of poultry products with omega 3 fatty acids dietary supplementation with the algae Nannochloropsis and mantur oil. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 47, p. 5127-5132.

Noriega, C. 2011. Algas comestibles del Perú. El pan del futuro (en línea). Book tráiler. Disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=kvld7aNvrps>

Norma Técnica Peruana 205.003. 1980. Determinación de la fibra cruda. Lima: INDECOPI.

NRC (The National Research Council, CA). 2005. Mineral Tolerance of Animals. 2nd. rev. ed. National Academy Press, Washington, DC.

Ohno, M; Rabello, J. 1995 Cultivo de *Enteromorpha* En: Manual de Métodos Ficológicos. Eds: Alveal K., M.E. Ferrario, E.C.Oliveira y E.Sar 513-520

Okasaki, A. 1971 Seaweeds and theirs uses in Japan. Tokai University press. 165 p.

OMS (Organización Mundial de La Salud, CH); FAO (Food and Agriculture Organization, IT). 2003. Informe de una Consulta Mixta de Expertos. Dieta, Nutrición y Prevención de

Enfermedades Crónicas (em línea). OMS, Serie de Informes Técnicos 916. p. 89. Consultado 12 jun. 2014. Disponible en http://whqlibdoc.who.int/trs/WHO_TRS_916_spa.pdf

Ortiz, J; Romero, N; Robert, P; Araya, J; López, J; Bozzo, C; Navarrete E; Osorio, A.; Ríos, A. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea Antarctica*. Food Chemistry 99 (2006), p. 98-104.

Ortiz, J. 2011. Monografía: Composición Nutricional y Funcional de las Algas Clorofíceas Chilenas: *Codium fragile* y *Ulva lactuca*. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacèuticas, CL, Universidad de Chile.

Pacheco, I; Zertuche, J; Chee, A.; Arroyo, E. 2002. Biomasa and potencial comercial utilization of *Ulva lactuca* (Chlorophyta, Ulvaceae)beds along the north-west coast of the Gulf of California. *Phycologia* 41 (22): 199-201.

Pearson, D. 1976. Técnicas de Laboratorio para Análisis de alimentos. Ed. Acribia. S.A. Zaragoza, ES, p. 67.

Peet, M. 2006. The metabolic syndrome, omega-3 fatty acids and inflammatory processes in relation to schizophrenia. Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids. 75 (4-5):323-327.

Peña, A. 2011. Uso potencial de la macroalga verde *Ulva clathrata* en el cultivo de camarón blanco *Litopenaeus vannamei*. Tesis Doctor en Ciencias con Especialidad en Biotecnología, MX, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas.

Pérez, J; Caraballo, A.; Millán, J. 1978. Harinas de algas marinas, *Ulva fasciata*, Follaje de yuca, *Manihot sculenta* y Alfalfa en dietas para aves. Agronomía Tropical. 28(3): 275-282.

Pérez, J; Guerra, J. 1978. Evaluación nutricional de las algas marinas, 4: La harina de macroalgas (*Ulva fasciata*) en la alimentación de ponedoras. Congreso Venezolano de Zootecnia., Cumaná (Venezuela)., 27-30 Set. 1978, p. 45.

Piber, E; Reis de Carvalho, P; Gonçalves, M; de Mendonça Junior, X. 2009. Egg's Enrichment: Utilization of fish oils and marine algae as sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids in hen's diet. Research Journal of Animal and Veterinary Sciences, 4: 45-54, 2009.

Piña, P; Ortega, M; Landeros, D. 1983. Contribución al estudio de la composición química del alga mexicana *Ulva fasciata* Delile. An Inst Biol. Serie Botánica, UNAM. 1983;54:243-246.

Plaza, M; Cifuentes, A; Ibanez, E. 2008. In the search of new functional food ingredients from algae and microalgae. Trends Food Science Technology 19; 31-39.

Politi, L; Rotstein, N; Carri, N. 2001. Effects of docosahexaenoic acid on retinal development: cellular and molecular aspects. Lipids 2001; 36: 927-35.

Popov, S; Marekov, N; Konaklieva, M; Panayotova, M; Dimitrova-Konaklieva, S. 1985. Sterols from some black sea ulvaceae. *Phytochemistry* 24:1987-1990.

Ramírez, J; Añorve, J; Contreras, E; Jaimez, J; Castañeda, A. 2010. Incorporación de ácidos grasos omega 3 en huevos de gallinas ponedoras a través de la suplementación con aceite de hígado de bacalao. Memorias XIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Jueves 26 y viernes 27 de mayo de 2011. Zacatecas, México.

Rimber, I. 2007. Why seaweeds. M.Sc Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University, Jln. Kampus Bahu, Manado 95115, Indonesia.

Rodríguez, D. 1999. Carotenoides y preparación de alimentos: La retención de los carotenoides provitamina A en alimentos preparados, procesados y almacenados (en línea). Departamento de Ciencias de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas. Brasil. Consultado 18 jul. 2014. Disponible en <http://www.inta.cl/latinfoods/texto%20final%20completo%20con%20tapas%20.pdf>

Rodríguez, R. 2000. Manejo de alternativas alimenticias para aves de postura destinadas a la obtención de huevos con bajo contenido de colesterol. Tesis de Doctorado en Ciencias Pecuarias, MX, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Colima.

Rodríguez, M; Valdés, O; Concepción, A; Hernández, I; Rodríguez, J. 2002. Extracto del alga *Ulva fasciata* evaluado para uso cosmetológico. *Rev. Cubana de Farmacia* 36 Supl. Esp. No. 2 109-112.

Ronayne, P. 2000. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. *Arch. argent. pediatr* 2000; 98(4): 231

Sefer, D; Andonov, A; Šobajić, S; Marković, R; Radulović, S; Jakić-Dimić, D y Petrujkić, B. 2011. Effects of feeding laying hens diets supplemented with omega 3 fatty acids on the egg fatty acid profile. *Biotechnology in Animal Husbandry* 27 (3), p. 679-686.

Shields, R; Lupatsch, I. 2012. Algae for aquaculture and animal feeds (en línea). Swansea University, UK. Centre for Sustainable Aquatic Research. Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 21. Jg., Heft 1, Juli 2012. Consultado 25 jul. 2014. Disponible en http://www.tatup-journal.de/downloads/2012/tatup121_shlu12a.pdf

Siddhanta, A; Goswami, A; Shanmugam, M; Mody, K; Ramavat, B. 2002. Sterols from marine green algae of Indian waters. *J. Indian Chem Soc.*, 79:294-297.

Simopoulos, A. 1991. Omega 3 fatty acids and health and disease and in growth and development . *Am. J. Clin. Nut.* 54: 438 – 463.

Simopoulos, A. 1999. “Essential fatty acids in health and chronic disease”. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 70 (suppl): 560S-569S.

Simopoulos, A; Leaf, A; Salem, N. 1999. Essentiality and recommended dietary intakes of omega-6 and omega-3 fatty acids. *Ann Nutr Metab* 1999; 43: 127-30.

Simopoulos, A. 2000. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poult. Sci.* 79:961-970.

Simopoulos, A. 2002. "The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids". Dossier: Polyunsaturated fatty acids in biology and diseases. *Biomedecine & Pharmacotherapy*, Volume 56, Issue 8, October 2002, p. 365-379.

Siscovick, D; Raghunathan, T; King, I; Weinman, S. 1996. Dietary intake and cell membrane levels of chain n-3 polyinsaturated fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. *J. Am. Med. Assoc.* 274:1363-1367.

Strand, A., Herstad, O, Liaaen-Jensen, S. 1998. Fucoxanthin metabolites in egg yolks of laying hens. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.*, 119(4), 963-974.

Sugino, H; Nitoda, T; Juneja, L. 1997. General chemical composition of hen eggs. Hen eggs, their basic and applied science. Yamamoto, T., Juneja, L. R., Hatta, H., Kim, M., eds. CRC Press.13–24.

Sumarriva, L. 1985. Evaluación química y nutricional de algas de mayor consumo en el Perú. Tesis de Maestría, PE, Universidad Nacional Agraria de la Molina.

Surai, P; MacPherson, A; Speake, B; Sparks, N. 2000. Designer egg evaluation in a controlled trial. Eur. J. Clin. Nutr. 54, 298-305.

Suzuki, H; Morikawa, Y; Takahashi, H. 2001. Effect of DHA oil supplementation on intelligence and visual acuity in the elderly. World Rev Nutr Diet.88:68-71.

Torres, D. 1991. Caracterización del alga Lechuga de Mar (*Ulva fasciata*), deshidratada por aire caliente y por rodillo. Tesis Ing. en Industrias Alimentarias, PE, UNALM. 97 p.

Uauy, R.; Valenzuela, A. 2000. Marine oils: Health benefits of n-3 fatty acids. Nutrition 2000; 16: 680-4. *Ulva lactuca* (Chlorophyta, Ulvales) in Hong Kong intertidal waters - its nitrogen and phosphorous contents and its use as a bioindicator of eutrophication. Asian Marine Biology 4 (1987): 97-102.

USDA (United States Department of Agriculture). 2003. China, Peoples Republic of FAIRS Product Specific Marine Algae and Algae Products - DRAFT FOR COMMENTS. Foreign Agricultural Service . GAIN Report #CH3051.

USDA (United States Department of Agriculture). 2013. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 26. Food Group: 01 Dairy and Egg Products. NDB N° 1123, 1124 y 1125 (en línea). Consultado 18 ag. 2014. Disponible en <https://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/SR26/reports/sr26fg01.pdf>

Valdés, O. 1996. Obtención y caracterización de los ficocoloides de algas Rhodophytas tropicales para su uso como aditivo en la industria alimentaria cubana. Tesis Mag. Sc. en Ciencias y Tecnología de los Alimentos, Universidad de la Habana, CU, 61 p.

Valenzuela, A; Sanhueza, J; Garrido, A. 1999. Acidos grasos poliinsaturados de cadena larga n-3: cuando y por qué es necesaria la suplementación con estos ácidos grasos. Aceites y Grasas, p. 294-299.

Valenzuela, A; Nieto, S. 2001. Acido docosahexaenoico (DHA) en el desarrollo fetal y en la nutrición materno-infantil. Rev Med Chile 2001; 129: 1203-1211.

Van Campen, D. 1991. Trace elements in human nutrition pp. 663-701 . In Mortverdt , J.J. Cox, F.R., Shuman , L.M., and Welch , R.M. (Eds). Micronutrients in agriculture , Soil Science Society of America , Madison, WI.

Van der Spiegel, M; Noordam, MY; Van der Fels-Klerx, H. 2013. Safety of Novel Protein Sources (Insects, Microalgae, Seaweed, Duckweed, and Rapeseed) and Legislative Aspects for Their Application in Food and Feed Production. Article first published online: 15 OCT 2013. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12032/full>

Van Elswick, M. 1997. Manipulación en las raciones para aves de postura a fin de incrementar el valor nutrimental del huevo: Realidades sobre el valor nutrimental del huevo. México.

Van Ginneken, V; Helsper, J; Willem de Visser, W; Van Keulen, H; Brandenburg, W. 2011. Polyunsaturated fatty acids in various macroalgal species from north Atlantic and tropical seas (en línea). In: Lipids in Health and Disease 2011, 10:104 . Consultado 22 ab. 2014. Disponible en <http://www.lipidworld.com/content/10/1/104>

Vásquez, J; Guerra, N. 1996. The use of seaweed as bioindicators of natural and anthropogenic contaminants in northern Chile. *Hydrobiologia* 326/ 327. S.C. Lindstrom, D.T. Chapman (Eds.) 15th Int. Seaweed Symposium, Klower Acad. Publisher. Bélgica, p. 327- 333.

Ventura, M; Castanon, J; McNab, J. 1994. Nutritional value of seaweed (*Ulva rigida*) for poultry. *Animal Feed Science and Technology*, v. 49, p. 87-92.

Ventura, M; Castanon, J. 1998. The nutritive value of seaweed (*Ulva lactuca*) for goats. *Small ruminant Research*, v. 29, p. 325 – 327.

Vega y León, S; Gutiérrez, R; Coronado, M; Pérez, J y Ramírez, M. 2010. Adición de aceite de Chía (*Salvia hispánica*) como fuente de ácidos grasos omega 3 en chorizo. En el libro “Avances en la investigación de la alimentación funcional”, Anexo: I Jornada Cyted Iberoforum sobre Alimentación – Salud. México 2010, p. 101 – 108.

Vinoj, V; Kaladharan, P. 2007. Amino acids in the seaweeds as an alternate source of protein for animal feed. *Journal of the Marine Biological Association of India*, 49 (1): 35- 40, January - June 2007

Villanueva, C. 2006. Variabilidad temporal de la abundancia y diversidad de macroalgas en Playa Atenas, Bahía de Paracas, Pisco, durante el periodo de Setiembre 2004 – Agosto 2,005. Tesis para optar título de Ing. Pesquero. UNALM. 115 p.

Villares, R; Puente, X; Carballeira, A. 2002. Seasonal variation and background levels of heavy metals in two green seaweeds. *Environ. Pollut.* 119: 79–90.

Viteri, E. 2013. Huevos enriquecidos con omega 3 (en línea). Tesis para Lic. Nutrición, Universidad FASTA ([Fraternidad de agrupaciones Santo Tomás de aquino](http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/86/2013_n_307_L.pdf?sequence=1)), Facultad de Ciencias Médicas, Departamento de Metodología de la Investigación. Argentina. 100 p. Consultado 24 jul. 2014. Disponible en http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/86/2013_n_307_L.pdf?sequence=1

Wahbeh, M. 1997. Amino acid and fatty acid profiles of four species of macroalgae from Aqaba and their suitability for use in fish diets. *Aquaculture* 159:101-109.

Watkins, B; Elkin, R. 1992. Dietary modulation of oleic and stearic acids in egg yolks. *J. Food Comp Anal* 5, p. 209-215.

Weiss, L; Barret-Connor, E; Von Muhlen, D. 2005. Ratio of n-6 to n-3 fatty acids and bone mineral density in older adults: the Rancho Bernardo Study. *Am J Clin Nutr* 2005; v.81, p. 934-938.

Wikipedia, US. 2014. Bromo (en línea). San Francisco, US. Consultado 13/11/2014. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Bromo>

Wikipedia, US. 2014. Espectroscopía de absorción atómica (en línea). San Francisco, US. Consultado 15/11/2014. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica_\(AA\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Espectroscopia_de_absorci%C3%B3n_at%C3%B3mica_(AA))

Wishnat, S. 2013. The potential use of pelagic algae (*Sargassum sp.*) as supplement to animal nutrition in coastal regions of Costa Rica. A case study of smallholder egg production systems of the Atlantic coast. Master of Science Thesis. University of Hohenheim. Faculty of agricultural Sciences. Hohenheim. Nov. 2013.

WTO (World Trade Organization). 2011. NCHN/475/Suppl.1. Norma Nacional de Seguridad Alimentaria Las Algas y Sus Productos (Versión Borrador). GB 19643-XXXX (en línea). Consultado 18 Julio 2014. Disponible en https://members.wto.org/crnattachments/2011/sps/CHN/11_3422_00_st.pdf

VIII. ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS DE ANÁLISIS PROXIMAL Y MINERAL POR TIPO DE DIETA

TRATAMIENTO	ENVIO	HUM. (%)	PROT. (%)	GRASA (%)	CENIZA (%)	FIBRA (%)	CALCIO (%)	FÒSFORO (%)
Alimento control	1° envío	12.66	15.80	3.63	8.99	2.45	4.19	0.45
	2° envío	12.42	15.94	3.49	10.22	1.91	4.48	0.48
	3° envío	12.26	16.64	3.66	9.99	2.02	4.70	0.58
	4° envío	12.41	16.34	3.50	9.70	3.05	4.02	0.53
	5° envío	12.26	16.69	3.58	9.34	1.55	---	---
PROMEDIO		12.40	16.28	3.57	9.65	2.20	4.35	0.51
DESV. STD.		0.16	0.40	0.08	0.49	0.58	0.30	0.06
Alimento con 5% de inclusión de Hna. <i>Ulva spp.</i>	1° envío	12.21	17.62	4.16	10.19	2.36	4.40	0.43
	2° envío	12.23	15.85	4.58	11.05	2.63	4.20	0.52
	3° envío	12.43	15.64	4.07	9.25	2.38	4.14	0.47
	4° envío	11.90	16.41	4.00	11.34	1.69	4.26	0.47
	5° envío	12.06	15.55	4.11	9.31	2.60	---	---
PROMEDIO		12.17	16.21	4.18	10.23	2.33	4.25	0.47
DESV. STD.		0.20	0.85	0.23	0.96	0.38	0.11	0.04

TTO.	ENVIO	AFLAT	T2	DON	ZEAR.	OCRAT.	FUMONIS.	HONGOS	SALMON.
------	-------	-------	----	-----	-------	--------	----------	--------	---------

		(ppb)	(ppb)	(ppm)	(ppb)	(ppb)	(ppm)	(UFC/g)	(por 25 g)
Alimento control	1° envío	0.2	4.5	0.2	67.0	4.1	3.3	180,000	Neg.
	2° envío	2.9	12.4	0.1	77.7	1.1	2.9	90,000	Neg.
	3° envío	4.1	6.8	0.2	77.0	1.4	3.2	62,000	Neg.
	4° envío	0.2	8.5	0.1	110.0	3.4	4.2	50,000 (6,000 Asp.)	Neg.
	5° envío	2.0	5.0	0.1	59.5	2.5	2.3	60,000	Neg.
PROMEDIO		1.9	7.4	0.1	78.2	2.5	3.2	98,000.00	---
DESV. STD.		1.7	3.2	0.1	19.3	1.3	0.7	---	---
Alimento con 5% de inclusión de Hna. <i>Ulva sp.</i>	1° envío	0.6	8.3	0.2	64.1	2.2	3.0	70,000	Neg.
	2° envío	2.4	11.8	0.2	99.3	1.6	2.1	85,000	Neg.
	3° envío	1.6	11.9	0.1	69.7	3.6	2.7	45,000	Neg.
	4° envío	0.8	12.8	0.1	112.2	3.1	2.5	40,000	Neg.
	5° envío	0.0	7.7	0.2	68.3	1.9	2.0	53,000	Neg.
PROMEDIO		1.1	10.5	0.2	82.7	2.5	2.5	58,600	---
DESV. STD.		0.9	2.3	0.1	21.6	0.8	0.4	---	---

ANEXO 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE MICOTOXINAS, HONGOS Y SALMONELLA POR TIPO DE DIETA

ANEXO 3. MINERALES EN HUEVO

ANEXO 3.1 RESULTADOS DE MINERALES EN CLARA Y YEMA DE HUEVO, POR TRATAMIENTO Y POR SEMANA (mg/kg.)

Elemento	Unidad	CLARA DE HUEVO						
		Dieta control Sem. 0	Dieta control Sem. 2	Dieta experim. Sem. 2	Dieta control Sem. 4	Dieta experim. Sem. 4	Dieta control Sem. 6	Dieta experim. Sem. 6
Na	mg/kg	1760	1793	1850	1800	1811	1910	1928
Cl	mg/kg	1650	1632	1924	1690	1845	1706	1880
K	mg/kg	1370	1740	1230	1392	1330	1293	1380
Mg	mg/kg	104	106	114	130	110.8	100	98.7
Br	mg/kg	3.1	3.4	7.1	3.428	6.43	3.5	6.03
Rb	mg/kg	0.916	0.83	0.86	0.852	0.932	0.956	0.93
Cu	mg/kg	0.217	0.18	0.218	0.2	0.22	0.275	0.332
Se	mg/kg	0.127	0.102	0.115	0.102	0.092	0.095	0.09
Zn	mg/kg	0.044	0.038	0.035	0.028	0.016	0.028	0.025
Pb	µg/kg	< 0.06	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		YEMA DE HUEVO						
Cl	mg/kg	1844	1783	1640	1710	1680	1748	1730
Ca	mg/kg	1471	1280	1170	1380	1300	1160	1284
K	mg/kg	1150	1189	1255	1230	1090	1081	1340
Na	mg/kg	537	579	514	438	435	582	607
Mg	mg/kg	138	122.2	122.3	119	140	113	128
Fe	mg/kg	55.1	58.10	67.50	57.70	56.20	49.70	59.30
Zn	mg/kg	33.2	37.2	35.8	38.24	37.8	33.3	37.8
Br	mg/kg	3.173	4.00	6.834	3.76	6.66	3.88	6.21
Al	mg/kg	2.89	2.72	2.38	2.40	3.39	3.23	3.47
I	mg/kg	1.72	1.67	2.9	1.05	3	1.49	1.93
Cu	mg/kg	1.551	1.6	1.397	1.66	1.546	1.428	1.457
Mn	mg/kg	1.249	1.11	0.597	0.68	0.81	0.97	0.683
Rb	mg/kg	0.547	0.584	0.76	0.55	0.68	0.68	0.61
Se	mg/kg	0.463	0.501	0.54	0.474	0.477	0.525	0.486
Hg	mg/kg	0.011	ND	ND	ND	< 0.030	ND	ND
Pb	µg/kg	< 0.060	< 0.06	< 0.06	< 0.060	< 0.060	< 0.06	< 0.060
Co	mg/kg	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.005

ANEXO 3.2 CONTENIDO MINERAL POR CLARA DE HUEVO, POR TIPO DE DIETA Y POR SEMANA

Elemento	Unidad	CLARA DE HUEVO						
		Dieta control Sem. 0	Dieta control Sem. 2	Dieta experim. Sem. 2	Dieta control Sem. 4	Dieta experim. Sem. 4	Dieta control Sem. 6	Dieta experim. Sem. 6
Na	mg/clara huevo	47.59	53.07	58.87	52.40	54.67	76.40	76.89
Cl	mg/clara huevo	44.62	48.31	61.22	49.20	55.70	68.24	74.97
K	mg/clara huevo	37.04	51.50	39.14	40.52	40.15	51.72	55.03
Mg	mg/clara huevo	2.81	3.14	3.63	3.78	3.35	4.00	3.94
Br	mg/clara huevo	0.08	0.10	0.23	0.10	0.19	0.14	0.24
Rb	mg/clara huevo	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04
Cu	mg/clara huevo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

ANEXO 3.3 CONTENIDO MINERAL POR YEMA DE HUEVO, SEGÚN TIPO DE DIETA Y POR SEMANA

Elemento	Unidad	YEMA DE HUEVO						
		Dieta control Sem. 0	Dieta control Sem. 2	Dieta experim. Sem. 2	Dieta control Sem. 4	Dieta experim. Sem. 4	Dieta control Sem. 6	Dieta experim. Sem. 6
Cl	mg/yema huevo	21.56	26.82	24.62	24.45	24.81	26.59	25.97
Ca	mg/yema huevo	17.20	19.25	17.56	19.73	19.20	17.64	19.27
K	mg/yema huevo	13.44	17.88	18.84	17.59	16.10	16.44	20.11
Na	mg/yema huevo	6.28	8.71	7.72	6.26	6.42	8.85	9.11
Mg	mg/yema huevo	1.61	1.84	1.84	1.70	2.07	1.72	1.92
Fe	mg/yema huevo	0.64	0.87	1.01	0.83	0.83	0.76	0.89
Zn	mg/yema huevo	0.39	0.56	0.54	0.55	0.56	0.51	0.57
Br	mg/yema huevo	0.04	0.06	0.10	0.05	0.10	0.06	0.09
Al	mg/yema huevo	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05
I	mg/yema huevo	0.02	0.03	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03
Cu	mg/yema huevo	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Mn	mg/yema huevo	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Rb	mg/yema huevo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Se	mg/yema huevo	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

ANEXO 4. ÁCIDOS GRASOS EN HUEVO

ANEXO 4.1 RESULTADOS DE ÁCIDOS GRASOS (g./ 100 gs. HUEVOS (PORCIÓN COMESTIBLE) / TRATAMIENTO / SEMANA

COMPONENTE	Sem. 0 (control)	Sem. 2		Sem. 4		Sem. 6	
		X (0% algas)	Y (5% algas)	X (0% algas)	Y (5% algas)	X (0% algas)	Y (5% algas)
Mirístico 14:0 (%)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Palmitico 16:0 (%)	1.81	2.22	2.18	2.24	2.04	1.71	1.70
Esteárico 18:0 (%)	0.69	0.77	0.87	0.79	0.79	0.63	0.63
Saturados total (%)	2.54	3.03	3.08	3.06	2.86	2.37	2.35
Palmitoléico 16:1 (%)	0.15	0.27	0.19	0.26	0.20	0.14	0.16
Linoléico 18:3 W3 (%)	0.03	0.03	0.10	0.03	0.07	0.06	0.05
Docosapentaenoico 22:5 W3 (%)	ND	0.00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.03
Docosahexaenoico 22:6 W3 (%)	0.06	0.07	0.10	0.10	0.16	0.08	0.11
Omega 3 Total (%)	0.09	0.10	0.22	0.13	0.26	0.14	0.19
Linoléico 18:3 W4 (%)	N.D.	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
hexadecatrienoico 16:3 W4 (%)	N.D.	0.00	N.D.	0.00	0.00	0.03	0.00
Omega 4 Total (%)	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00
Linoléico 18:2 W6 (%)	1.45	1.41	1.89	1.55	1.48	1.60	1.37
Eicosadienoico 20:2 W6 (%)	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03
Eicosatrienoico 20:3 W6 (%)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Araquidónico 20:4 W6 (%)	0.18	0.20	0.26	0.23	0.23	0.17	0.16
Docosatetraenoico 22:4 W6 (%)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Docosapentaenoico 22:5 W6 (%)	0.06	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.03
Omega 6 Total (%)	1.78	1.75	2.21	1.84	1.84	1.87	1.64
Oléico 18:1 W7 (%)	0.12	0.17	0.16	0.16	0.13	0.14	0.11
Omega 7 Total (%)	0.12	0.17	0.16	0.16	0.13	0.14	0.11
Oléico 18:1 W9 (%)	2.81	3.57	3.04	3.33	2.83	2.53	2.63
Eicosenoico 20:1 W9 (%)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Omega 9 Total (%)	2.84	3.60	3.08	3.36	2.86	2.56	2.65
DHA (%)	0.06	0.07	0.10	0.10	0.16	0.08	0.11
EPA + DHA (%)	0.06	0.07	0.10	0.10	0.16	0.08	0.11
Saturados (%)	2.54	3.03	3.08	3.06	2.86	2.37	2.35
Monoinsaturados (%)	3.11	4.04	3.43	3.79	3.19	2.84	2.93
Poliinsaturados (%)	1.87	1.85	2.47	1.98	2.10	2.04	1.83

**ANEXO 4.2 RESULTADOS DE ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS EN HUEVO
(g./100 g. huevo)**

ACIDOS GRASOS INSATURADOS	Sem. 0 (control)	Sem. 2 X (0% algas)	Sem. 2 Y (5% algas)	Sem. 4 X (0% algas)	Sem. 4 Y (5% algas)	Sem. 6 X (0% algas)	Sem. 6 Y (5% algas)
DHA	0.023	0.030	0.045	0.043	0.074	0.046	0.060
EPA + DHA	0.023	0.030	0.045	0.043	0.074	0.046	0.060
Docosapentaenoico 22:5 W3 (DPA)	0.000	0.000	0.015	0.000	0.015	0.000	0.015
Linolénico 18:3 n-3	0.012	0.015	0.045	0.014	0.030	0.030	0.030
Omega 3 Total	0.035	0.045	0.105	0.057	0.118	0.076	0.105
Linoléico 18:2 n-6	0.561	0.632	0.886	0.672	0.665	0.882	0.751
Eicosadienoico 20:2 n-6	0.012	0.015	0.000	0.000	0.015	0.015	0.015
Eicosatrienoico 20:3 n-6	0.012	0.015	0.015	0.014	0.015	0.015	0.015
Araquidónico 20:4 n-6	0.070	0.090	0.120	0.100	0.103	0.091	0.090
Docosatetraenoico 22:4 n-6	0.012	0.015	0.015	0.014	0.015	0.015	0.015
Docosapentaenoico 22:5 n-6	0.023	0.015	0.000	0.000	0.015	0.015	0.015
Omega 6 Total	0.690	0.782	1.036	0.801	0.827	1.034	0.901
n-6:n-3	20:1	17:1	10:1	14:1	7:1	14:1	9:1
Oléico 18:1 n-7	0.047	0.075	0.075	0.072	0.059	0.076	0.060
Oléico 18:1 n-9	1.087	1.594	1.426	1.444	1.270	1.399	1.441
Eicosenoico 20:1 n-9	0.012	0.015	0.015	0.014	0.015	0.015	0.015
Omega 9 Total	1.099	1.609	1.441	1.459	1.285	1.415	1.456

ANEXO 5. PESO DEL HUEVO Y SUS PARTES

ANEXO 5.1 PESO DEL HUEVO ENTERO, POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	PESO HUEVO ENTERO (g) - CLARA + YEMA + CÁSCARA						
	Sem. 27 (Sem. 0)	Sem. 28 (Sem. 1)	Sem. 29 (Sem. 2)	Sem. 30 (Sem. 3)	Sem. 31 (Sem. 4)	Sem. 32 (Sem. 5)	Sem. 33 (Sem. 6)
Dieta control	48.75	50.8	53.6	53.8	48.22	57.59	57.2
	47.78	46.01	51.03	50.4	52.19	62.55	56.21
	40.35	52.08	53.45	58.86	53.82	59.9	64.25
	---	48.93	51	57.11	46.54	61.86	63.66
	---	50.62	48.72	52.05	50.21	59.81	61.74
	---	48.97	51	51.06	48.63	59.15	62.18
	---	---	---	---	---	58.5	---
	---	---	---	---	---	61.22	---
	---	---	---	---	---	63.47	---
PROMEDIO	---	49.57	51.47	53.88	49.94	60.45	60.87
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	51.18	49.98	58.27	50.5	46.9	58.14	62.81
	43.75	56.06	49.93	53.56	52.68	63.35	61.75
	41.09	46.1	49.95	57.65	53.15	57.55	65.63
	---	49.13	58.35	52.85	49.29	58.73	60.53
	---	42.87	54.18	46.92	57.35	59.49	52.84
	---	50.44	51.57	55.74	50.55	56.88	59.97
	---	---	---	---	---	57.77	---
	---	---	---	---	---	63.11	---
	---	---	---	---	---	60.49	---
PROMEDIO	45.48	49.1	53.71	52.87	51.65	59.5	60.59

ANEXO 5.2 PESO DE LA CLARA DE HUEVO, POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	PESO CLARA (g)						
	Sem. 27 (Sem. 0)	Sem. 28 (Sem. 1)	Sem. 29 (Sem. 2)	Sem. 30 (Sem. 3)	Sem. 31 (Sem. 4)	Sem. 32 (Sem. 5)	Sem. 33 (Sem. 6)
Dieta control	30.29	30.16	32.82	30.3	28.43	37.2	37.06
	29.79	25.4	28.35	30.82	29.25	39.48	36.56
	24.09	29.41	30.42	35.22	32.27	38.5	42.35
	---	28.22	29.55	32.56	27.32	41.24	41.66
	---	28.91	28.14	31.57	28.18	38.79	40.47
	---	27.95	28.34	31.27	29.22	38.29	41.87
	---	---	---	---	---	38.67	---
	---	---	---	---	---	39.27	---
	---	---	---	---	---	40.59	---
	PROMEDIO	---	28.34	29.6	31.96	29.11	39.11
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	30.59	29.3	35.14	30.94	24.87	37.67	42.16
	24.37	34.93	29.75	33.57	31.05	41.48	41.93
	23.1	25.08	28.65	34.33	31.07	37.33	41.27
	---	28.28	34.97	30.36	28.15	36.91	39.42
	---	23.79	32.53	26.66	37.14	37.23	34.05
	---	28.48	29.85	33.5	28.85	36.03	40.42
	---	---	---	---	---	36.65	---
	---	---	---	---	---	42.3	---
	---	---	---	---	---	40.5	---
	PROMEDIO	27.04	28.31	31.82	31.56	30.19	38.46

ANEXO 5.3 PESO DE LA YEMA DE HUEVO, POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	PESO YEMA (g)						
	Sem. 27 (Sem. 0)	Sem. 28 (Sem. 1)	Sem. 29 (Sem. 2)	Sem. 30 (Sem. 3)	Sem. 31 (Sem. 4)	Sem. 32 (Sem. 5)	Sem. 33 (Sem. 6)
Dieta control	11	13.89	13.99	17.38	12.76	14.59	14.26
	11.24	13.83	15.92	13.38	16.02	16.63	14.53
	10.56	16.27	15.94	16.9	14.96	15.37	15.66
	---	13.95	14.48	17.11	12.93	15.11	16.14
	---	14.63	13.98	14.64	15.95	15.08	15.63
	---	14.09	15.91	13.53	13.19	14.93	15.01
	---	---	---	---	---	14.43	---
	---	---	---	---	---	16.58	---
	---	---	---	---	---	16.92	---
PROMEDIO	---	14.44	15.04	15.49	14.3	15.52	15.21
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	13.25	13.92	15.6	13.23	15.7	14.87	14.8
	12.23	14.41	13.23	12.84	14.48	16.1	13.76
	11.85	15.17	14.44	16.3	15.06	14.73	18.15
	---	14.26	16.1	15.97	14.62	15.86	15.36
	---	13.69	15.34	14.24	14.19	16.48	13.64
	---	15.04	15.37	15.1	14.56	15.15	14.32
	---	---	---	---	---	15.56	---
	---	---	---	---	---	14.33	---
	---	---	---	---	---	14.21	---
PROMEDIO	11.69	14.42	15.01	14.61	14.77	15.25	15.01

ANEXO 5.4 PESO DE LA CÁSCARA DE HUEVO, POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO

TRATAMIENTO	PESO CÁSCARA (g)						
	Sem. 27 (Sem. 0)	Sem. 28 (Sem. 1)	Sem. 29 (Sem. 2)	Sem. 30 (Sem. 3)	Sem. 31 (Sem. 4)	Sem. 32 (Sem. 5)	Sem. 33 (Sem. 6)
Dieta control	7.46	6.75	6.79	6.12	7.03	5.8	5.88
	6.75	6.78	6.76	6.2	6.92	6.44	5.12
	5.7	6.4	7.09	6.74	6.59	6.03	6.24
	---	6.76	6.97	7.44	6.29	5.51	5.86
	---	7.08	6.6	5.84	6.08	5.94	5.64
	---	6.93	6.75	6.26	6.22	5.93	5.3
	---	---	---	---	---	5.4	---
	---	---	---	---	---	5.37	---
	---	---	---	---	---	5.96	---
PROMEDIO	---	6.78	6.83	6.43	6.52	5.82	5.67
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	7.34	6.76	7.53	6.33	6.33	5.6	5.85
	7.15	6.72	6.95	7.15	7.15	5.77	6.06
	6.14	5.85	6.86	7.02	7.02	5.49	6.21
	---	6.59	7.28	6.52	6.52	5.96	5.75
	---	5.39	6.31	6.02	6.02	5.78	5.15
	---	6.92	6.35	7.14	7.14	5.7	5.23
	---	---	---	---	---	5.56	---
	---	---	---	---	---	6.48	---

	---	---	---	---	---	5.78	---
PROMEDIO	6.76	6.37	6.88	6.7	6.7	5.79	5.71

ANEXO 6. RESULTADOS DE LA COLORACIÓN DE YEMA

TRATAMIENTO	Coloración de la yema (Escala de Roche)		
	Sem. 2	Sem. 4	Sem. 6
Dieta control	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	10.00	10.00
	8.00	9.00	11.00
	8.00	9.00	9.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	8.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	10.00
	8.00	9.00	11.00
Dieta experimental (con 5% de harina de Ulva spp.)	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	10.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	11.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
	10.00	11.00	12.00
10.00	11.00	12.00	
10.00	11.00	12.00	
10.00	11.00	12.00	

ANEXO 7. FORMATO PARA PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO				
Nombre del panelista _____		Fecha _____		
Producto _____				
Tomar 1/2 o 1/3 del producto en la boca, proceder a la degustación e indicar la intensidad de las muestras. Volver a repetir la evaluación si cree necesario. En cada degustación, no se olvide de tomar un sorbo de agua para neutralizar el sabor. Empezar con la siguiente muestra.				4 Espectacular 3 Me gusta mucho 2 Me gusta 1 No me gusta
OBSERVACIONES: Indique usted el (los) atributo (s) más relevante que haya encontrado e indicar el motivo del puntaje que le asignó.				
MUESTRA ATRIBUTO	CÓDIGO PRODUCTO		CÓDIGO PRODUCTO	
	PUNTAJE	POR QUE?	PUNTAJE	POR QUE?
Color				
Olor				
Sabor				
Nivel de sal				
Viscosidad de la clara				
Textura				
Apariencia general				
<i>NOTA: Para el caso de huevo cocido y frito aplica textura y para el crudo viscosidad.</i>				

ANEXO 8: PARÁMETROS PRODUCTIVOS
ANEXO 8.1 PESO DE LAS AVES, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Peso promedio de las aves (g)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1R1	1,720	1,714	1,722	1,700	1,736	1,748
	T1R2	1,649	1,672	1,705	1,700	1,725	1,753
	T1R3	1,740	1,716	1,720	1,740	1,820	1,840
	T1R4	1,755	1,738	1,735	1,743	1,720	1,740
	T1R5	1,710	1,704	1,711	1,701	1,715	1,760
	T1R6	1,844	1,800	1,806	1,814	1,735	1,740
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	1,689	1,718	1,731	1,729	1,749	1,790
	T2R2	1,798	1,769	1,765	1,770	1,760	1,780
	T2R3	1,708	1,723	1,736	1,726	1,860	1,846
	T2R4	1,831	1,843	1,840	1,845	1,798	1,729
	T2R5	1,777	1,765	1,768	1,770	1,790	1,800
	T2R6	1,830	1,843	1,839	1,851	1,815	1,760

ANEXO 8.2 CONSUMO DE ALIMENTO, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Consumo promedio alimento (kg)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1 R1	23.10	25.15	23.34	23.34	23.34	23.34
	T1R2	23.10	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
	T1 R3	23.10	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
	T1R4	23.10	25.15	23.34	23.34	23.34	23.34
	T1 R5	23.70	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
	T1R6	23.90	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	23.10	25.15	23.34	23.34	23.34	23.33
	T2R2	23.10	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
	T2R3	23.10	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
	T2R4	23.10	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
	T2R5	23.70	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33

	T2R6	23.90	25.15	23.33	23.33	23.33	23.33
--	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ANEXO 8.3 CONVERSIÓN ALIMENTICIA POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Conversión alimenticia (semanal)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1 R1	2.46	2.46	2.41	2.44	2.38	2.35
	T1R2	2.70	2.64	2.55	2.51	2.39	2.36
	T1 R3	2.37	2.45	2.31	2.30	2.26	2.21
	T1R4	2.55	2.60	2.43	2.49	2.39	2.31
	T1 R5	2.50	2.64	2.55	2.54	2.44	2.35
	T1R6	2.60	2.60	2.53	2.54	2.42	2.35
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva</i> <i>spp.</i>)	T2R1	2.58	2.42	2.41	2.47	2.41	2.33
	T2R2	2.17	2.41	2.36	2.37	2.28	2.24
	T2R3	2.64	2.64	2.43	2.41	2.36	2.28
	T2R4	2.63	2.46	2.42	2.46	2.38	2.32
	T2R5	3.00	2.74	2.69	2.54	2.44	2.43
	T2R6	2.52	2.57	2.47	2.48	2.39	2.34

ANEXO 8.4 PRODUCCIÓN DE HUEVOS (%), POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Porcentaje de producción de huevos / sem.					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1 R1	94.39	96.94	95.92	97.96	94.39	93.88
	T1R2	94.90	97.45	98.98	94.90	95.92	94.39
	T1 R3	95.41	95.41	97.96	96.43	93.88	93.88
	T1R4	94.39	95.41	97.45	94.39	93.88	95.41
	T1 R5	95.41	94.90	95.92	94.39	94.39	97.45
	T1R6	95.92	96.43	97.96	94.39	95.41	94.39

Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	91.33	96.43	98.47	94.90	93.88	95.41
	T2R2	96.94	95.41	97.96	94.90	94.39	94.90
	T2R3	96.94	96.94	99.49	95.41	93.88	94.39
	T2R4	91.33	94.39	96.94	93.37	95.92	94.90
	T2R5	93.88	93.88	97.96	95.41	94.90	94.90
	T2R6	95.92	94.90	93.37	94.39	94.39	94.39

ANEXO 8.5 HUEVOS POR GALLINA, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Número de huevos por gallina (semanal)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1 R1	6.61	6.79	6.71	6.86	6.61	6.57
	T1R2	6.64	6.82	6.93	6.64	6.71	6.61
	T1 R3	6.68	6.68	6.86	6.75	6.57	6.57
	T1R4	6.61	6.68	6.82	6.61	6.57	6.68
	T1 R5	6.68	6.64	6.71	6.61	6.61	6.82
	T1R6	6.71	6.75	6.86	6.61	6.68	6.61
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	6.39	6.75	6.89	6.64	6.57	6.68
	T2R2	6.79	6.68	6.86	6.64	6.61	6.64
	T2R3	6.79	6.79	6.96	6.68	6.57	6.61
	T2R4	6.39	6.61	6.79	6.54	6.71	6.89
	T2R5	6.57	6.57	6.86	6.68	6.64	6.64
	T2R6	6.71	6.64	6.54	6.61	6.61	6.61

ANEXO 8.6 HUEVOS QUIÑADOS (%) POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Huevos quiñados (%)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1 R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00
	T1R2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54

	T1 R3	0.00	0.00	0.52	0.00	0.00	0.00
	T1R4	0.54	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00
	T1 R5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T1R6	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
	T2R2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO 8.7 HUEVOS PÁLIDOS (%), POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Huevo pálido (%)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1 R1	0.54	0.00	0.00	0.00	0.54	0.54
	T1R2	3.23	0.52	0.00	0.00	0.53	0.54
	T1 R3	0.53	0.53	0.00	0.53	0.54	0.54
	T1R4	2.70	0.53	0.00	0.00	0.54	0.53
	T1 R5	1.60	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00
	T1R6	0.53	0.53	0.00	0.00	0.53	0.54
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	0.56	0.53	0.00	0.00	0.00	0.53
	T2R2	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00	0.00
	T2R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R4	0.56	0.54	0.00	2.19	0.00	0.54
	T2R5	0.54	0.54	0.00	0.00	0.00	0.54
	T2R6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.54	0.00

ANEXO 8.8 MASA HUEVOS POR GALLINA, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Masa de huevos (Kg-semanales /gallina)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1 R1	0.336	0.364	0.361	0.331	0.382	0.376
	T1R2	0.306	0.348	0.349	0.347	0.420	0.371
	T1 R3	0.348	0.357	0.404	0.363	0.394	0.422
	T1R4	0.323	0.341	0.390	0.307	0.407	0.425
	T1 R5	0.338	0.324	0.349	0.332	0.395	0.421
	T1R6	0.329	0.344	0.350	0.321	0.409	0.411
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	0.320	0.393	0.348	0.312	0.382	0.419
	T2R2	0.380	0.333	0.367	0.350	0.419	0.410
	T2R3	0.313	0.339	0.401	0.355	0.378	0.434
	T2R4	0.314	0.466	0.359	0.322	0.394	0.417
	T2R5	0.282	0.356	0.322	0.383	0.395	0.351
	T2R6	0.339	0.343	0.364	0.334	0.400	0.396

Nota: Masa de huevos es el número de huevos por gallina / peso del huevo.

ANEXO 8.9 HUEVOS SUCIOS (%), POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Huevo sucio (%)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1 R1	1.62	0.53	1.06	0.00	1.08	1.09
	T1R2	0.54	2.09	1.03	2.15	0.53	1.08
	T1 R3	2.14	0.00	0.00	1.06	0.54	0.54
	T1R4	3.24	1.60	2.09	2.70	0.54	1.60
	T1 R5	2.14	1.08	0.53	0.54	1.08	1.05
	T1R6	0.53	1.06	1.04	3.24	0.53	1.08
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	3.35	2.12	2.59	2.15	0.54	1.60
	T2R2	4.21	1.60	2.60	1.08	1.62	0.54
	T2R3	1.05	1.58	0.00	2.67	0.54	1.62
	T2R4	2.23	1.08	0.00	1.64	0.53	0.54
	T2R5	0.54	1.09	1.56	2.67	1.08	0.54

	T2R6	1.06	2.15	2.73	0.54	0.54	1.08
--	------	------	------	------	------	------	------

ANEXO 8.10 HUEVOS COMERCIALES (%), POR SEMANA Y TRATAMIENTO

TRATAMIENTO		Huevo comercial (%)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1R1	96.22	99.47	98.94	100.00	97.84	98.37
	T1R2	95.70	97.38	98.97	97.85	98.94	97.84
	T1R3	97.33	99.47	99.48	97.35	98.91	98.91
	T1R4	92.97	97.86	97.91	96.76	98.91	97.86
	T1R5	95.72	98.92	99.47	99.46	98.38	98.95
	T1R6	98.40	97.88	98.96	96.76	98.93	98.38
Dieta experimental (con 5% de Hna. <i>Ulva</i> <i>spp.</i>)	T2R1	95.53	97.35	97.41	97.85	99.46	97.33
	T2R2	95.79	98.40	97.40	98.39	98.38	99.46
	T2R3	97.89	98.42	100.00	97.33	99.46	98.38
	T2R4	97.21	98.38	100.00	96.17	99.47	98.92
	T2R5	98.91	98.37	98.44	97.33	98.92	98.92
	T2R6	98.94	97.85	97.27	99.46	98.92	98.92

ANEXO 8.11 MORTALIDAD SEMANAL POR TRATAMIENTO (%)

TRATAMIENTO		Mortalidad semanal por tratamiento (%)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T1R2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T1R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T1R4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T1R5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T1R6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dieta experimental (con 5% de harina de <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.57
	T2R5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	T2R6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ANEXO 8.12 COSTO DEL ALIMENTO EN SOLES / KG. HUEVO / SEMANA

TRATAMIENTO		Costo del alimento en soles / kg. huevo (semanal)					
		Sem. 28	Sem. 29	Sem. 30	Sem. 31	Sem. 32	Sem. 33
Dieta control	T1R1	2.256	2.267	2.118	2.313	2.010	2.035
	T1R2	2.477	2.368	2.190	2.206	1.821	2.059
	T1R3	2.177	2.309	1.895	2.105	1.943	1.811
	T1R4	2.342	2.420	1.964	2.488	1.882	1.799
	T1R5	2.298	2.547	2.188	2.305	1.935	1.816
	T1R6	2.383	2.395	2.184	2.380	1.870	1.861
Dieta experimental (con 5% de harina de <i>Ulva spp.</i>)	T2R1	2.363	2.090	2.191	2.448	1.996	1.818
	T2R2	1.984	2.465	2.076	2.179	1.822	1.859
	T2R3	2.413	2.425	1.899	2.148	2.016	1.758
	T2R4	2.403	2.132	2.126	2.367	1.934	1.896
	T2R5	2.749	2.308	2.370	1.991	1.929	2.172
	T2R6	2.306	2.399	2.093	2.283	1.908	1.924

ANEXO 9: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MINERALES EN CLARA DE HUEVO

ANEXO 9.1 ANALISIS DEL NIVEL DE Na EN LA CLARA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Na (Clara) X, Na (Clara) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
--------	----	----	----	---	---

Factor	1	9.2	9.2	0.20	0.671
Error	6	278.1	46.4		
Total	7	287.4			

$$S = 6.81 \quad R\text{-cuad.} = 3.22\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 0.00\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de Na en la clara de Huevo, esto debido a que el p-value (0.671) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 9.2 ANALISIS DEL NIVEL DE CLORO EN LA CLARA DE HUEVO

ANOVA unidireccional: CL (Clara) X, CL (Clara) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	482.1	482.1	6.1	0.048
Error	6	473.9	79		
Total	7	955.9			

$$S = 8.89 \quad R\text{-cuad.} = 50.43\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 42.16\%$$

Según los resultados, se puede afirmar que *existe* diferencia significativa entre los tratamientos al evaluar el nivel de cloro en la clara de Huevo, esto debido a que el p-value (0.048) es menor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 9.3 ANÁLISIS DEL NIVEL DE K EN LA CLARA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: K (Clara) X, K (Clara) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	294	294	1.33	0.293
Error	6	1326	221		
Total	7	1620			

$$S = 14.87 \quad R\text{-cuad.} = 18.15\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 4.51\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de K en la clara de Huevo, esto debido a que el p-value (0.293) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 9.4 ANÁLISIS DEL NIVEL DE Mg EN LA CLARA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Mg (Clara) X, Mg (Clara) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.20	0.20	0.17	0.695
Error	6	6.93	1.16		
Total	7	7.13			

$$S = 1.075 \quad R\text{-cuad.} = 2.74\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 0.00\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de Mg en la clara de Huevo, esto debido a que el p-value (0.695) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 9.5 ANÁLISIS DEL NIVEL DE Br EN LA CLARA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Br (Clara) X, Br (Clara) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.1058	0.1058	6.77	0.041
Error	6	0.0938	0.0156		
Total	7	0.1996			

$$S = 0.1250 \quad R\text{-cuad.} = 53.01\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 45.17\%$$

Según los resultados, se puede afirmar que *existen* diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de Br en la clara de Huevo, esto debido a que el p-value (0.041) es menor al nivel de significancia de 0.05

ANEXO 9.6 ANÁLISIS DEL NIVEL DE Rb EN LA CLARA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Rb (Clara) X, Rb (Clara) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.0000696	0.0000696	1.14	0.328
Error	6	0.0003679	0.0000613		
Total	7	0.0004375			

$$S = 0.007831 \quad R\text{-cuad.} = 15.91\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 1.90\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamiento al evaluar el nivel de Rb en la clara de Huevo, esto debido a que el p-value (0.328) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 10.0 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE MINERALES EN YEMA DE HUEVO

10.1 ANALISIS DEL NIVEL DE Cl EN LA YEMA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Cl (Yema) X, Cl (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	45.6	45.6	0.83	0.399
Error	6	331.5	55.2		
Total	7	377.1			

S = 7.433 R-cuad. = 12.09% R-cuad.(ajustado) = 0.00%

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamiento al evaluar el nivel de Cl en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.399) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 10.2 ANÁLISIS DEL NIVEL DE Ca EN LA YEMA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Ca (Yema) X, Ca (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	5	5	0.03	0.862
Error	6	998	166		
Total	7	1004			

$$S = 12.9 \quad R\text{-cuad.} = 0.54\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 0.00\%$$

En consecuencia, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de Ca en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.862) es mayor al nivel de significancia de 0.05

ANEXO 10.3 ANÁLISIS DEL NIVEL DE K EN LA YEMA DEL HUEVO
ANOVA unidireccional: K (Yema) X, K (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	42.8	42.8	0.52	0.496
Error	6	489.8	81.6		
Total	7	532.5			

$$S = 9.035 \quad R\text{-cuad.} = 8.03\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 0.00\%$$

Según lo mostrado, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de K en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.496) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 10.4 ANÁLISIS DEL NIVEL DE Na EN LA YEMA DE HUEVO
ANOVA unidireccional: Na (Yema) X, Na (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	2.3	2.3	0.05	0.833
Error	6	286.3	47.7		
Total	7	288.6			

$$S = 6.908 \quad R\text{-cuad.} = 0.80\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 0.00\%$$

Según los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de Na en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.833) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 10.5 ANÁLISIS DEL NIVEL DE Fe EN LA YEMA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Fe (Yema) X, Fe (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.383	0.383	1.65	0.246
Error	6	1.392	0.232		
Total	7	1.775			

$$S = 0.4817 \quad R\text{-cuad.} = 21.57\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 8.50\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de Fe en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.246) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 10.6 ANÁLISIS DEL NIVEL DE Zn EN LA YEMA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Zn (Yema) X, Zn (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.0088	0.0088	0.15	0.710
Error	6	0.3480	0.0580		
Total	7	0.3568			

$$S = 0.2408 \quad R\text{-cuad.} = 2.48\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 0.00\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de Zn en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.710) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 10.7 ANÁLISIS DEL NIVEL DE Br EN LA YEMA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: Br (Yema) X, Br (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.0813	0.0813	5.27	0.061
Error	6	0.0926	0.0154		
Total	7	0.1738			

$$S = 0.1242 \quad R\text{-cuad.} = 46.76\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 37.88\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamiento al evaluar el nivel de Br en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.061) es mayor al nivel de significancia de 0.05

ANEXO 10.8 ANÁLISIS DEL NIVEL DE AL EN LA YEMA DE HUEVO

ANOVA unidireccional: Al (Yema) X, Al (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.00099	0.00099	0.53	0.495
Error	6	0.01124	0.00187		
Total	7	0.01223			

S = 0.04329 R-cuad. = 8.09% R-cuad.(ajustado) = 0.00%

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de AL en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.495) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 10.9 ANÁLISIS DEL NIVEL DE I EN LA YEMA DEL HUEVO

ANOVA unidireccional: I (Yema) X, I (Yema) Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.01638	0.01638	6.25	0.046
Error	6	0.01571	0.00262		
Total	7	0.03209			

S = 0.05118 R-cuad. = 51.04% R-cuad.(ajustado) = 42.88%

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que *existen* diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de I en la yema de Huevo, esto debido a que el p-value (0.046) es menor al nivel de significancia de 0.05

ANEXO 11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ÁCIDOS GRASOS EN HUEVO

ANEXO 11.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE N-3 EN YEMA HUEVO

Análisis de varianza: X_Omega 3, Y_Omega 3

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.1250	0.1250	4.29	0.084
Error	6	0.1750	0.0292		
Total	7	0.3000			

$$S = 0.1708 \quad R\text{-cuad.} = 41.67\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 31.94\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamiento al evaluar la concentración de Omega 3 en el Huevo, esto debido a que el p-value (0.084) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 11.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO NIVEL DE OMEGA 6 EN EL HUEVO

Análisis de varianza: X_Omega 6, Y_Omega 6

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.101	0.101	0.26	0.628
Error	6	2.327	0.388		

Total	7	2.429			
-------	---	-------	--	--	--

$$S = 0.6228 \quad R\text{-cuad.} = 4.17\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 0.00\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar la concentración de Omega 6 en el Huevo, esto debido a que el p-value (0.628) es mayor al nivel de significancia de 0.05

ANEXO 11.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE DHA EN EL HUEVO

Análisis de varianza: X_DHA, Y_DHA

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.0200	0.0200	2.00	0.207
Error	6	0.0600	0.0100		
Total	7	0.0800			

$$S = 0.1 \quad R\text{-cuad.} = 25.0\% \quad R\text{-cuad.}(\text{ajustado}) = 12.50\%$$

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de DHA en el Huevo, esto debido a que el p-value (0.207) es mayor al nivel de significancia de 0.05

ANEXO 11.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE DPA EN HUEVO

Análisis de varianza: Docosapentaenoico 22:5 W3_X, Docosapentaenoico 22:5 W3_Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.01125	0.01125	9.00	0.024
Error	6	0.00750	0.00125		
Total	7	0.01875			

S = 0.03536 R-cuad. = 60.00% R-cuad. (ajustado) = 53.33%

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que *existen* diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de Docosapentaenoico 22:5 W3 (%) en el huevo, esto debido a que el p-value (0.024) es menor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 11.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL NIVEL DE COLESTEROL EN HUEVO

Análisis de varianza: X_Colesterol, Y_Colesterol

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	723	723	0.35	0.573
Error	6	12230	2038		
Total	7	12953			

S = 45.15 R-cuad. = 5.58% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamiento al evaluar el nivel de colesterol (%) en el huevo, esto debido a que el p-value (0.573) es mayor al nivel de significancia de 0.05

ANEXO 11.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS EN YEMA DE HUEVO

Análisis de varianza: Saturados (%)_X, Saturados(%)_Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.000	0.000	0.00	1.000
Error	6	1.335	0.223		
Total	7	1.335			

S = 0.4717 R-cuad. = 0.00% R-cuad. (ajustado) = 0.00%

De acuerdo a los resultados, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de ácidos grasos saturados (%) en el huevo, esto debido a que el p-value (1.000) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

ANEXO 11.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS EN YEMA DE HUEVO

Análisis de varianza: Monoinsaturados (%)_X, Monoinsaturados(%)_Y

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Factor	1	0.911	0.911	1.89	0.219
Error	6	2.898	0.483		
Total	7	3.809			

S = 0.6949 R-cuad. = 23.93% R-cuad. (ajustado) = 11.25%

Según lo mostrado, se puede afirmar que no existen diferencias significativas entre los tratamientos al evaluar el nivel de ácidos grasos monoinsaturados (%) en el huevo, esto debido a que el p-value (0.219) es mayor al nivel de significancia de 0.05.

NOTA: No se efectuó el análisis estadístico de los datos de ácidos grasos poliinsaturados, dado que no hay diferencia entre resultados.

**ANEXO 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO SOBRE DEL HUEVO Y SUS PARTES
ANEXO 12.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, DEL PESO
DEL HUEVO (ENTERO), POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO**

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	49.57	49.10
Varianza	4.47	19.77
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	12.12
Grados de libertad	10
t	0.235
P(T<=t) dos colas	0.819

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	51.47	53.71
Varianza	3.33	15.11
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	9.22
Grados de libertad	10
t	-1.279
P(T<=t) dos colas	0.230

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	53.88	52.87
Varianza	11.73	14.52
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	13.12
Grados de libertad	10
t	0.483
P(T<=t) dos colas	0.640

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	49.94	51.65
Varianza	7.28	13.03
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	10.16
Grados de libertad	10
t	-0.934
P(T<=t) dos colas	0.372

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	60.45	59.50
Varianza	3.81	5.62
Observaciones	9	9

Varianza agrupada	4.71
Grados de libertad	16
t	0.927
P(T<=t) dos colas	0.368

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	60.87	60.59
Varianza	11.37	18.43
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	14.90
Grados de libertad	10
t	0.128
P(T<=t) dos colas	0.901

N.S.

ANEXO 12.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, DEL PESO DE LA CLARA, POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	28.34	28.31
Varianza	2.72	15.14
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	8.93
Grados de libertad	10
t	0.018
P(T<=t) dos colas	0.986

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	29.60	31.82
Varianza	3.26	7.93
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	5.60
Grados de libertad	10
t	-1.619
P(T<=t) dos colas	0.137

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	31.96	31.56
Varianza	3.13	8.26
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	5.70
Grados de libertad	10
t	0.288
P(T<=t) dos colas	0.779

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	29.11	30.19
Varianza	2.91	16.82
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	9.86
Grados de libertad	10
t	-0.594
P(T<=t) dos colas	0.566

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	39.11	38.46
Varianza	1.48	5.38
Observaciones	9	9

Varianza agrupada	3.43
Grados de libertad	16
t	0.755
P(T<=t) dos colas	0.461

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	40.00	39.88
Varianza	6.49	9.16
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	7.83
Grados de libertad	10
t	0.074
P(T<=t) dos colas	0.942

N.S.

**ANEXO 12.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, DEL PESO
DE LA YEMA, POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO**

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	14.44	14.42
Varianza	0.88	0.35
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.62
Grados de libertad	10
t	0.062
P(T<=t) dos colas	0.951

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	15.04	15.01
Varianza	0.98	1.05
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.01
Grados de libertad	10
t	0.040
P(T<=t) dos colas	0.969

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	15.49	14.61
Varianza	3.44	2.02
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	2.73
Grados de libertad	10
t	0.919
P(T<=t) dos colas	0.380

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	14.30	14.77
Varianza	2.32	0.29
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	6
t	-0.708
P(T<=t) dos colas	0.505

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	15.52	15.25
Varianza	0.89	0.63
Observaciones	9	9

Varianza agrupada	0.76
Grados de libertad	16
t	0.635
P(T<=t) dos colas	0.534

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	15.21	15.01
Varianza	0.53	2.79
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.66
Grados de libertad	10
t	0.269
P(T<=t) dos colas	0.793

N.S.

**ANEXO 12.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T,
DEL PESO DE LA CÁSCARA, POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO**

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.78	6.37
Varianza	0.05	0.37
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.21
Grados de libertad	10
t	1.551
P(T<=t) dos colas	0.152

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.83	6.88
Varianza	0.03	0.24
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	6
t	-0.252
P(T<=t) dos colas	0.810

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.43	6.70
Varianza	0.33	0.23
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.28
Grados de libertad	10
t	-0.866
P(T<=t) dos colas	0.407

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.52	6.70
Varianza	0.15	0.23
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.19
Grados de libertad	10
t	-0.697
P(T<=t) dos colas	0.502

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	5.82	5.79
Varianza	0.12	0.09
Observaciones	9	9

Varianza agrupada	0.10
Grados de libertad	16
t	0.191
P(T<=t) dos colas	0.851

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	5.67	5.71
Varianza	0.17	0.19
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.18
Grados de libertad	10
t	-0.144
P(T<=t) dos colas	0.889

N.S.

**ANEXO 12.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T,
DEL COLOR DE LA YEMA POR SEMANA Y POR TRATAMIENTO**

Semana 4

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	9.00	10.94
Varianza	0.12	0.06
Observaciones	18	18

Varianza agrupada	0.09
Grados de libertad	34
t	-19.820
P(T<=t) dos colas	0.000

S.

Semana 6

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	10.11	11.94
Varianza	0.22	0.06
Observaciones	18	18

Varianza agrupada	0.14
Grados de libertad	34
t	-14.760
P(T<=t) dos colas	0.000

S.

Nota: En la semana 2 todos los valores fueron iguales, se obvió el análisis estadístico.

**ANEXO 13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE
HUEVOS MEDIANTE LA PRUEBA DE WILCOXON**

ANEXO 13.1 PARA HUEVO CRUDO

Ho: Mediana = 0

H1: Mediana ≠ 0

Nivel de Probabilidad: 0.01%

COLOR	
N	10
N for test	8
Wilcoxon Statistic	4.0
P	0.059
Estimated Median	-0.7500
Nivel de Prob.	0,01%
No se rechaza Ho	

VISCOSIDAD CLARA	
N	10
N for test	9
Wilcoxon Statistic	4
P	0.033
Estimated Median	-1
No se rechaza Ho	

OLOR	
N	10
N for test	4
Wilcoxon Statistic	4
P	0.855
Estimated Median	0
No se rechaza Ho	

APARIENCIA GENERAL	
N	10
N for test	7
Wilcoxon Statistic	8
P	0.353
Estimated Median	-0.5
No se rechaza Ho	

No se rechaza la Ho, entonces las medianas son iguales (tratamientos iguales).

ANEXO 13.2 PARA HUEVO COCIDO

Ho: Mediana = 0

H1: Mediana \neq 0

Nivel de Probabilidad: 0.01%

SABOR	
	8
N for test	6
Wilcoxon Statistic	5
P	0.295
Estimated Median	-0.425
No se rechaza Ho	

NIVEL DE SAL	
N	8
N for test	4
Wilcoxon Statistic	1.5
P	0.273
Estimated Median	-0.5
No se rechaza Ho	

OLOR	
N	8
N for test	5
Wilcoxon Statistic	6
P	0.787
Estimated Median	0
No se rechaza Ho	

COLOR	
N	8
N for test	6
Wilcoxon Statistic	14
P	0.529
Estimated Median	0.3
No se rechaza Ho	

TEXTURA	
N	8
N for test	6
Wilcoxon Statistic	3.5
P	0.173
Estimated Median	-0.5

APARIENCIA GENERAL	
N	8
N for test	7
Wilcoxon Statistic	7
P	0.272
Estimated Median	-0.75

No se rechaza H_0

No se rechaza H_0

No se rechaza la H_0 , entonces las medianas son iguales (tratamientos iguales).

ANEXO 13.3 PARA HUEVO FRITO

H_0 : Mediana = 0

H_1 : Mediana \neq 0

Nivel de Probabilidad: 0.01%

SABOR	
N	10
N for test	7
Wilcoxon Statistic	3
P	0.076
Estimated Median	-0.5000
No se rechaza Ho	

OLOR	
N	10
N for test	5
Wilcoxon Statistic	12
P	0.281
Estimated Median	0.5000
No se rechaza Ho	

NIVEL DE SAL	
N	10
N for test	5
Wilcoxon Statistic	5
P	0.590
Estimated Median	0.0000
No se rechaza Ho	

COLOR	
N	10
N for test	6
Wilcoxon Statistic	8
P	0.675
Estimated Median	0.0000
No se rechaza Ho	

TEXTURA	
N	10
N for test	8
Wilcoxon Statistic	25
P	0.363
Estimated Median	0.4
No se rechaza Ho	

APARIENCIA GENERAL	
N	10
N for test	6
Wilcoxon Statistic	10.5
P	1
Estimated Median	0
No se rechaza Ho	

No se rechaza la Ho, entonces las medianas son iguales (tratamientos iguales).

ANEXO 14. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARÁMETROS PRODUCTIVOS AVES

ANEXO 14. 1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE PESO DE LAS AVES POR SEMANA Y TRATAMIENTO

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1736.33	1772.17
Varianza	4108.27	3706.17
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	3907.22
Grados de libertad	10
t	-0.993
P(T<=t) dos colas	0.344

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1724.00	1776.83
Varianza	1848.00	3063.37
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	2455.68
Grados de libertad	10
t	-1.847
P(T<=t) dos colas	0.095

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1733.17	1779.83
Varianza	1378.17	2357.37
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1867.77
Grados de libertad	10
t	-1.870
P(T<=t) dos colas	0.091

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1733.00	1781.83
Varianza	1982.40	2992.57
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	2487.48
Grados de libertad	10
t	-1.696
P(T<=t) dos colas	0.121

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1741.83	1795.33
Varianza	1534.17	1599.87
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1567.02
Grados de libertad	10
t	-2.341
P(T<=t) dos colas	0.041

S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1763.50	1784.17
Varianza	1463.90	1550.57
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1507.23
Grados de libertad	10
t	-0.922
P(T<=t) dos colas	0.378

N.S.

ANEXO 14.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE CONSUMO DE ALIMENTO, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	23.33	23.33
Varianza	0.13	0.13
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.13
Grados de libertad	10
t	0.000
P(T<=t) dos colas	1.000

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	23.33	23.33
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.354
P(T<=t) dos colas	0.731

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	23.33	23.33
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.354
P(T<=t) dos colas	0.731

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	23.33	23.33
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.354
P(T<=t) dos colas	0.731

N.S.

Nota: En las semanas 29 y 33, los valores de consumo de alimento fueron iguales para ambos tratamientos, por lo cual se anuló la prueba de homogeneidad de varianzas y la Prueba T correspondiente.

**ANEXO 14.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE
CONVERSIÓN ALIMENTICIA, POR SEMANA Y TRATAMIENTO**

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.53	2.59
Varianza	0.01	0.07
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.04
Grados de libertad	10
t	-0.504
P(T<=t) dos colas	0.625

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.56	2.54
Varianza	0.01	0.02
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.01
Grados de libertad	10
t	0.349
P(T<=t) dos colas	0.735

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.46	2.46
Varianza	0.01	0.01
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.01
Grados de libertad	10
t	-0.021
P(T<=t) dos colas	0.983

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.47	2.45
Varianza	0.01	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.01
Grados de libertad	10
t	0.394
P(T<=t) dos colas	0.702

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.38	2.38
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.122
P(T<=t) dos colas	0.905

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.32	2.32
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.007
P(T<=t) dos colas	0.995

N.S.

**ANEXO 14.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE
PRODUCCIÓN DE HUEVOS, POR SEMANA Y TRATAMIENTO**

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	95.07	94.39
Varianza	0.38	6.87
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	6
t	0.619
P(T<=t) dos colas	0.559

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	96.09	95.32
Varianza	1.01	1.40
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.20
Grados de libertad	10
t	1.209
P(T<=t) dos colas	0.254

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	97.36	97.36
Varianza	1.50	4.52
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	3.01
Grados de libertad	10
t	0.000
P(T<=t) dos colas	1.000

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	95.41	94.73
Varianza	2.19	0.59
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.39
Grados de libertad	10
t	1.000
P(T<=t) dos colas	0.341

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	94.64	94.56
Varianza	0.70	0.59
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.65
Grados de libertad	10
t	0.183
P(T<=t) dos colas	0.858

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	94.90	94.81
Varianza	1.87	0.15
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	6
t	0.146
P(T<=t) dos colas	0.888

N.S.

ANEXO 14.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE NÚMERO DE HUEVOS POR GALLINA, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.65	6.61
Varianza	0.00	0.03
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	6
t	0.619
P(T<=t) dos colas	0.559

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.73	6.67
Varianza	0.00	0.01
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.01
Grados de libertad	10
t	1.209
P(T<=t) dos colas	0.254

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.82	6.82
Varianza	0.01	0.02
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.01
Grados de libertad	10
t	0.000
P(T<=t) dos colas	1.000

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.68	6.63
Varianza	0.01	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.01
Grados de libertad	10
t	1.000
P(T<=t) dos colas	0.341

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.63	6.62
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.183
P(T<=t) dos colas	0.858

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	6.64	6.68
Varianza	0.01	0.01
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.01
Grados de libertad	10
t	-0.599
P(T<=t) dos colas	0.563

N.S.

ANEXO 14.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE MASA DE HUEVOS, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.33	0.32
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.363
P(T<=t) dos colas	0.724
	N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.35	0.37
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	6
t	-1.184
P(T<=t) dos colas	0.281
	N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.37	0.36
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.484
P(T<=t) dos colas	0.639
	N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.33	0.34
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	-0.690
P(T<=t) dos colas	0.506
	N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.40	0.39
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	0.793
P(T<=t) dos colas	0.446
	N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.40	0.40
Varianza	0.00	0.00
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.00
Grados de libertad	10
t	-0.008
P(T<=t) dos colas	0.993
	N.S.

ANEXO 14.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE HUEVO QUIÑADO, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

Durante todas las semanas (28 – 33), el número de huevos quiñados fue prácticamente igual para ambos tratamientos, por lo cual se anuló la prueba de homogeneidad de varianzas y la Prueba T correspondiente.

ANEXO 14.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE HUEVO SUCIO, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1.70	2.08
Varianza	1.10	2.13
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.61
Grados de libertad	10
t	-0.510
P(T<=t) dos colas	0.621

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1.06	1.60
Varianza	0.55	0.22
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.39
Grados de libertad	10
t	-1.511
P(T<=t) dos colas	0.162

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.96	1.58
Varianza	0.48	1.68
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.08
Grados de libertad	10
t	-1.035
P(T<=t) dos colas	0.325

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1.62	1.79
Varianza	1.64	0.76
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.20
Grados de libertad	10
t	-0.279
P(T<=t) dos colas	0.786

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.72	0.81
Varianza	0.08	0.20
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.14
Grados de libertad	10
t	-0.415
P(T<=t) dos colas	0.687

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1.07	0.99
Varianza	0.11	0.28
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.20
Grados de libertad	10
t	0.342
P(T<=t) dos colas	0.740

N.S.

**ANEXO 14.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE HUEVO
PÁLIDO, POR SEMANA Y TRATAMIENTO**

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1.52	0.28
Varianza	1.44	0.09
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	6
t	2.463
P(T<=t) dos colas	0.049

S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.35	0.27
Varianza	0.08	0.09
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.08
Grados de libertad	10
t	0.517
P(T<=t) dos colas	0.617

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.09	0.45
Varianza	0.05	0.77
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	6
t	-0.994
P(T<=t) dos colas	0.359

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.54	0.09
Varianza	0.00	0.05
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	---
Grados de libertad	5
t	4.983
P(T<=t) dos colas	0.004

S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	0.45	0.27
Varianza	0.05	0.09
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.07
Grados de libertad	10
t	1.214
P(T<=t) dos colas	0.253

N.S.

ANEXO 14.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO MEDIANTE PRUEBA T, SOBRE HUEVO COMERCIAL, POR SEMANA Y TRATAMIENTO

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	96.06	97.38
Varianza	3.38	2.20
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	2.79
Grados de libertad	10
t	-1.370
P(T<=t) dos colas	0.201

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	96.06	97.38
Varianza	3.38	2.20
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	2.79
Grados de libertad	10
t	-1.370
P(T<=t) dos colas	0.201

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	98.03	97.75
Varianza	1.93	1.24
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.58
Grados de libertad	10
t	0.379
P(T<=t) dos colas	0.712

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	98.03	97.75
Varianza	1.93	1.24
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	1.58
Grados de libertad	10
t	0.379
P(T<=t) dos colas	0.712

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	98.65	99.10
Varianza	0.21	0.19
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.20
Grados de libertad	10
t	-1.736
P(T<=t) dos colas	0.113

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	98.39	98.66
Varianza	0.24	0.54
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.39
Grados de libertad	10
t	-0.752
P(T<=t) dos colas	0.470

N.S.

**ANEXO 14.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL COSTO DEL ALIMENTO EN
SOLES/Kg.HUEVO (SEMANTAL)**

Semana 28

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.322	2.370
Varianza	0.011	0.060
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.035
Grados de libertad	10
t	-0.440
P(T<=t) dos colas	0.669

N.S.

Semana 29

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.384	2.303
Varianza	0.010	0.025
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.017
Grados de libertad	10
t	1.070
P(T<=t) dos colas	0.310

N.S.

Semana 30

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.090	2.126
Varianza	0.010	0.025
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.020
Grados de libertad	10
t	-0.440
P(T<=t) dos colas	0.669

N.S.

Semana 31

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	2.299	2.236
Varianza	0.018	0.027
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.022
Grados de libertad	10
t	0.736
P(T<=t) dos colas	0.479

N.S.

Semana 32

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1.910	1.934
Varianza	0.004	0.005
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.005
Grados de libertad	10
t	-0.610
P(T<=t) dos colas	0.555

N.S.

Semana 33

	Dieta testigo	Dieta experimental
Media	1.897	1.905
Varianza	0.014	0.021
Observaciones	6	6

Varianza agrupada	0.017
Grados de libertad	10
t	0.204
P(T<=t) dos colas	0.842

N.S.

ANEXO 14.12 MORTALIDAD SEMANTAL POR TRATAMIENTO (%)

Durante las semanas 28 – 33, el porcentaje de mortalidad fue prácticamente el mismo para ambos tratamientos, a diferencia de un solo dato, lo cual no permite hacer el análisis estadístico respectivo.

ANEXO 15. MÉTODOS DE ANÁLISIS

ANEXO 15.1 PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA INSTRUMENTAL

Muestras: Algas, huevos.

Ensayo: Análisis por Activación Neutrónica Instrumental (AANI) / K-subcero

1. PRINCIPIO DEL MÉTODO

El AANI es una técnica analítica nuclear, que utiliza el proceso de activación (transformación de un nucleído cualquiera en otro artificialmente radiactivo, mediante la captura de un neutrón), para el análisis multielemental cualitativo y cuantitativo de elementos mayores, elementos menores y traza, en muestras de varios tipos (geológicas, biológicas, arqueológicas, ambientales). Este método es sensible, exacto, confiable, simultáneo, versátil y no destructivo.

2. MATERIALES, APARATOS Y REACTIVOS

- Material de vidrio.
- Agua desionizada.
- Agua bidestilada.
- Papel Whatman N° 42.
- Can de aluminio.
- Can de polietileno.
- Lámpara infrarroja.
- sistema neumático de transferencia de muestras
- Sistema de espectrometría gamma con detector de germanio hiperpuro (marca Canberra GC 7019; eficiencia relativa = 70%, FWHM = 1.9 keV para el pico 1332.5 keV ^{60}Co).

- Reactor nuclear RP-10.
- Prensa hidráulica.
- Ácido nítrico.

3. PROCEDIMIENTO

Análisis para aluminio, calcio, cloro, iodo, magnesio y manganeso

- Las muestras de clara o yema se homogenizan y liofilizan.
- Con las muestras liofilizadas, se preparan pastillas de 13 mm de diámetro y 0.350 gramos, aproximadamente, utilizando una prensa hidráulica.
- Se acondicionan las pastillas en pequeñas bolsitas de polietileno limpio (lavado en HNO₃ 1:1, enjuagado con agua desionizada y agua bidestilada).
- Se preparan comparadores de sodio, depositando un volumen de solución estándar primaria de sodio en discos de papel filtro Whatman 42 y se les seca a temperatura controlada, bajo lámpara infrarroja.
- Se preparan pastillas con los discos de papel filtro, las que se colocan en bolsitas de polietileno.
- Muestras y comparadores se acondicionan apilados en un can de polietileno.
- El can de polietileno es enviado por el sistema neumático de transferencia de muestras a una posición de irradiación determinada, del reactor nuclear RP-10 del Instituto Peruano de Energía Nuclear y se irradia por un tiempo de 600 segundos, con un flujo neutrones térmicos de $1.9 \cdot 10^{13} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$.
- Después de 1000 segundos de decaimiento, se miden las muestras y comparadores por un tiempo entre 1800 y 3600 segundos, utilizando un sistema de espectrometría gamma con detector de germanio hiperpuro.
- Se evalúan las áreas de los picos de los elementos Al, Ca, Cl, I, Mg y Mn, cuyas energías corresponden a 1778.99 keV, 3084.54 keV, 1642.69 keV, 442 keV, 1014.43 keV y 1810.72 keV, respectivamente.
- Se calcula la concentración de dichos elementos, usando el software desarrollado en el laboratorio del IPEN.

Análisis de As, Br, Co, Fe, Hg, K, Na, Rb, Se, Sr y Zn

- Se siguen los cinco primeros pasos del procedimiento anterior.
- Muestras y comparadores se acondicionan apilados en un can de aluminio.
- El can de aluminio es colocado en una posición de irradiación de la grilla del núcleo del reactor RP-10 del Instituto Peruano de Energía Nuclear, para ser irradiado por 5 horas flujo de neutrones térmicos de $3.0 \cdot 10^{13} \text{ n.cm}^{-2}\text{s}^{-1}$.
- Después de 5 días de decaimiento, se miden los comparadores de sodio y se realiza una primera medición de las muestras por un tiempo de 10000 segundos, para cuantificar los elementos As, K y Na. Después de 15 días de decaimiento se realiza una segunda medición de 20000 segundos para cuantificar los elementos Br, Co, Fe, Hg, Rb, Se, Sr, y Zn, utilizando un sistema de espectrometría gamma con detector de germanio hiperpuro.
- Se evalúan las áreas de los picos de los elementos mencionados
- Se calcula la concentración de dichos elementos, mediante el software desarrollado en el laboratorio del IPEN.

Bedregal, P. 2014. Técnica de Activación Neutrónica (correo electrónico). Lima, PE. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear).

ANEXO 15.2 PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS DE COBRE Y PLOMO POR ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Muestras: Algas, huevos.

Ensayo: Espectrometría de absorción atómica por el método de llama.

1. PRINCIPIO DEL MÉTODO

La espectroscopia de absorción atómica (AA o AAS por sus siglas en inglés), es un método instrumental que se utiliza para determinar la concentración de un elemento particular (el analito) en una muestra. Puede determinar más de 70 elementos diferentes en solución o directamente en muestras sólidas.

Este método se basa en la atomización del analito en matriz líquida, que utiliza comúnmente un nebulizador pre-quemador, para crear una niebla de la muestra y un quemador con forma de ranura, que da una llama con una longitud de trayecto más larga. La niebla atómica es desolvatada y expuesta a una energía, a una determinada longitud de onda emitida por dicha llama. En esta técnica, la cantidad de luz absorbida, después de pasar a través de la llama, determina la cantidad de analito existente en la muestra. Debido a su buena sensibilidad y

selectividad, sigue siendo un método de análisis comúnmente usado para ciertos elementos traza en muestras acuosas (Wikipedia 2014).

2. MATERIALES, APARATOS Y REACTIVOS

- Material de vidrio (vasos, mataces etc.)
- Vasos de teflón HP-500
- Espectrómetro de Absorción Atómica Analyst 800, marca Perkin Elmer.
- Nebulizador de alta sensibilidad.
- Horno microondas MARS 5, marca CEM.
- Estándares de calibración de Cu y Pb.
- Ácido nítrico suprapur.
- Peróxido de hidrogeno suprapur.

3. PROCEDIMIENTO

Análisis de Cu y Pb

- Las muestras son digeradas en recipiente cerrado en el horno microondas.
- Se pesan 0.5 gramos de muestra aproximadamente, en los vasos de teflón HP-500
- Se agrega 10 mL de ácido nítrico y se deja en pre digestión hasta el día siguiente.
- Se agrega 2 mL de peróxido de hidrogeno suprapur.
- Se cierran los vasos y se colocan en la torreta respectiva a una temperatura de 210 °C y presión de 220 psi, con una rampa de 30 minutos y un tiempo de digestión de 15 minutos.
- Se dejan enfriar los vasos para abrirlos.
- Se trasvasan la muestras digerada a matraces aforados para su medición.
- Se preparan los estándares de calibración de los elementos a ser determinados en el rango lineal.
- Se obtiene la curva de calibración con un coeficiente de correlación de $r = 0.99998$
- Se determina la concentración de los analitos.

Bedregal, P. 2014. Espectrometría de absorción atómica por el método de llama (correo electrónico). Lima, PE. IPEN (Instituto Peruano de Energía Nuclear).

ANEXO 15.3 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE IDENTIDAD DE MUESTRAS POR TECNOLOGÍA NIR

Muestras: Algas.

Ensayo: Análisis NIR

1. PRINCIPIO DEL MÉTODO

La Tecnología NIR (Near Infra Red o Near Infra Red Reflectance, por sus siglas en inglés), se fundamenta en la existencia de relaciones entre las características físicas, químicas y sensoriales de un producto y la absorbancia a longitudes de onda específicas, en la región del infrarrojo cercano (parte del espectro situada entre la

región visible y la región infrarroja). La muestra es bombardeada con rayos NIR de diferentes longitudes de onda; por cada longitud de onda, algunos de los rayos serán absorbidos por uniones químicas específicas y al mismo tiempo, otros rayos serán diseminados y reflejados por otras uniones químicas, proceso comúnmente descrito como Reflectancia NIR (Groenewald y Koster, 2006).

La información recogida en un espectro NIR, permite efectuar análisis cuantitativos muy precisos, sin embargo aquí la usamos para realizar análisis de tipo cualitativo, verificando de una manera rápida la identidad de muestras mediante comparación de espectros, como lo que se hizo en el presente estudio con las algas (Figura 19), como paso previo antes de convertirlas en harina.

2. MATERIALES, APARATOS Y REACTIVOS

- Check cell.
- Celdas de cuarzo.
- Portaceldas.
- Software ISIscan.
- Kit de limpieza.
- Equipo NIRS, modelo 5000 (rango NIR de 1100 a 2500 nm), de Foss.

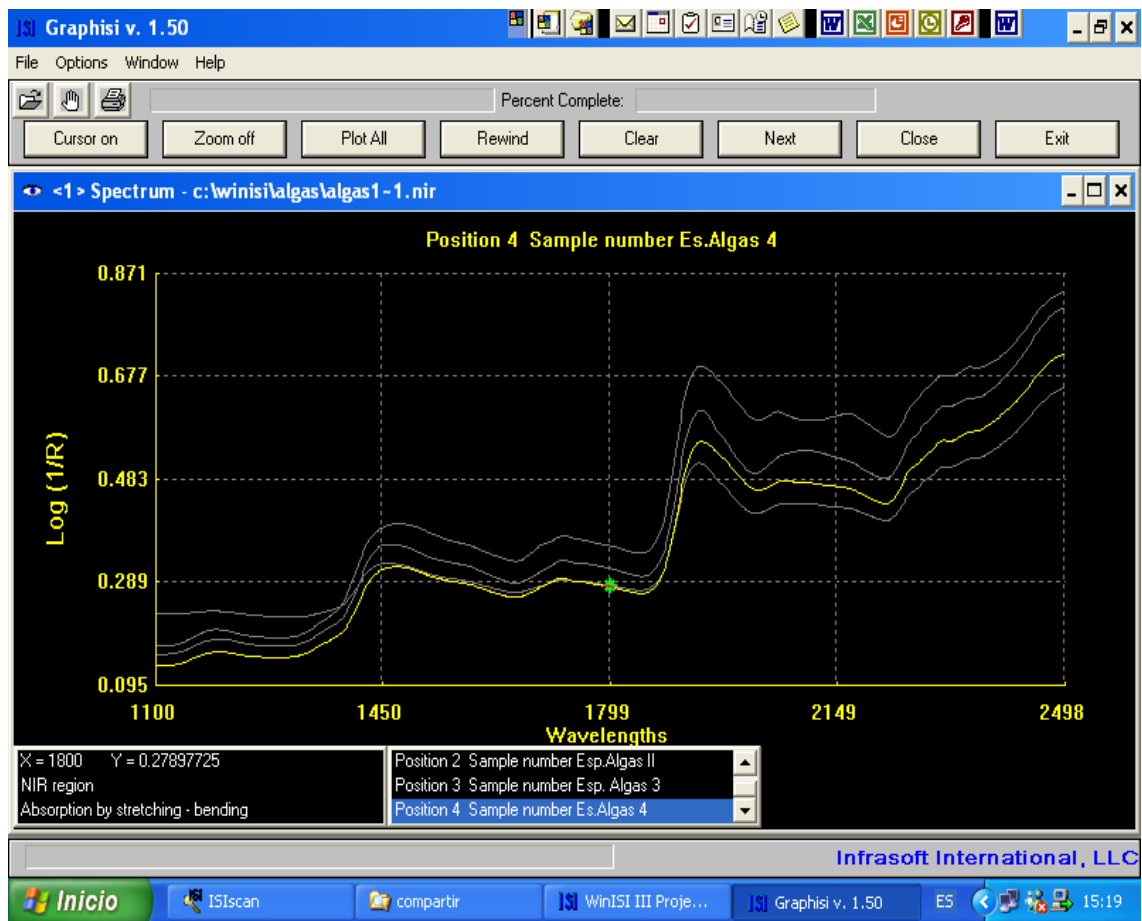


Figura 19: Espectros NIR de 4 muestras de *Ulva spp.*

3. PROCEDIMIENTO

- Prender el equipo NIR y dejar que caliente totalmente (aproximadamente 20 min.).
- Efectuar la prueba del check cell y la de performance.
- Homogenizar bien la muestra.
- Colocar la muestra en la celda de cuarzo, asegurando que su distribución sea uniforme.
- Abrir el software ISIScan y dar doble click en el producto que se va a analizar, en este caso “Ulva” y llenar los campos con los datos de la muestra.
- Presionar el botón “collect” para comenzar el análisis.
- Esperar que se analice la muestra y aparezca el espectro en pantalla.
- Repetir los pasos anteriores, para analizar las otras muestras de algas.
- Comparar los espectros obtenidos, si estamos frente a algas del mismo género, los espectros obtenidos deben ser similares.

ANEXO 15.4 PROCEDIMIENTO DEL ANÁLISIS DE MICOTOXINAS AFLATOXINA, TOXINA T2, VOMITOXINA, ZEARALENONA, OCRATOXINA y FUMONISINA

Muestras: Algas, huevos.

Ensayo: Cuantificación de micotoxinas por ELISA

1. PRINCIPIO DEL MÉTODO

Estas pruebas se basan en el método de competencia directa para ELISA (CD-ELISA). La toxina libre de las muestras y los controles, compete con la toxina ligada a la enzima (conjugado), por los sitios de unión de los anticuerpos (antitoxinas). Después del lavado, se agrega sustrato, el cual reacciona con el conjugado ligado, para producir un color azul. Más color azul significa menos toxina. La prueba es leída en un lector de microceldas a una densidad óptica de 650 nm. Las densidades ópticas de los controles nos van a permitir hacer una curva estándar y las densidades ópticas de las muestras son ploteadas contra la curva, para calcular la concentración exacta de la toxina que se quiere cuantificar.

2. MATERIALES, APARATOS Y REACTIVOS

- Tips de 100 µl, descartables.
- Bandejas plásticas.
- Portaceldas.
- Papel absorbente.
- Papel whatman.
- Viales con tapa rosca.
- Kits de ELISA para cada micotoxina.
- Micropipeta de 100 µl.
- Dispensador graduable de 10 – 5,000 µl.
- Timers.
- Lector de micotoxinas.
- Balanza.
- Shaker de plataforma.

- Agua desionizada.
- Solución de metanol al 70%.

3. PROCEDIMIENTO

- Obtener una muestra representativa y molerla hasta que por lo menos el 75% del material molido pase a través de una malla #20.
- Sacar los kits del refrigerador (antes de su uso, los kits deben estar a una temperatura de 18 - 30°C).
- Realizar las extracciones:
 - Aflatoxinas, zearalenona y fumonisina: En un matraz de 125 ml. colocar 10 g de muestra molida y agregar 50 ml. de la solución de metanol al 70%.
 - Vomitoxina (DON): En un matraz de 125 ml., colocar 10 g de la muestra molida y 50 ml. de agua desionizada.
 - Toxina T2: En un matraz de 125 ml. colocar 10 g de muestra molida y agregar 50 ml. de la solución de metanol al 50%.
 - Ocratoxina: En un matraz de 250 ml. colocar 25 g de muestra molida y agregar 100 ml. de la solución de metanol al 50%.
- Mezclar la muestra con el líquido de extracción, agitando los matraces por espacio de 3' (usar shaker de plataforma).
- Filtrar por lo menos 15 ml. con ayuda de un embudo y papel whatman #1. Los filtrados se reciben en viales con tapa rosca.
- Solamente en el caso de Fumonisina, la muestra se diluye tomando 100 mcl. del extracto y 7.9 ml. de metanol al 10% y así se trabaja. Para las micotoxinas restantes, los filtrados se trabajan directamente.
- Antes de empezar la prueba propiamente dicha, mezclar bien todos los reactivos que vienen en el kit, así como todos los filtrados.
- Por cada muestra, tomar una celda de mezclado y celdas para los controles. El número y la concentración de los controles son variables, sin embargo, los mas usados son:
 - Para aflatoxina: controles de 0, 5, 15 y 50 ppb.
 - Para toxina T2: controles de 0, 25, 50 y 100 ppb.

Para vomitoxina: controles de 0, 0.5, 1, y 3 ppm.

Para zearalenona: controles de 0, 50, 150 y 300 ppb.

Para ocratoxina: controles de 0, 2, 5, y 10 ppb.

Para fumonisina: controles de 0, 1, 2, y 6 ppm.

- Remover igual número de celdas recubiertas con anticuerpo. Retornar las celdas sobrantes a su empaque original, sellando herméticamente con cinta scotch; no retirar el silica gel del empaque.
- Colocar las celdas de mezcla y aquellas cubiertas con anticuerpo en el portaceldas, para luego identificarlas.
- Colocar 100 mcl. del conjugado en todas las celdas (muestras y controles).
- Transferir 100 mcl. de los controles y muestras a las celdas de mezcla (raya roja), usando un nuevo tip cada vez.
- Con una pipeta multicanal (12 canales), mezcle el contenido de las celdas, absorbiendo y soltando el líquido dentro de las mismas por 5 veces.
- Transferir 100 mcl. de las celdas de mezcla a las celdas recubiertas con antitoxina.
- Mover suavemente el portaceldas sobre una superficie plana, por 20", evitando salpicaduras. Desechar las celdas de mezcla.
- Incubar a temperatura ambiente, usando timers para el control de tiempos: para aflatoxinas: 2 min., para toxina 2, zearalenona y DON: 5 min.; para ocratoxina y fumonisina: 10 min.
- Con una pisceta, llenar cada pozo con agua desionizada ($\text{pH } 7 \pm 0.5$) y vacear inmediatamente (repetir este paso 5 veces).
- Voltar las celdas boca abajo, evitando en todo momento tocar con los dedos la base de las mismas. Eliminar todos los restos de agua de lavado, golpeando las celdas sobre papel absorbente.
- Colocar el sustrato necesario en una bandeja descartable y con la pipeta multicanal y nuevos tips, dispensar 100 mcl. de sustrato a cada celda y mezclar suavemente sobre una superficie plana por 20 min. No devolver el sustrato restante al frasco.
- Incubar a temperatura ambiente: para aflatoxinas: 3 min., para toxina 2, zearalenona y DON: 5 min.; para ocratoxina y fumonisina: 10 min.
- Con la pipeta multicanal y los mismos tips usados para dispensar el sustrato, agregar

100 mcl. de de la solución stop a cada celda y mezclar cuidadosamente.

- Limpiar el fondo de las celdas con papel absorbente. Eliminar las burbujas de aire.
- Hacer la lectura de las densidades ópticas con el lector de micotoxinas, usando el filtro de 650 nm., dentro de los 20 min. despues de haber concluído la prueba.
- Calcular los resultados usando el software de Neogen Corporation.
- Para considerar los resultados como confiables, se necesita tener un coeficiente de correlación mínimo de 0.98; de lo contrario será necesario repetir la prueba.