



**Uso de diferentes materias primas sobre la producción de huevos enriquecidos con
omega-3 en gallinas ponedoras**

Minango Rodríguez, Paola Maricela y Pérez Merino, Verónica Cristina

Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Maestría en Zootecnia mención en Nutrición Animal

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Magíster en Zootecnia mención en

Nutrición Animal

Dr. Chaves Pazmiño, Diego Alberto MVZ, MSc.

15 de diciembre 2023



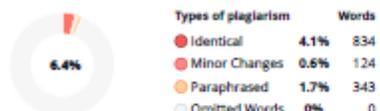
Plagiarism and AI Content Detection Report

Tesis final-Maestría.pdf

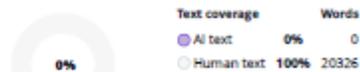
Scan details

Scan time: December 2th, 2023 at 17:15 UTC Total Pages: 82 Total Words: 20326

Plagiarism Detection



AI Content Detection



[Learn more](#)

Plagiarism Results: (115)

[T026800012585-0-tesis2015marzo-000.pdf](#) 0.4%

<http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/12086/1/t026800012585-0-tesis2015marzo-000.pdf>

ADRIANA

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS POSTGRADO DE MEDICINA VETERINARIA EFECTOS DEL ACEITE DE PIJIGUAO (Bac...

[Potential of Spirulina platensis as a feed supplement for poultry to enha...](#) 0.4%

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc9927202/>

[Back to Top](#) [Skip to main content](#) ...

[lamezaa.pdf](#) 0.3%

<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/25217/3/%20%09lamezaa.pdf>

Usuario

Evaluación de la Inclusión de dos Niveles de Linaza sobre la Calidad en Huevos de Gallinas Marrones de línea Babcock Brown Lino Alberto ...

Certified by
Copleaks

About this report
help.copleaks.com

copleaks.com
in f @ t

.....
Dr. Chaves Pazmiño, Diego Alberto MVZ, MSc.

Director



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **“Uso de diferentes materias primas sobre la producción de huevos enriquecidos con omega-3 en gallinas ponedoras”** fue realizado por las señoras **Minango Rodríguez Paola Maricela** y **Pérez Merino Verónica Cristina**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 15 de diciembre de 2023.

.....
Dr. Chaves Pazmiño, Diego Alberto MVZ, MSc.

Director

C.C.: 1712353620



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología
Centro de Posgrados

Responsabilidad de Autoría

Nosotras **Minango Rodríguez Paola Maricela** y **Pérez Merino Verónica Cristina**, con cédulas de ciudadanía n° 1720999562 y 1803115094 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Uso de diferentes materias primas sobre la producción de huevos enriquecidos con omega-3 en gallinas ponedoras** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 15 de diciembre 2023

Minango Rodríguez, Paola Maricela

C.C.:1720999562

Pérez Merino, Verónica Cristina

C.C.: 1803115094



Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología

Centro de Posgrados

Autorización de Publicación

Nosotras **Minango Rodríguez Paola Maricela** y **Pérez Merino Verónica Cristina**, con cédulas de ciudadanía n° 1720999562 y 1803115094 autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Uso de diferentes materias primas sobre la producción de huevos enriquecidos con omega-3 en gallinas ponedoras** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 15 de diciembre de 2023

Minango Rodríguez, Paola Maricela

C.C.:1720999562

Pérez Merino, Verónica Cristina

C.C.: 1803115094

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi esposo Cristian Rodríguez H., a mis padres Mónica y Alfredo, a mis hermanos Javier y Ericka, a mis sobrinos Doménica, Isabel, Milagros, Ezequiel, y a mi abuelo Antoñito.

Paola Minango Rodríguez

Dedico esta tesis, a todas las personas que no se cansan de luchar por sus sueños, pese a todas las adversidades que se presentan, aunque pase mucho tiempo, nunca es tarde para aprender y superarse.

Verónica Pérez Merino

Agradecimiento

A mi esposo Cristian por todo su apoyo, ayuda incondicional y motivación, ..." No lo intentes. Hazlo o no lo hagas, pero no lo intentes" ... sw

A mi familia, a mis padres Mónica y Alfredo por sus cuidados, por el apoyo recibido en todas mis decisiones, les agradezco por orar por mí y enseñarme que con trabajo y dedicación se puede llegar lejos.

Al Dr. Diego Chaves por toda su ayuda, acompañamiento y compromiso para el desarrollo de esta investigación.

Al Ing. Álvaro Blanco por tomarse el tiempo y paciencia para enseñarme, explicarme y confiar en mí.

Al Ing. Mario Ortiz coordinador de la Maestría de Zootecnia del centro de Posgrados de la Espe quién me motivó a prepararme académicamente en este campo y por toda su colaboración para finalizar este proyecto.

A la Ing. Verónica Pérez por todo el tiempo, vivencias y experiencias compartidas en estos años de Maestría.

Paola Minango Rodríguez

Agradezco a Dios Todo poderoso, por ser siempre mi fuente de inspiración para todas las cosas que hago.

A mis padres Cecy y José Francisco, que desde pequeña siempre me inculcaron a no rendirme, y que todo lo bueno se consigue con esfuerzo.

A mí esposo Santiago, que me apoyó desde el primer momento, y por el tiempo dedicado a nuestro hijo, en mis fines de semana de clases y cuando me ha tocado ausentarme.

A mí pequeño hijo y mi gran amor Farid, por recordarme, que soy su reflejo y que quiero convertirme a diario en un mejor ser humano.

Al Ing Mario Ortiz, por ser nuestro coordinador y más que un maestro un gran amigo desde mis tiempos de universidad en la facultad IASA, y ser el principal promotor de que haya sentado mis raíces en el área de la avicultura.

Al Dr Diego Cháves, quien aceptó ser nuestro director de tesis y nos ha compartido su tiempo, dedicación y todos sus conocimientos, para poder culminar esta tesis con éxito.

Un agradecimiento de corazón a mis compañeras Paola Minango y Micaela Andrade, por ser mi soporte y ayuda, en todo momento en este largo camino de la maestría.

Verónica Pérez Merino

Índice de Contenido

Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenido	9
Índice de Tablas.....	14
Índice de Figuras	16
Resumen	17
Abstract.....	18
Capítulo I	19
Introducción	19
Problemática	19
Justificación.....	21
Objetivos.....	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos.....	23
Hipótesis de investigación.....	23
Hipótesis nula:.....	23
Hipótesis alterna:.....	23

Capítulo II	24
Marco teórico	24
Características generales de las gallinas.....	24
Alimentación en gallinas Lohmann Brown	24
Fisiología de la formación del huevo	26
Cutícula.....	26
Cáscara.....	26
Membranas testáceas	27
Clara o albúmina	27
Yema o vitelo.....	27
Parámetros de calidad de huevo	27
Peso del huevo.....	29
Cáscara.....	30
Dureza de la cáscara.....	31
Grosor de la cáscara	31
Grado de frescura	31
Color de la yema	32
Lípidos.....	33
Oxidación de lípidos	34
Ácidos grasos.....	36
Digestión y absorción lipídica en las aves	37

Mecanismos de los ácidos grasos omega 3	39
Ácidos grasos en gallinas ponedoras	39
Metabolismo de los lípidos	40
Elongación de ácidos grasos:.....	41
Fuentes de Omega 3.....	43
Linaza	43
Las semillas de linaza cambian la concentración de ácidos grasos (AG) en los huevos.	44
Uso de linaza para incrementar la masa ósea en aves.....	45
Linaza para aves ponedoras	45
Chía	46
Usos de las semillas de Chía	47
Algas marinas.....	48
Algas marinas en las explotaciones avícolas.....	50
Algas como suplementos nutricionales.....	50
Sacha Inchi	51
Composición química de las semillas de Sacha inchi	51
Seguridad y ventajas del consumo de Sacha Inchi.....	52
Propiedades fisicoquímicas del aceite de Sacha inchi.....	53
Beneficios de utilizar sachá inchi en la dieta de aves	54
Comparación de las fuentes de omega 3	54
Características de la utilidad de omega 3 de origen vegetal y animal.....	55

Huevos enriquecidos con omega 3.....	56
Capítulo III	57
Materiales y métodos	57
Área de influencia.....	57
Unidades experimentales	57
Diseño experimental.....	58
Formulación de dietas	59
Distribución de los tratamientos en el ensayo.....	61
Manejo del ensayo	61
Toma de datos	62
Variables de evaluación	62
Variables de parámetros zootécnicos.....	62
Variables de parámetros que determinan la Calidad del Huevo	63
Variables del análisis de laboratorio del huevo.....	64
Variables del análisis sensorial del huevo	64
Análisis estadístico.....	64
Capítulo IV	65
Resultados y discusión	65
Parámetros zootécnicos	65
Parámetros de calidad del huevo	67
Análisis de laboratorio	72

Análisis sensorial del huevo	74
Costos	76
Capítulo V	77
Conclusiones	77
Recomendaciones	79
Capítulo VI.....	80
Bibliografía.....	80
Apéndices	94

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Requerimientos nutricionales para Gallinas Lohmann Brown Classic-120 g</i>	25
Tabla 2 <i>Clasificación del huevo por su frescura.</i>	28
Tabla 3 <i>Clasificación del huevo por tamaño y peso.</i>	29
Tabla 4 <i>Valores y relación de calidad de huevo en Unidades Haugh.</i>	32
Tabla 5 <i>Características físicas del huevo comercial de gallina.</i>	33
Tabla 6 <i>Clasificación de los ácidos grasos saturados.</i>	36
Tabla 7 <i>Ácidos grasos poliinsaturados.</i>	37
Tabla 8 <i>Características químicas, nutricionales y ácidos grasos de Linaza.</i>	43
Tabla 9 <i>Características químicas, nutricionales y ácidos grasos de las semillas Chía</i>	46
Tabla 10 <i>Características químicas, minerales y ácidos grasos de algas marinas.</i>	49
Tabla 11 <i>Característica de los componentes químicos de las semillas de Sacha inchi</i>	52
Tabla 12 <i>Propiedades fisicoquímicas del aceite de sachá inchi</i>	53
Tabla 13 <i>Comparación de la composición química y ácidos grasos en diferentes fuentes alimenticias.</i>	55
Tabla 14 <i>Detalles de los tratamientos establecidos.</i>	58
Tabla 15 <i>Formulaciones de las dietas para gallinas ponedoras.</i>	59
Tabla 16 <i>Alimentos concentrados ofertados en cada tratamiento.</i>	61
Tabla 17 <i>Distribución de los tratamientos en el ensayo.</i>	61
Tabla 18 <i>Conversión alimenticia semana 3 y semana 4 por tratamientos.</i>	65
Tabla 19 <i>Porcentaje de postura por tratamiento en las semanas de evaluación.</i>	65
Tabla 20 <i>Peso de las gallinas.</i>	66

Tabla 21 <i>Parámetros para evaluar la calidad del huevo en la investigación</i>	67
Tabla 22 <i>Contenido de omega 3 en los huevos de gallina.</i>	72
Tabla 23 <i>Medias de la evaluación sensorial de huevo en la investigación.</i>	74
Tabla 24 <i>Costos</i>	76

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Proceso peroxidación lipídica por (Salazar, 2021)</i>	35
Figura 2 <i>Metabolismo de lípidos en ave</i>	38
Figura 3 <i>Elongación y desaturación de los ácidos grasos omega 3 y 6</i>	42
Figura 4 <i>Hacienda El Prado. IASA I.</i>	57
Figura 5 <i>Prueba de Tukey sobre color de yema</i>	69
Figura 6 <i>Prueba de Tukey sobre peso del huevo</i>	70
Figura 7 <i>Clasificación del huevo según los tratamientos establecidos.</i>	71
Figura 8 <i>Infiltración de grasa en el hígado de las gallinas alimentadas con fuentes de omega 3.</i>	73
Figura 9 <i>Análisis sensorial del huevo</i>	75

Resumen

La investigación busca evaluar el efecto de la inclusión de diferentes fuentes de omega 3 en dietas para gallinas de postura y su efecto en la concentración de ácidos grasos omega 3 en el huevo de mesa, para lo cual se formularon cinco tratamientos A=Control, B=Linaza, C= Chía, D= Algas marinas y E= Sacha inchi; se utilizaron 250 gallinas de postura Lohmann Brown Classic de 83 semanas de edad (5 gallinas por jaula y cada tratamiento con 10 repeticiones) se trabajó con un diseño experimental completamente al azar; los datos se recopilaron por cuatro semanas . Las variables a medir, serán los parámetros zootécnicos de producción de las aves, contenido de ácidos grasos en la yema de huevo, condición hepática de las gallinas, calidad del huevo de mesa y evaluación sensorial de los huevos por cada tratamiento, con la finalidad de identificar el tratamiento más recomendable tanto en calidad, y aceptación del consumidor. Los resultados obtenidos fueron procesados con el Software Infostat, se aplicó análisis de la varianza según el modelo prueba de Tukey a un nivel de $\alpha=0.05$. En los parámetros zootécnicos no se obtuvo diferencias significativas para mortalidad, conversión alimenticia, porcentaje de postura y peso de la gallina ($p>0.05$). La calidad de huevo presenta diferencias significativas en las variables color de yema y peso del huevo ($p<0.05$), para la variable color de yema el tratamiento D alcanzó 8,38 unidades de color y el tratamiento C presentó el mayor peso de huevo 71,26 g. El contenido de ácido graso omega 3 presenta un aumento con respecto al tratamiento A=100 mg/100 g de yema, B=450 mg/100 g de yema, C=280 mg/100 g de yema, D=210 mg/100 g de yema, E= 420 mg/100 g de yema. La condición hepática de las aves presentó los grados de A=leve, B=normal, C=moderado, D=leve, E=alta. La evaluación sensorial indica que los huevos de los diferentes tratamientos fueron aceptados por los panelistas, marcando diferencia significativa para la variable color ($p<0.05$) sobre el tratamiento D.

Palabras clave: gallinas de postura, omega 3, calidad del huevo.

Abstract

The research seeks to evaluate the effect of including different sources of omega 3 in diets for laying hens and its effect on the concentration of omega 3 fatty acids in table eggs, for which five treatments were formulated A=Control, B =Flaxseed, C= Chia, D= Seaweed and E= Sacha inchi; 250 laying hens Lohmann Brown Classic were used of 83-week-old Lohmann Brown Classic laying hens were used (5 hens per cage and each treatment with 10 repetitions). A completely randomized experimental design was used; Data was collected for four weeks. The variables to be measured will be the zootechnical production parameters of the birds, fatty acid content in the egg yolk, liver condition of the hens, quality of the table egg and sensory evaluation of the eggs for each treatment, with the purpose of identify the most recommended treatment both in quality and consumer acceptance. The results obtained were processed with the Infostat Software, analysis of variance was applied according to the Tukey test model at a level of $\alpha=0.05$. In the zootechnical parameters, no significant differences were obtained for mortality, feed conversion, laying percentage and weight of the hen ($p>0.05$). Egg quality presents significant differences in the variables yolk color and egg weight ($p<0.05$). For the yolk color variable, treatment D reached 8.38 color units on the DSM scale and treatment C presented the highest egg weight 71.26 g. The omega 3 fatty acid content presents an increase with respect to treatment A=100 mg/100 g of yolk, B=450 mg/100 g of yolk, C=280 mg/100 g of yolk , D=210 mg/100 g of yolk, E= 420 mg/100 g of yolk. The liver condition of the birds presented grades A=mild, B=normal, C=moderate, D=mild, E=high. The sensory evaluation indicates that the eggs from the different treatments were accepted by the panelists, marking a significant difference for the color variable ($p<0.05$) over treatment D.

Key words: laying hens, omega 3, egg quality.

Capítulo I

Introducción

Problemática

Tradicionalmente, para la nutrición humana y animal, el consumo de los ácidos grasos omega 3, ha sido por medio de fuentes como; pescado, aceite de pescado y harina de pescado, debido a su alto contenido de ácidos grasos (Rincón, Valenzuela, & Valenzuela, 2015). Según la investigación llamada “GISSI-Prevenzione” el consumo de omega 3, por medio de suplementos nutricionales bajo una dosis de 1 g/día, permiten disminuir el riesgo de la enfermedad cardiocascular en un 17% (Carrero, y otros, 2005). A su vez, se conoce, que el consumo de nutrientes como el omega 3 tienen un efecto benéfico sobre la salud humana, previenen las enfermedades como el cáncer, cardiovasculares, diabetes, neurodegenerativas y mejora el microbiota intestinal; el consumo de omega 3 se ha relacionado con la disminución de la mortalidad en casos de COVID-19 (Feliu, Fernández, & Slobodianik, 2021), además que actúan en el desarrollo del sistema nervioso, la retina (Castellanos & Rodríguez, 2014), y en la estructura y función del cerebro durante el desarrollo y envejecimiento (Rakonjac, y otros, 2014).

Con estos antecedentes, se ha generado la necesidad de identificar y cubrir los requerimientos nutricionales de omega 3 necesarios y establecidos por las diversas entidades dedicadas al área de la salud y alimentación, como es el caso de la Sociedad Internacional para el Estudio de Ácidos Grasos y Lípidos quienes sugieren el consumo de 0,65 g/día de omega 3, mientras que la Sociedad Americana del Corazón recomienda que las personas adultas deben consumir mínimo 1 g/día de omega 3 (Carrero, y otros, 2005), a su vez, la Organización para Agricultura y Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) han establecido que el consumo normal de omega 3 en las personas debe establecerse en 1 y 2% de la energía total ingerida (Who & Fao, 2003).

Según Castellanos y Rodríguez (2014), en el ámbito de la nutrición, aun cuando se conocen los beneficios de ingerir ácidos grasos, no existe suficiente énfasis y difusión, con la finalidad de evitar y contrarrestar problemas de salud. A esto se suma, la falta de conocimiento que debe existir entre el omega 6 y omega 3 respectivamente, pues actualmente existe una disminución en el consumo de ácidos grasos omega lo que afecta gravemente a la salud humana, desde el punto de vista nutricional (Coronado, Vega, Gutiérrez, García, & Díaz, 2006).

El desequilibrio de la relación omega 6 y omega 3 se evidenció con las dietas consumidas por los esquimales o el pueblo inuit en Groenlandia, este pueblo consumía lípidos omega 3 primordialmente el docosahexaenoico y el eicosapentaenoico por el consumo de pescado, grasa de ballena y focas, con este tipo de lípidos este pueblo presentaba menor impacto en su salud con respecto a las enfermedades cardio coronarias y aterosclerosis comparado con las dietas de los occidentales que consumían una dieta principal de omega 6. (Bang & Dyerberg, 1971).

Sin embargo, ha existido una disminución considerable de captura de peces, lo que genera disminución en el mercado de productos y subproductos derivados de estos (Rincón, Valenzuela, & Valenzuela, 2015). Situación que exige buscar nuevas alternativas que permitan cubrir las necesidades de consumo alimenticio en cuanto a fuentes ricas en omega 3, siendo las especies vegetales (canola, linaza, chía, entre otros) la principal opción para cubrir estas necesidades (Puchades, 2021).

Por otra parte, existe un incremento considerable de desnutrición a nivel mundial, siendo una de las principales causas el incremento de la pobreza, lo que impide en gran medida que las personas puedan alimentarse con fuentes de proteína de calidad (Food and agriculture organization, 2013). En la actualidad existe un alto incremento en el consumo de huevos de gallina con un consumo promedio de 300 huevos/año; hace 10 años, cada individuo consumía 198 huevos, este incremento de necesidad alimenticia, se hace más fuerte, si se considera la sobrepoblación a nivel mundial (Gil & Delgado , 2020).

Justificación

La industria alimenticia dentro del sector avícola, ha logrado generar suplementos con aditivos destinados a mejorar el metabolismo y la salud de las aves, lo que genera un impacto positivo tanto en el rendimiento, como en la productividad de las explotaciones avícolas. Cabe recalcar, que los suplementos alimenticios al ser reforzados con aditivos que permitan enriquecer las dietas tomando en cuenta la edad y la finalidad de las aves, otorga mayores beneficios (Yuan, y otros, 2016).

En las gallinas ponedoras, las dietas encaminadas a mejorar la microbiota y vellosidades intestinales, son las más requeridas cuando se busca incrementar los rendimientos productivos y salud de las aves, pues se considera que la alimentación junto al manejo y las condiciones climáticas, son los factores influyentes de los parámetros productivos y calidad del huevo, lo que repercute sobre la rentabilidad de las explotaciones avícolas (Colombino, y otros, 2020).

La implementación de dietas funcionales, destinadas a incrementar la calidad del huevo y carne de las aves, es factible mediante el empleo de productos naturales como probióticos, prebióticos o simbióticos, al igual que la utilización de fuentes nutritivas de origen vegetal, cada vez es más aceptada y utilizada, dentro de estas la linaza y chía son fuentes alimenticias ricas en nutrientes, proteínas, fibras y ácidos grasos esenciales, estos últimos, tienen la capacidad de codificar proteínas que influyen sobre el metabolismo lipídico, energético, entre otros, lo que fortalece la inmunidad de las aves (Castro, Ríos, Contreras, Robles , & Portillo, 2017).

A su vez, las semillas de sachá inchi son consideradas una fuente primordial de ácidos grasos poliinsaturados ya que conserva un 92% de concentración, siendo el ácido alfa-linolénico y ácido linoleico los más resaltantes, los cuales forman parte de los ácidos grasos omega 3 (Romero, Valdiviezo, & Bonilla, 2019). El sachá inchi al ser una fuente vegetal de aceite de alta calidad, puede fácilmente competir con el aceite de oliva, el mismo

que es considerado el mejor aceite a nivel mundial (Castaño, Valencia, Murillo, Méndez, & Joli, 2012).

Otra fuente vegetal importante de omega 3, vitaminas, oligominerales y proteínas, son las algas marinas, las cuales con el uso de diversas tecnologías están siendo cultivadas y utilizadas como fuentes alimenticias beneficiosas para la salud humana, por lo que ha despertado un gran interés en la incorporación de estas sobre las dietas de las aves de corral (Macalintal, 2018).

Por lo mencionado, el objetivo de esta investigación será, evaluar el efecto que generen las diferentes dietas, en donde se utilizan semillas de linaza, chía, algas marinas y sachá inchi, para alimentar aves de postura; a la vez se busca valorar el efecto de estas dietas, en la concentración de ácidos grasos omega 3 en el huevo de mesa.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de diferentes materias primas (semillas de linaza, chía, algas marinas y sachá inchi) en dietas de gallinas ponedoras de huevo comercial y su efecto en la concentración de ácidos grasos omega 3 en el huevo de mesa.

Objetivos específicos

- Elaborar dietas ricas en omega 3 para gallinas de postura, utilizando diferentes niveles de inclusión de semillas de linaza, chía, algas marinas y sachá inchi.
- Evaluar los parámetros zootécnicos de producción, en las aves alimentadas con las dietas establecidas.
- Determinar la condición hepática de las aves luego de alimentarse con dietas ricas en omega 3.
- Valorar el contenido de ácidos grasos y la calidad del huevo de mesa en todos los tratamientos establecidos.

Hipótesis de investigación

Hipótesis nula:

H₀: Diferentes niveles de inclusión de semillas de linaza, chía, algas marinas y sachá inchi no incrementan los niveles de omega 3 en huevo de mesa.

Hipótesis alterna:

H₁: Diferentes niveles de inclusión de semillas de linaza, chía, algas marinas y sachá inchi incrementan los niveles de omega 3 en huevo de mesa.

Capítulo II

Marco teórico

Características generales de las gallinas

La clasificación de las gallinas que son destinadas a proyectos de avicultura presenta puntos de categorización, empezando desde la raza, variedad, estirpe, línea genética o si son consideradas como híbridos, también se toma en cuenta el aspecto corporal en donde sobresale el peso como determinante; en esta categoría se tiene a gallinas pesadas, semi pesadas y livianas (Melo, y otros, 2019).

Las gallinas semi pesadas o también conocidas como doble fin son de origen americano de cruces de aves que son destinadas para la postura o engorde, presentan un plumaje generalmente de color castaño, pero también se consideran aquellas con plumajes negros o blancas, sus huevos son de color marrón, en el caso de que sean aves destinadas a la producción de huevos, estas pueden llegar a los 300 huevos por año, son aves muy dóciles y de fácil manejo (Peebles, Burnham, Walzem, Branton, & Gerard, 2004).

Alimentación en gallinas Lohmann Brown

Considerando que la demanda nutricional de proteínas, aminoácidos y minerales tienden a variar dependiendo de las fases de desarrollo de las gallinas, existen diferentes cambios en sus requerimientos nutricionales ya sea en el inicio de la puesta o cuando éstas alcanzan el pico de producción, otro factor que tienden a variar los requerimientos alimenticios de las gallinas es la edad, pues dependiendo de esta existe mayor o menor necesidad de soporte nutricional en cuanto a la formación del huevo. A continuación, se presentan los niveles recomendados de nutrientes para gallinas Lohmann Brown Classic considerando el consumo diario de alimento y la fase a la que pertenece, siendo la fase 1 la establecida para la semana 19, la fase 2 inicia en la semana 50 y la fase 3 cuando las

gallinas hayan alcanzado las 65 semanas de edad (Tabla 1) según (Lohmann Brown Classic, 2021).

Tabla 1

Requerimientos nutricionales para Gallinas Lohmann Brown Classic-120 g

Nutriente (%)	FASE 1		FASE 2		FASE 3	
	RA	CDA	RA	CDA	RA	CDA
Proteína	18,70	15,58	17,95	14,96	17,02	14,18
Calcio	4,10	3,42	4,40	3,67	4,50	3,75
Fósforo*	0,60	0,50	0,58	0,48	0,55	0,46
Fósforo disp.	0,42	0,35	0,40	0,34	0,38	0,32
Sodio	0,18	0,15	0,17	0,14	0,16	0,14
Cloro	0,18	0,15	0,17	0,14	0,16	0,14
Lisina	0,88	0,73	0,84	0,70	0,80	0,67
Lisina dig.	0,72	0,60	0,69	0,58	0,66	0,55
Metionina	0,44	0,37	0,42	0,35	0,40	0,33
Metionina dig.	0,36	0,30	0,35	0,29	0,33	0,27
Met./Cis	0,80	0,67	0,77	0,64	0,73	0,61
M/C dig.	0,66	0,55	0,63	0,52	0,60	0,50
Arginina	0,91	0,76	0,88	0,73	0,83	0,69
Arginina dig.	0,75	0,63	0,72	0,60	0,68	0,57
Valina	0,74	0,62	0,71	0,59	0,67	0,56
Valina dig.	0,63	0,53	0,60	0,50	0,57	0,48
Triptófano	0,18	0,15	0,18	0,15	0,17	0,14
Triptófano dig.	0,15	0,13	0,40	0,12	0,14	0,11
Treonina	0,61	0,51	0,59	0,49	0,55	0,46
Treonina dig.	0,50	0,42	0,48	0,40	0,46	0,38
Isoleucina	0,70	0,58	0,67	0,56	0,63	0,53
Isoleucina dig.	0,57	0,48	0,55	0,46	0,52	0,43

Nutriente (%)	FASE 1		FASE 2		FASE 3	
	RA	CDA	RA	RA	CDA	RA
Ácido linoleico	2,00	1,67	1,60	1,33	1,30	1,08

RA: Requerimiento g/ave/día

CDA: Consumo diario de alimento

*Sin fitasa

Fisiología de la formación del huevo

La formación del huevo se da en un periodo de 24 a 26 horas aproximadamente, en donde se reconocen sus tres estructuras primarias que son identificadas a simple vista, la primera se observa desde la parte interna que es la yema que está rodeada por un líquido espeso transparente que es la segunda estructura conocida como clara o albúmina y protegida por la tercera parte que es la cáscara (Huyghebaert, 2006).

Cutícula

Capa proteica de consistencia espumosa que tiene un espesor de 10 a 30 micras, se encuentra compuesta principalmente de mucina, tiene la función de impedir la invasión microbiana dentro del huevo por la entrada de partículas de consistencia sólida o líquida a través de la cáscara, esta se presenta solo en huevos recién puestos (Urdaneta Secondary school & University of Deusto, 2013).

Cáscara

La formación de esta estructura toma alrededor de 20 horas, en donde se realiza un proceso de homeostasis de calcio, el cual es obtenido por dos fuentes, la primera por la parte ósea del ave y la segunda por medio del alimento, esta estructura es porosa, ya que presenta alrededor de 7000 a 17000 poros, su color dependerá de la línea genética de la gallina, su conformación proteica se encuentra relacionada a la cantidad de carbonato de

calcio, dando una relación de 1:50; sus elementos principales son calcio en un 98.2%, magnesio en un 0.9% y fósforo en un 0.9% (Vega, 2022).

Membranas testáceas

Son dos membranas finas también conocidas como fárfaras que rodean a la yema y la clara, internamente recubren a la cáscara, su proceso de formación se da en el istmo en donde se produce otro fenómeno conocido como plumping que es la hidratación de la albúmina, se considera que en esta sección se tiene el doble de gramos de agua; las membranas testáceas cumplen otra función que es la mineralización de la cáscara, ya que sobre ellas se alojan los cristales de carbonato de calcio (Soler & Bueso, 2018).

Clara o albúmina

Su formación se da en el mágnam, contiene una cantidad menor de proteínas en relación con la yema, con un 9.1% de proteínas y 0.03% de lípidos, se presenta como una solución acuosa con un contenido de agua de 18 g; en la formación de la clara también interviene la presencia de las chalazas que son filamentos de albúmina de forma espiral que se da por la torsión de las fibras de mucina (Soler & Bueso, 2018).

Yema o vitelo

Presenta una membrana vitelina que la rodea y evita el contacto con la albúmina, concentra el mayor contenido de vitaminas y minerales, con un 15.16% de proteínas y 31.35% de lípidos, es la parte central del huevo con una coloración amarillenta o naranja que depende totalmente del alimento y su concentración de xantofilas y carotenoides, esta característica es importante desde el punto de vista del consumidor (Soler & Bueso, 2018).

Parámetros de calidad de huevo

El huevo es el resultado del conjunto de tres elementos formados en cada parte el aparato reproductor del ave, este proceso empieza con la ovulación de la gallina y termina hasta la primera puesta, haciendo que el ciclo vuelva a empezar alrededor de 25 horas; su

conformación consta de yema, clara y cáscara la cual es la protección física y visible del producto final que debe contemplar ciertos parámetros en donde también depende de la genética del animal (Lohmann Brown Classic, 2021).

La calidad del huevo es sumamente importante desde el punto de vista del bienestar animal, ya que se puede observar y determinar el estado de salud de las aves además de los niveles de nutrientes aplicados tomando los correctivos respectivos en caso de que la producción no se encuentre en los parámetros establecidos o, si la salud del animal se ve involucrada. Para que el producto final pueda ser comercializado es importante que el huevo cumpla con parámetros de color, peso, espesor de cáscara y uniformidad de manera externa, mientras que de manera interna debe cumplir con parámetros ya establecidos de Unidades Haugh, color de yema y altura de la albúmina (Lohmann Brown Classic, 2021).

Las primeras 3 horas de formación se le atribuye a la calidad interna del huevo (tabla 2), las 22 horas restantes están relacionadas con la formación de cáscara y la hidratación del albumen; en este proceso el alimento que el ave ha ingerido es procesado de manera que todos los nutrientes sean transformados en elementos esenciales que conlleva el producto final (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

Tabla 2

Clasificación del huevo por su frescura.

	Grado A	Grado B
Cáscara y cutícula	Normal, intacta y limpia.	Normal e intacta, manchas de carácter mínimo no propias del producto.
Cámara de aire	No debe exceder los 9 mm, inmóvil.	No debe exceder los 5 mm, inmóvil.
Olor y sabor	Sin olores ni sabores extraños.	Sin olores ni sabores extraños.

	Grado A	Grado B
Clara	Transparente, limpia, consistencia gelatinosa, sin cuerpos extraños.	Transparente, limpia, de consistencia gelatinosa. Se admiten manchas de sangre o de carne hasta 3 mm.
Yema	Visible al trasluz, sin contorno aparente, no separándose sensiblemente de la posición central en caso de la rotación del huevo, sin cuerpos extraños.	Visible al trasluz, sin contorno aparente, pequeña separación en caso de la rotación del huevo. Se admiten manchas de sangre o de carne hasta 3 mm.

Nota. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013)

Peso del huevo

El peso del huevo está directamente relacionado con la dieta del animal, edad y raza, para los dos últimos puntos mientras más avanza la edad del ave más pesado es el huevo, debido al aumento del tamaño de la yema, Lohmann Brown es una línea genética de gallinas ponedoras que tienen huevos de gran aprecio comercial, a las 72 semanas de edad el peso de huevo alojado se encuentra en un promedio de 63,9 gramos, a las 80 semanas está en 64,4 gramos y finalmente a las 95 semanas de edad llega a pesar hasta los 65,2 gramos (Lohmann Brown Classic, 2021), posteriormente se presenta la clasificación que se aplica a los huevos frescos según el tamaño y peso (tabla 3):

Tabla 3

Clasificación del huevo por tamaño y peso.

Tipo (tamaño)	Masa unitaria en g	
	Mínimo	Máximo
I Supergigante	76	---
II Gigante	70	76

Tipo (tamaño)	Masa unitaria en g	
	Mínimo	Máximo
III Extragrande	64	70
IV Grande	58	64
V Mediano	50	58
VI Pequeño	46	50
VII Inicial	---	46

Nota. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013)

Cáscara

La cáscara es la única estructura que se encuentra mineralizada y además su peso representa aproximadamente el 9.3% del peso del huevo, comercialmente huevos con grietas, manchas o defectos claramente visibles se presentan como el resultado de un mal proceso de calcificación, por lo tanto, su valor comercial disminuye (Huyghebaert, 2006).

Desde otro punto de vista la formación de la cáscara consta de dos fases, la primera que es la inorgánica en donde el elemento principal es el carbonato de calcio, y la segunda la fase orgánica en donde se presentan azúcares, lípidos y proteínas con un porcentaje de 2%, 3% y 95% respectivamente; el calcio que contiene la cáscara es proporcionado por la circulación sanguínea, para huevos de gallinas ponedoras de alto rendimiento se registra aproximadamente de 1.7 a 2.4 gramos de calcio, en porcentaje esto corresponde a un rango que va desde el 8 al 10% del peso total de Ca que presenta todo el organismo (Huyghebaert, 2006).

Dureza de la cáscara

Depende de factores nutricionales, genéticos, edad de las aves y sistemas de producción (Vera-Rodríguez, y otros, 2020), pero sobre todo se enfoca en el factor nutricional debido a la cantidad de calcio que se incorpora en la dieta, ya que la cantidad adecuada logrará que en la producción no se reflejen huevos con cascarones frágiles (Vera-Rodríguez & Hidalgo-Bravo, 2019).

Grosor de la cáscara

La normativa INEN 1973:2013 determina que el grosor de la cáscara de huevos comerciales debe encontrarse en un rango de 0,28 a 0,37 mm, dato que permite identificar que el cascarón cumpla correctamente su función de protección en la recolección y transporte, cascarones que presentan valores inferiores a los que dicta la norma son frágiles y su ruptura presenta un problema de invasión de microorganismos que dañan al huevo, incluso mucho antes de llegar a su punto de comercialización (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

Grado de frescura

Un lineamiento para determinar la calidad interna del huevo relacionada con la frescura y la calidad proteica son las Unidades Haugh (tabla 4), su valor se relaciona con el peso total del huevo y la altura de la albúmina. La medición de la altura de la albúmina inicia entre el borde y la membrana de la yema, conocida como porción media de la albúmina gruesa, la albúmina se somete naturalmente a un proceso de degradación sobre la unión de las proteínas conocidas como ovomucina y lisozima, desde el mismo instante de la ovoposición, este proceso es la consecuencia del incremento del pH. Diversas investigaciones han resaltado que un valor bajo en calidad de albúmina se presenta con una edad avanzada en las aves y también se relacionan con enfermedades como la bronquitis infecciosa o Newcastle (Martínez, 2020)

La unidad Haugh se encuentra limitado por la temperatura del ambiente, a mayor exposición de la muestra al medio ambiente disminuye su calidad, por lo tanto, se considera que la medición debe tener un rango de temperatura óptima de 7 a 15°C, Cuando la temperatura supera los 10 °C con respecto a la recomendación, se debe castigar con 1.15 puntos la medición de unidades Haugh. (Periago, 2018).

Tabla 4

Valores y relación de calidad de huevo en Unidades Haugh.

Unidades Haugh (UH)	Calidad
> 90	Excelente
80	Muy buena
70	Aceptable
60	Límite para consumo
< 55	Mala

Nota. (Periago, 2018).

Color de la yema

Este parámetro no es indicativo del valor nutricional del huevo, se considera más como un criterio visual que genera atracción hacia el consumidor, por lo tanto, es un factor modificable en la dieta en la cual pueden colocarse xantofilas o carotenos que son componentes derivados de plantas, ciertos crustáceos y microorganismos, los carotenos por su composición proporcionan un color pálido a la yema mientras que las xantofilas son las encargadas de un color mucho más intenso, el método primario para la medición de la coloración es Minolta que utiliza un índice para el color basado en valores del sistema universal en coordenadas L*a*b (L= luminosidad, a= coordenadas rojo/verde, c= coordenadas amarilla/azul) (Konika, 2006); otra alternativa práctica para medición de color

de yema de huevo en campo son los abanicos colorimétricos de Roche y DSM en donde se encuentran preestablecidas 15 tonalidades y 16 tonalidades respectivamente, que empiezan con una escala creciente desde el amarillo pálido y finalizan en un naranja rojizo (Maguregui, 2020). A continuación, en la tabla 6 se presenta a manera de resumen, las principales características físicas del huevo comercial de gallina.

Tabla 5

Características físicas del huevo comercial de gallina.

Parámetro	Mínimo	Máximo	Unidades	Método
Color de yema	7	12	unidades de color	Abanico colorimétrico
Grado de frescura	70	110	unidades Haugh	Medición de unidades Haugh
Cámara de aire	---	15	milímetros	Ovoscopía
Espesor de cáscara	0,28	0,37	milímetros	Medición directa
Gravedad específica	1,074	1,140	---	Solución salina

Nota. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

Lípidos

Son los componentes principales de la yema, presenta alrededor del 30 % de lípidos, se asocian exclusivamente con conjuntos de lipoproteínas. Se componen por un 62% de triglicéridos, 33% de fosfolípidos, menos del 5% de colesterol y menos del 1% de carotenoides (Rakonjac, y otros, 2014).

Poseen cadenas largas hidrocarbonadas lineales o ramificadas, contienen enlaces insaturados, son insolubles en agua, pero solubles en disolventes orgánicos como éter, cloroformo, benceno (FAO, 2008). Estos contribuyen en el sabor, textura y contenido energético de un alimento, son fuentes de energía disponible y almacenada (Roque, 2023).

Oxidación de lípidos

Los lípidos son susceptibles al ataque de los radicales libres y a la oxidación mediante una reacción en cadena. Al aumentar ácidos grasos poliinsaturados en la dieta de las aves, existirá susceptibilidad a la oxidación de estos sobre los huevos, como consecuencia la calidad del huevo se verá disminuida, así como su valor nutricional, además con la desventaja de que el producto sea rechazado por el consumidor (Addis, 1986).

Los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) son más susceptibles a la oxidación, lo que resulta en la formación de alcanos, aldehídos, alcoholes e hidroperóxidos, entre otros productos. La reacción en cadena es conocida como peroxidación lipídica, esta reacción modifica los aminoácidos y las actividades enzimáticas lo que provoca un trastorno en las estructuras de las membranas celulares (Rocha, y otros, 2010).

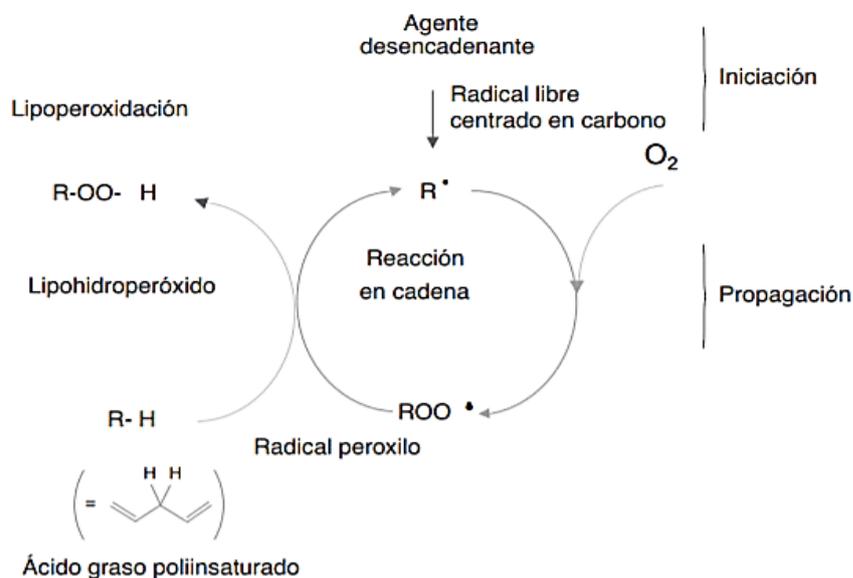
La peroxidación lipídica se puede distinguir en tres etapas: en la iniciación un residuo de ácido graso poliinsaturado que se encuentra en la membrana lipídica, reacciona con un radical libre provocando la pérdida de un átomo de hidrógeno del grupo metilo, el carbono que perdió el hidrógeno reacciona con el oxígeno O_2 y forma un radical peroxilo, esta molécula a su vez atrae un hidrógeno metilénico y reacciona formando lipoperoxido, esta nueva molécula inactiva las enzimas, los residuos de aminoácidos son oxidados.

En la propagación la molécula que perdió el hidrógeno repetirá el proceso, es decir, que retirará el hidrógeno del ácido graso insaturado, propagando una reacción en cadena.

En la terminación finaliza la ciclización de este proceso cuando el radical peroxilo encuentra una molécula antioxidante capaz de donar un átomo de hidrógeno formando un nuevo radical y terminando con la cadena de reacciones, figura 1.

Figura 1

Proceso peroxidación lipídica



Nota. (Salazar, 2021).

Además de enriquecer los huevos con ácidos poliinsaturados, se requiere que se adicionen cantidades de antioxidantes naturales como selenio, Vitamina E y carotenos para mantener su calidad (Crnčan, Milković, Jakšić, & Kristić, 2023).

Los antioxidantes ayudan en gran medida a controlar el daño causado en las células por los radicales libres, principalmente la vitamina E (alfa-tocoferol) que al donar su átomo de hidrógeno convierte el radical peroxilo en un peróxido (Rocha, y otros, 2010), con la inclusión de 200 ppm de vitamina E en dieta de las gallinas ya se observan efectos antioxidantes sobre el huevo (Alagawany, Dhama, & Farag, 2019).

Los carotenoides eliminan los radicales libres disipando la energía de especies químicas reactivas, además recicla la vitamina E a través de la donación de electrones (Rocha, y otros, 2010).

La suplementación de antioxidantes naturales como el Selenio mejora las propiedades antioxidantes, al incluir 0,3 mg/kg de selenio en la dieta protege a la yema del

daño oxidativo y contribuye al incremento de la vida útil del huevo (Moslehi, Navidshad, Sharifi, & Aghjeshlagh, 2019).

Ácidos grasos

Los ácidos grasos son ésteres del glicerol, presentan un grupo carboxilo unido a un radical de n número de carbonos. El grupo carboxilo se forma por un carbonilo y un hidroxilo, y el radical se liga por enlaces covalentes (Roque, 2023), son necesarios para desempeñar funciones metabólicas y estructurales (FAO, 2008). En la tabla 6, se expone la clasificación de ácidos grasos.

Tabla 6

Clasificación de los ácidos grasos saturados.

Ácidos Grasos [AG] Saturados		
AG Cadena Media	AG Cadena Larga	AG Cadena Muy Larga
8-13 Carbonos	14-20 Carbonos	21 o más Carbonos
Caprílico [C8:0]	Mirístico [C14:0]	Behénico [C22:0]
Cáprico [C10:0]	Palmítico [C16:0]	Lignocérico [C24:0]
Laúrico [C12:0]	Esteárico [C18:0]	
	Araquídico [C20:0]	

Nota. (FAO, 2008)

Los ácidos grasos poliinsaturado como el Linoleico [18:2 n-6] es esencial primario generador de la familia de los AG n-6 se encuentran principalmente en los aceites vegetales; el α -Linolénico (ALA) es generador de la familia n-3; como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) son componentes que se

encuentran en los lípidos marinos (FAO, 2008), en la tabla 7 se presentan los ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 7

Ácidos grasos poliinsaturados.

Ácidos grasos poliinsaturados omega-3		
Nombre AG	Abreviatura omega	Fuentes
α-linolénico	18:3 n-3 (ALA)	Aceite de linaza, canola y soja
ácido estearidónico	18:4 n-3 (SDA)	Aceite de pescado, soja, cáñamo
Ácido eicosapentaenoico	20:5 n-3 (EPA)	Salmón, arenque, anchoa, caballa
Ácido Docosapentaenoico	22:5 n-3 (DPA)	Salmón, arenque, anchoa, caballa
Ácido Docosahexaenoico	22:6 n-3 (DHA)	Salmón, arenque, anchoa, caballa

Nota. (FAO, 2008)

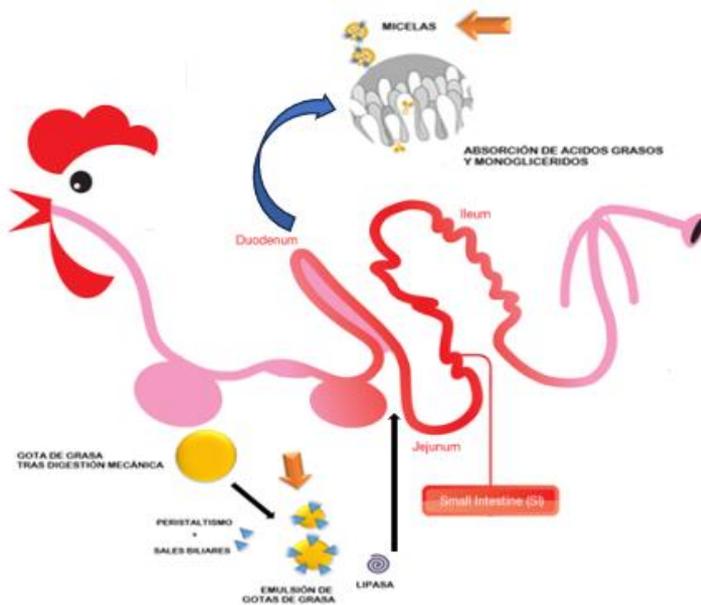
Los ácidos grasos omegas 3 no pueden sintetizarse biológicamente a través de los procesos metabólicos (Floros, Toskas, Pasadi, & Vareltzis, 2022), la ingesta de ácido eicosapentaenoico y el docosahexaenoico son los más importantes y potencialmente benéficos para la salud humana (FAO, 2008)

Digestión y absorción lipídica en las aves

En las aves la molleja y los intestinos realizan la emulsificación de los lípidos, la elaboración de micelas y los procesos de absorción, en el caso de la emulsificación, se genera por la acción de los ácidos biliares, sales biliares y la enzima lipasa pancreática, además se conoce que la fosfolipasa A2 y la colipasa también son generadas por el páncreas, las cuales aseguran una acción óptima de la lipasa pancreática (Krogdahl, 1985), figura 2.

Figura 2

Metabolismo de lípidos en ave



Nota. (Téllez, y otros, 2020)

Los lípidos se hidrolizan a nivel de intestino, y luego de este proceso son devueltos a la molleja (efecto de reflujo, que moviliza la digesta desde el duodeno y yeyuno hacia la molleja), por lo que se afirma existe el efecto de reflejo enterogástrico, luego de este proceso se absorben los lípidos en el duodeno y zona anterior del yeyuno de manera principal.

Las proporciones del flujo biliar y las enzimas procedentes del páncreas, son reguladas por la hormona colecistoquinina, la misma que es sintetizada por medio de la mucosa originaria del intestino delgado y producida en el duodeno, siempre y cuando exista la presencia de ácidos grasos y aminoácidos.

Se estima que las micelas compuestas tienen la facultad de mejorar la absorción de los compuestos lipídicos, como consecuencia de una alta presencia de productos (fosfolípidos, ésteres de colesterol y vitaminas liposolubles), destinados a digerir grasas presentes en las células de la mucosa intestinal.

En las gallinas ponedoras, los omegas 3 y 6, el ácido linoleico, esteárico y palmítico se absorben en mayor proporción en el área del íleon, aun cuando en las aves la absorción se genera en el yeyuno.

Mecanismos de los ácidos grasos omega 3

Existen diversos mecanismos de los ácidos grasos que interactúan en las células, en unos casos se los incorporan primero a los fosfolípidos de las membranas celulares, esta incorporación dependerá de una mayor ingesta de alimento y de su mayor concentración se da en la retina y el tejido cortical cerebral y menor concentración en tejido adiposo, hígado y músculo (Castellanos & Rodríguez, 2014)

Los beneficios de los nutrientes omega 3 conducen a incorporar ingredientes ricos en perfil de ácidos grasos poliinsaturados en productos para consumo humano como: la carne de pollo y el huevo de mesa al enriquecer las dietas de pollos de engorde y/o postura. El interés nutricional de los lípidos se basa en:

- Es la principal reserva energética del organismo.
- Las capas lipídicas de las membranas recubren órganos.
- Funciona como biocatalizador facilitando las reacciones de los seres vivos como las hormonas esteroideas y las prostaglandinas.
- Transporta micelas, quilomicrones, lipoproteínas y complejos de ácidos grasos.
- Suministra ácidos grasos, precursores de nutrientes esenciales como el colesterol, síntesis de la vitamina D y ácidos biliares.

Ácidos grasos en gallinas ponedoras

Mediante diversas investigaciones, se ha comprobado que el consumo de ácidos grasos poliinsaturados puede modificar la composición lipídica de la yema de los huevos, por lo cual, estos se pueden variar según el requerimiento nutricional del consumidor final

(Cardaci, 2019). Los ácidos grasos tienen mayor capacidad de actuar sobre la composición nutricional del huevo (Antruejo A. E., 2010).

A su vez, Elkin (2006) afirma, que los ácidos grasos omega 3, procedentes de plantas marinas y semillas, tiene la capacidad de influir directamente en las concentraciones de colesterol en la yema, siendo menor el contenido de colesterol, cuando es mayor la proporción de omega 3 en las dietas.

Al entregar dietas con fuentes de ácido linoleico y linolénico previenen alteraciones a nivel de sistema inmunológico y crecimiento de las aves (menor resistencia a las enfermedades y retardo en el crecimiento), al generarse una deficiencia de estos ácidos grasos habrá una disminución en el tamaño de huevo (Ravindran, Tanchanroenrat, Zaefarian, & Ravindran, 2016), además la producción de huevos se verá afectada en un 28,4% y será más evidente la presencia de cáscaras rotas; el equilibrio de estos nutrientes se refleja en el buen estado de salud de los huesos de la quilla y el plumaje del vientre (Roque, 2023).

Metabolismo de los lípidos

Los lípidos de la dieta son importantes porque proporcionan energía a las aves en el metabolismo, debido a la presencia de los ácidos grasos esenciales y fuentes de vitaminas liposolubles (Murray, y otros, 2012). La absorción y transporte de los lípidos son diferentes tanto en mamíferos, como en aves, puesto que en aves los triglicéridos tienden a almacenarse dentro de los hepatocitos, yema, o sobre el tejido (Osorio & Flores, 2018).

Dentro de los procesos físicos y químicos que realizan los lípidos en las aves, se conoce que no existe acción de las enzimas lipasas (gástrica-lingual), por ello, el trabajo de emulsificar grasas lo realizan los intestinos y la molleja, con ayuda de sales biliares, lipasa pancreática, fosfolipasa A2 y colipasa (Roque, 2023). Según Osorio & Flórez (2011), el ácido tauroquenosodesoxicólico presente en las sales biliares en grandes proporciones, es el

principal inhibidor de la lipasa pancreática, lo que reduce la función de la colipasa (Osorio & Flórez, 2011)

Según Roque (2023), los ácidos grasos poliinsaturados (C18:3, omega-3, ácido alfa-linolénico) y omega-6 (C18:2, omega-6, ácido linoleico), son los principales ácidos grasos esenciales, por lo cual es de vital importancia su ingesta por medio de las dietas, pues al existir carencia de los mismos se pueden generar alteraciones metabólicas en el organismo de las aves.

Los ácidos grasos en el organismo se utilizan como fuentes de energía o precursores de la grasa corporal, los quilomicrones al ser hidrolizados por la enzima lipoproteína lipasa llegan a los tejidos en forma de glicerol y ácidos grasos libres. El glicerol al ingresar a la ruta glucolítica se convierte en el combustible para la oxidación y como precursor de la glucosa al ingresar a la ruta gluconeogénica. Los ácidos grasos libres siguen dos rutas dependiendo del requerimiento energético del animal, si el requerimiento es mayor los ácidos grasos se oxidan hasta CO_2 y H_2O , a través de la β -oxidación en la mitocondria lo que genera energía en forma de ATP y calor; si el requerimiento del animal es menor los ácidos grasos se esterifican y forman grasa en el citoplasma depositándose en la cavidad abdominal e hígado (Roque, 2023).

Los triglicéridos sintetizados se incorporan a lipoproteínas de muy baja densidad; al inicio de la puesta se incrementa el contenido lipídico en hígado y sangre por la acumulación de lipoproteínas, la transferencia de los lípidos del plasma a la yema ocurre en el ovario, la transferencia es directa y la composición de ácidos grasos es similar (Antruejo A. E., 2010).

Elongación de ácidos grasos:

Se considera que los omegas 3 y 6, son ácidos grasos precursores, los cuales, mediante los procesos de elongación y desaturación generados a nivel de hígado promueven la formación de ácidos araquidónico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico.

El ácido Linoleico una vez en el organismo aumenta un doble enlace y se forma el ácido α -linolénico y este a su vez reorganiza sus enlaces dobles y alarga sus carbonos formando el ácido Araquidónico (C20:4) (Roque, 2023).

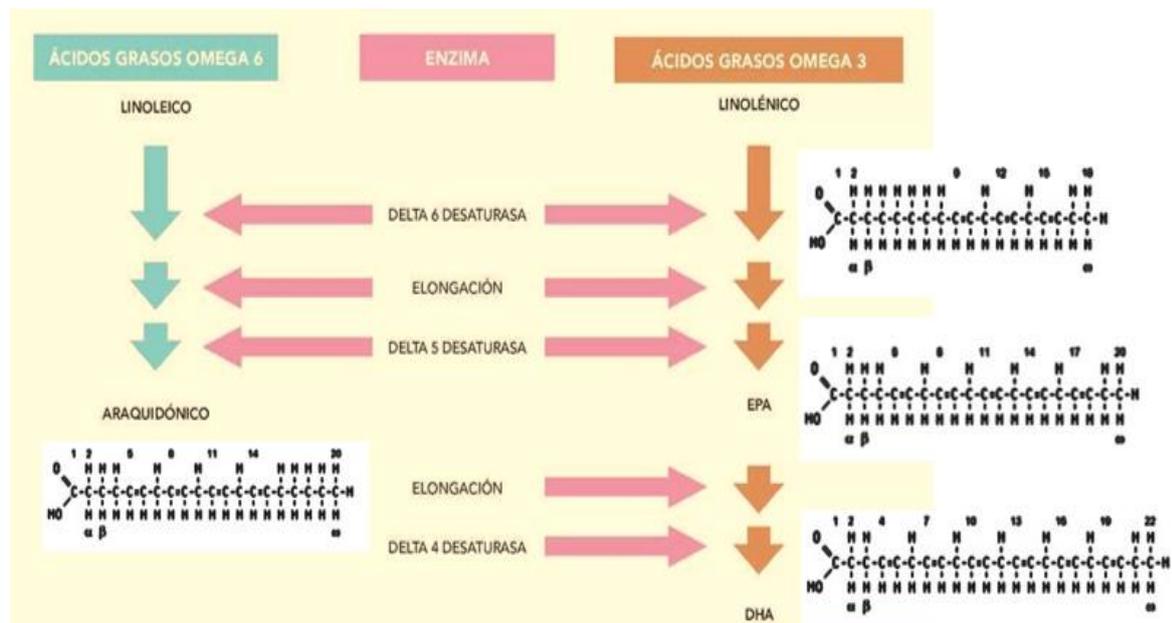
El ácido linolénico elonga sus carbonos y reorganiza sus dobles enlaces una vez que se encuentra dentro del organismo formando el ácido eicosapentaenoico (C20:5) y este a su vez puede alargar más sus carbonos formando el ácido docosahexaenoico (C22:6) (Roque, 2023).

Se conoce que el proceso bioquímico de elongación y desaturación, del ácido linoléico y alfolinoléico, se produce a través de las enzimas elongasa y desaturasa (figura 3), que se encuentran ubicadas en el retículo endoplasmático y peroxisomas pertenecientes a las células (Carrero, y otros, 2005).

Estos ácidos grasos compiten con las mismas enzimas por seguir una misma ruta metabólica (Carrero, y otros, 2005).

Figura 3

Elongación y desaturación de los ácidos grasos omega 3 y 6.



Nota. (Molina & Martín, 2010), (Roque, 2023).

Fuentes de Omega 3

Linaza

Linaza es el nombre con el que se conoce a las semillas de lino (*Linum usitatissimum* L.), considerada como una oleaginosa industrial, con diversos usos en la alimentación (Hidalgo-Tufiño, 2021), en donde es preferida por su alto contenido de proteína, grasa, fibra y omega 3 (tabla 8); este último conserva propiedades que le permiten actuar como un regulador hormonal, antioxidante y permite evitar el cáncer y la diabetes (Castro, Ríos, Contreras, Robles , & Portillo, 2017).

Los principales ácidos grasos considerados son; alfa-linolénico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico, de los cuales el primero se logra obtener en aceites vegetales de linaza, soja o canola, mientras que los restantes se obtienen en pescado y mariscos (National Institute of Health, 2022).

Tabla 8

Características químicas, nutricionales y ácidos grasos de Linaza.

Nutriente	Contenido (%)
Proteína	21,89
Grasa cruda	42,06
Ceniza	3,25
Fibra total	32,75
Calcio	0,24
Fósforo (mg/kg)	0,51
Potasio	2,22
Alfa-linolénico	61,3
Linoleico	16,5

Nota. (Ostojich & Sangronis, 2012)

Las semillas de linaza contienen más omega 3 que cualquier otra semilla productora de aceite. Además de esta característica estas semillas también son ricas en proteínas, y algunos estudios han demostrado que la composición de aminoácidos de la proteína de linaza es aparente a la de la soja, que se considera una de las proteínas de origen vegetal más nutritivas; la albúmina y la globulina constituyen alrededor del 20 al 42% de la proteína de linaza respectivamente (Gómez, 2003).

En cuanto a la fibra de esta semilla con origen oleaginoso, la fibra insoluble incrementa el volumen de las fecas y minimiza disminuye el tiempo de tránsito en el intestino; a su vez, mantiene propiedades hipoglucemiantes e hipocolesterolemiantes, por lo que forman un gel intraluminal que reduce el área de contacto con las vellosidades, reduciendo así la absorción de glucosa y colesterol (Lenzi, Fernandes, Teles, & Guzmán , 2008).

Las semillas de linaza cambian la concentración de ácidos grasos (AG) en los huevos

Según Saquinga (2014), es conocido que cambiando las propiedades de AG del alimento balanceado se puede cambiar la concentración de AG de la yema de huevo. Estas alteraciones son básicamente cambios inversos entre los indicadores AGPI y AGMI, mientras que el AGS prácticamente no sufren alteraciones.

Por ello, actualmente se aprecia en el mercado huevos ricos en ácidos grasos poliinsaturados omega 3, posiblemente debido a la adición de aceite de linaza o pescado a la dieta de las aves de postura, lo que ha permitido incrementar los contenidos de AG de ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), que forman parte de los AGPI omega 3 destinados a minimizar la presencia de enfermedades cardiovasculares y fortalece las acciones mentales y visuales (Saquinga, 2014)

Uso de linaza para incrementar la masa ósea en aves

Los huesos rotos son uno de los problemas que enfrentan los avicultores. Esto sucede generalmente cuando el espacio de crianza es limitado. En estos casos el uso de linaza en los concentrados es muy aceptada, pues estas semillas al poseer altos grados de omega 3 directamente fortalece los huesos, e incluso puede ser una opción más eficaz que los suplementos dietéticos fortalecidos con vitaminas, calcio y flúor (Polyedro, 2020).

Linaza para aves ponedoras

En los sistemas de producción de gallinas ponedoras, últimamente se han generado varios estudios con materias primas no tradicionales, entre ellos el uso de linaza como fuente principal para producir huevos ricos en omega 3 (García & Gélvez, 2015).

Para lo cual se ha suministrado linaza como complemento del balanceado en las aves de postura, debido a su alta concentración de ácidos grasos insaturados, siendo las proporciones más utilizadas las de 5 a 10% (Díaz & Betancourt, 2009).

Con dichas proporciones, ha existido variaciones en los contenidos de omega 3 en los huevos, en comparación con otros en donde se mantiene a las aves alimentadas de manera tradicional; a la vez, se estima que porcentajes mayores de linaza pueden generar variación en el sabor de los alimentos lo que puede resultar negativo cuando no existe una previa adaptación de las aves; dichas cantidades de linaza aplicadas a los concentrados, también pueden generar variaciones en el sabor del huevo, por lo que existe una alta posibilidad de que esto no sea aceptable por el consumidor (Meza, 2018).

En la investigación de Shafey, Al-Batshan, & Farhan (2015) con el uso de harina de linaza demostró que los compuestos de ácido alfa-linolénico y sus precursores EPA y DHA reducen trastornos cardiovasculares y ascitis en las aves, la ascitis se asocia con una presión anormalmente alta entre el corazón y los pulmones lo que deriva en insuficiencia cardiaca, puede ocurrir debido a varios factores como las condiciones ambientales, calidad de aire, densidad de la parvada, temperatura ambiente, densidad de la dieta, higiene del

entorno y la línea genética del animal, este a su vez presentará un abdomen dilatado por la acumulación de líquido en la cavidad abdominal del ave (DSM, 2023). Los trastornos vasculares afectan el abastecimiento sanguíneo a los órganos vitales en en las aves a través de alteraciones como trombosis, hemorragias y edemas (Gutiérrez A. , 2019).

Chía

La chía (*Salvia hispánica*) es una planta oleaginosa, aromática, cuya semilla ha resultado ser muy cotizada en el mercado alimentario como consecuencia directa de su alta concentración de ácidos grasos, fibra, proteínas y minerales (tabla 9), (Carrillo-Gómez, Gutiérrez-Cuevas, Muro-Valverde, Martínez-Horner, & Torres-Bugarín, 2017). Según Gutiérrez y otros. (2014), el interés de esta semilla surgió en el siglo 19, debido a su alta cantidad de proteínas, fibra y lípidos, sin embargo, en la actualidad las semillas de Chía han resultado dentro de la industria alimentaria como consecuencia de su 68% de concentración de ácido alfa-linolénico.

Tabla 9

Características químicas, nutricionales y ácidos grasos de las semillas Chía (Salvia hispánica)

Nutriente	Contenido (%)
Proteína	19,9
Grasa	27,9
Ceniza	4,5
Fibra	33
Calcio	0,714
Fósforo	1,07
Potasio	0,7
Sodio	0,053

Nutriente	Contenido (%)
Linolénico	51,82
Linoleico	19,36

Nota. (Mosquera, Reinoso, & Vásquez, 2017) y (Carrillo-Gómez, Gutiérrez-Cuevas, Muro-Valverde, Martínez-Horner, & Torres-Bugarín, 2017)

Usos de las semillas de Chía

El uso de semillas de chía como ingrediente principal en la preparación de alimentos balanceados destinado al consumo de aves puede aumentar el contenido de ácidos grasos poliinsaturados de los productos avícolas, por lo que su consumo tiende a generar grandes beneficios. Esto se debe a que las aves pueden incorporar los lípidos de la dieta de forma directa en los huevos o en sus reservas de grasa sin cambiar su estructura química. La utilización de harina de chía, en aves ponedoras y pollos de engorde ha promovido un enriquecimiento de ácido α -linolénico en la yema de huevo y carne de pollo y a su vez, ha disminuido el porcentaje de ácido palmítico.

Los niveles de inclusión investigados de 10 a 15% de chía en el los alimentos balanceados, no afectan ni la productividad de las aves ni la salud de los animales, incluso los derivados de estos animales, presentan un mejor valor nutricional para los consumidores (Salazar-Vega, Rosado-Rubio, Chel-Guerrero, Betancur-Ancona, & Castellanos-Ruelas, 2009).

La chía en forma de semilla o harina, son una materia prima vegetal natural rica en ácidos alfa-linolénico y linoleico, fibra dietética, proteínas, antioxidantes, vitaminas B y minerales. Por lo cual, la harina de semillas de chía es un subproducto con alto valor en la industria agroalimentaria, tras la obtención del aceite de sus semillas (Ayerza, Coates, & Lauria, 2002).

Cabe considerar, que las ventajas nutricionales de las semillas de chía y la comercialización de los productos que las utilizan como ingredientes dentro de la industria alimentaria, están aumentando en todo el mundo. Hoy en día, las semillas de chía se encuentran en la alimentación humana y animal (Antruejo, y otros, 2011).

Algas marinas

Las algas marinas en la actualidad han sido utilizadas, como fuentes de alimento, fertilizantes y aditivos de suplementos alimenticios, estos microorganismos, son consideradas reservorios nutritivos, por lo que tienden a minimizar las afectaciones patológicas como el estrés oxidativo, entre otros (Rojas Vega, Valdivieso Izquierdo, & Arnao Salas, 2018).

El ácido eicosapentaenoico - EPA (16%) y el ácido docosahexaenoico – DHA (37%) solo se encuentran en algas, microalgas y animales marinos; por ello, la absorción de estas fuentes de omega 3, solo puede ser a través del consumo de productos del mar, siendo su único reemplazo los aceites vegetales de canola, linaza y chía (Valenzuela, Sanhueza, & Valenzuela, Las microalgas: una fuente renovable para la obtención de ácidos grasos omega-3 de cadena larga para la nutrición humana y animal, 2015).

Por otra parte, las microalgas, son organismos unicelulares de diminuto tamaño, que pueden ser utilizadas en la industria alimenticia, donde *Schizochytrium* sp es una de las microalgas más utilizadas, como consecuencia de su elevado aporte de omega 3, a lo que se suman nutrientes como colina, serina, entre otros, por lo que se asumen que este microorganismo genera doble beneficio nutricional (Valenzuela , Valenzuela, Sanhueza, De la Barra, & Morales, 2014).

Schizochytrium sp., es un microorganismo muy estudiado, ya que a más de contener altas concentraciones de omega 3, este es utilizado en tratamientos en contra la esteroidesclerosis, artritis reumatoide y cáncer (Cruz, 2019), mientras que en la acuicultura se utiliza como un potencial reemplazo del aceite de pescado (Rahman Hakim, 2012).

Otra alga de alto interés dentro de la industria alimentaria es Wakame (*Undaria pinnatifida*), un alga de color verde, altamente consumida a nivel mundial, debido a su capacidad de mejorar la salud, a través de su función antioxidante y potenciales beneficios sobre el área intestinal, también esta alga es conocida como uno de los más eficaces alimentos utilizados para la depuración de la sangre (Rodríguez, Cioccia, Gutiérrez, & Hevia, 2018)

Según Quitral, Morales, Sepúlveda, & Schwartz (2012) el alga wakame posee propiedades gelificantes como consecuencia de la presencia de altos contenidos de calcio, alginatos y más nutrientes (tabla 10), a su vez, posee mínimos contenidos de fibras dietéticas solubles, alto contenido mineral y elevada capacidad de retención de agua (Schultz Moreira, y otros, 2014).

Tabla 10

Características químicas, minerales y ácidos grasos de algas marinas.

Nutriente	Contenido (%)
Proteína	5
Ceniza	32
Grasa	48
Fibra	0,5
Linolénico	17

Nota. (Quitral, Morales , Sepúlveda, & Schwartz, 2012) y (Salud y vida natural integral, 2018).

Algas marinas en las explotaciones avícolas

En las explotaciones avícolas, se ha informado que la adición de un 3 % de algas marinas al alimento para pollos aumenta la formación de los músculos que conforman la pechuga y disminuye las proporciones de lípidos, colesterol y ácido úrico en pollos (Bleakley & Hayes, 2017).

Además, se cree que la suplementación con algas en gallinas ponedoras reconforta la salud intestinal, los niveles de producción y la calidad del huevo por causa de sus efectos probióticos. Los mencionados parámetros tienden a determinar las tasas de producción de la industria de alimentos para animales en la agricultura, especialmente aquellos que tienen una demanda creciente de proteína animal siendo las principales aves, ganado y cerdos (Piwowar & Harasym, 2020).

Algas como suplementos nutricionales

Las nuevas tendencias en la demanda de alimentos y la nutrición han llamado la atención sobre alimentos alternativos en busca de mejorar la salud, el sabor la nutrición y su disponibilidad (Bikker, Stokvis, Krimpen, Wikselaar, & Cone, 2020).

La utilización de suplementos nutricionales de origen animal, mediante el uso de materias primas no tradicionales con gran calidad como la harina de algas ha demostrado que agregar algas verdes o una mezcla de algas verdes y rojas al balanceado para aves mejora el crecimiento y la salud de las mismas. A su vez, se conoce que la adición del 1 al 3% de algas en la dieta alimenticia, logra mejorar producción y calidad del huevo, así mismo, esta logra incrementar el peso y grosor del cascarón, mejora el color y reduce el contenido de colesterol en la yema; también se ha logrado conocer que el extracto de algas reduce la presencia de *E. coli* en las fecas y la carne (Morais, y otros, 2020).

Estas aves también logran tener un sistema inmunológico mejorado, como lo demuestra un aumento significativo en el recuento de glóbulos blancos y una mayor actividad fagocítica de los macrófagos (Al-Batshan, Al-Mufarrej, & Al-Homaidan, 2001).

A la vez se conoce, que la alimentación de gallinas, con concentraciones variables de un extracto de algas, en el alimento mejora ligeramente las tasas de crecimiento, a su vez, permite aumentar las tasas de fertilidad, así como también aumenta la intensidad del color de la yema de huevo (Ross & Dominy, 1990).

Estos resultados han sido confirmados por varios otros estudios, que indican que la inclusión de algas marinas en una concentración de 2 a 2,5 % en el alimento intensifica el color de las yemas de huevo para que sea más agradable estéticamente para los consumidores (Zahroojian, Moravej, & Shivazad, 2013).

Se cree que la coloración intensificada de la yema se debe al β -caroteno. Esta inclusión también permite valorizar los productos de huevo al disminuir su contenido de colesterol y ácidos grasos saturados, y reemplazarlos con mayores niveles de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 beneficiosos para la calidad del huevo (Zahroojian, Moravej, & Shivazad, 2013)

Sacha Inchi

Plukenetia volubilis L., más conocida como Sacha Inchi, es una planta que produce semillas de las que se obtiene aceite con propiedades antioxidantes y rico en ácidos grasos poliinsaturados, por lo que tiene un gran potencial para aplicaciones agrotecnológicas en la industria de la alimentación humana, animal y cosmética (Alayon & Echeverri, 2016).

Composición química de las semillas de Sacha inchi

Según Lucas (2011), las semillas de sachá han llamado mucho la atención debido a su alto contenido de aceite (35-60%), que contienen altos niveles de ácidos linolénico y linoleico, por lo que tienen un gran potencial, dentro de la industria farmacéutica y alimentaria, debido a los componentes concentrados en sus semillas (Tabla 11).

A su vez, estas semillas poseen fundamentalmente grasas y proteínas con pequeñas cantidades de carbohidratos, vitaminas, esteroides y minerales. Las proporciones

de estos componentes varían según la fuente de la semilla, el manejo del cultivo y los métodos de extracción y análisis, entre otros factores (Lucas, 2011).

Tabla 11

Característica de los componentes químicos de las semillas de Sacha inchi

Nutriente	Contenido (%)
Proteína	24,7
Ceniza	4
Grasas	42
Fibra	6,6
Calcio	2,41
Sodio	15,4
Zinc	0.05
Potasio	5,56

Nota. (Lucas, 2011).

Seguridad y ventajas del consumo de Sacha Inchi

Se han desarrollado estudios en modelos animales y humanos, estas semillas han demostrado ser seguras para el consumo. De hecho, muchas tribus nativas americanas las usaban para recuperar fuerzas o específicamente para extraer su aceite y harina, como remedios y cosméticos para el dolor muscular (Mosquera, Noriega, Tapia, & Pérez, 2012). El contenido de proteína de sachá inchi (alrededor del 27%) es similar al que se encuentra en otras semillas oleaginosas como la soja, el algodón y el girasol (Viegas Rodrigues, Bordignon, & Bovi Ambrosano, 2014).

Propiedades fisicoquímicas del aceite de Sacha inchi

Es conocido que las semillas de sachá inchi, tiene un mayor contenido de aceite que la soja, el maní, el algodón y las semillas de girasol, y una mayor concentración de ácido linolénico en comparación con las semillas antes mencionadas. Las concentraciones de ácido linolénico y ácido linoleico generalmente son 45,2 y 36,8% respectivamente.

Así mismo, los análisis para evaluar aminoácidos han mostrado que los contenidos de cisteína, tirosina, treonina y triptófano son relativamente más altos en comparación con las proteínas de semillas oleaginosas antes mencionadas (Mozaffarian & Wu, 2011)

A continuación, en la tabla 12 se presenta la composición fisicoquímica del aceite de sachá inchi.

Tabla 12

Propiedades fisicoquímicas del aceite de sachá inchi

Parámetros	Contenido %
<i>Semilla</i>	
Aceite total	54,3
<i>Aceite crudo</i>	
Ácido linolénico	3
<i>Composición de ácido graso (%)</i>	
Palmítico	4,24
Estéarico	2,5
Linoleico	34,08
Linolénico	50,41
Omega 3	11,68
Omega 6	50,65
Omega 3 / Omega 6	4,34
Ácido graso saturado	15,13

<i>Composición de ácido graso (%)</i>	
Ácido graso monoinsaturado	22,54
Ácido graso poliinsaturado	62,33
<i>Tocoferoles totales (%)</i>	2,39

Nota. (Flores & Lock, 2013).

Beneficios de utilizar sachá inchi en la dieta de aves

Mediante una investigación aplicada, utilizando Sachá inchi como enriquecedor de balanceados destinados a las explotaciones. El sachá inchi es una especie vegetal cuyas semillas son ricas en ácidos grasos linoleicos y vitaminas A y E, por lo que se ha utilizado estas semillas en experimentos como alimento para gallinas ponedoras, en donde se ha suplementado con 5% en la dieta, lo que permite directamente aumentar el contenido de omega 3 de los huevos, especialmente cuando se lleva alimentado a las aves por cuatro semanas consecutivas utilizando la dieta enriquecida (Muirragui, 2013).

Comparación de las fuentes de omega 3

Al trabajar con diversas fuentes alimenticias, se realizó una comparación entre la composición química (%) y el contenido de ácidos grasos, en la harina de pescado (Balcamsa, 2020); (Belén-Camacho, García, Moreno-Álvarez, Medina, & Granados, 2006) semillas de linaza (Ostojich & Sangronis, 2012), chía (Carrillo-Gómez, Gutiérrez-Cuevas, Muro-Valverde, Martínez-Horner, & Torres-Bugarín, 2017); (Gutiérrez, y otros, 2014); (Mosquera, Reinoso, & Vásquez, 2017), sachá inchi (Lucas, 2011) y algas marinas (Conchillo, Valencia, Puente, Ansorena, & Astiasarán, 2006), (Quitral, Morales, Sepúlveda, & Schwartz, 2012), como se muestra en la tabla 13.

Tabla 13

Comparación de la composición química y ácidos grasos en diferentes fuentes alimenticias.

Nutriente	Semillas			Algas marinas	Harina de Pescado
	Linaza	Chía	Sacha inchi		
Proteína %	21,89	29,2	24,7	11,2	58
Grasa %	42	32,8	42	42	9
Ceniza %	3,25	10,27	37	4	24,58
Ácidos Grasos					
Alfa-linolénico %	61,3	73,93	50,41	0,22	0,7
Linoleico%	16,5	15,86	34,08	0,46	0,06
Omega 3%	57	62,67	11,68	43,97	11,77
Omega 6 %	16	18,34	50,65	16,63	7,59

Características de la utilidad de omega 3 de origen vegetal y animal.

En la década de los 80 la única forma de ingerir omega 3, era mediante el consumo de pescado “salmón” (carne y aceite), sin embargo, con la llegada de la revolución industrial se incorporó y aumentó la utilización de aceites de granos y semillas dentro del consumo humano y animal, siendo estas fuentes vegetales las más asequibles para las comunidades debido a su bajo costo de adquisición (Castro-González, 2002).

Los indicadores de oxidación de lípidos se conocen como sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), la principal sustancia reactiva al TBARS es el malonaldehído como producto final después de la peroxidación lipídica (Loyaga-Cortez, Mendoza-Ordoñez, Ybanez-Julca, & Asunción-Álvarez, 2020).

Los ácidos grasos sobre la yema de huevos son más susceptibles a oxidación, pueden oxidarse a temperaturas de 4 y 25 °C, y esta oxidación aumenta con el aumento de la temperatura (Rocha, y otros, 2010), por esta razón el tiempo de almacenamiento sobre el

cual el huevo puede estar expuesto sin causar efectos tóxicos en sus consumidores, según Gómez (2003), puede ser sin problema hasta los 30 días después de la puesta, en ese tiempo su concentración de malonaldehído (MDA/kg) se mantiene en el rango de 0,86 a 0,97%; mientras que al obtener un huevo enriquecido con omega 3 (linaza 12,7%), su proporción de MDA/kg parte de 0,92% y en los primeros 10 días ya logra conseguir 1,03% lo que permite asegurar que un mayor contenido de omega 3 en el huevo, influye directamente en la oxidación de la yema, lo que limita la calidad del huevo, y su aceptación por parte del consumidor.

Huevos enriquecidos con omega 3

Un producto enriquecido tiene como fin aumentar las concentraciones de ciertos nutrientes que son benéficos para la salud humana y que se encuentran deficientes; al otorgar alimentos de diseño en este caso dietas enriquecidas con omega 3 se puede obtener huevos con mayor concentración de este ácido graso esencial (Lima & Souza, 2018).

Para que un huevo sea considerado enriquecido en ácidos grasos omega 3 debe concentrar como mínimo 300 mg de omega 3 por cada 100 g de yema, es decir, el 3% (Tello & Guerrero, 2007).

Después de cuatro semanas de haber ofertado a las gallinas una dieta con fuentes de omega 3 ya existe una concentración detectable de este ácido graso sobre la yema de huevo (Lucas, 2011).

Capítulo III

Materiales y métodos

Área de influencia

La investigación se realizó en la hacienda “El Prado” ubicada en el sector Selva Alegre (figura 4), Sangolquí; con una latitud $0^{\circ} 22'42.0''$ y longitud $78^{\circ}24'59.0''$; bajo una temperatura mínima de $7 [^{\circ}\text{C}]$ y máxima $20 [^{\circ}\text{C}]$ (Licto, 2017).

Figura 4

Hacienda El Prado. IASA I.



Nota. Ubicación del proyecto de titulación, taller de Avicultura.

Fuente: (ESPE , 2011)

Unidades experimentales

En el presente experimento, la fase de campo se realizó en el taller de avicultura, sus instalaciones se encuentran en la facultad de Ingeniería Agropecuaria IASA 1, la línea genética que se utilizó fueron gallinas ponedoras de huevo marrón Lohmann Brown-Classic con una edad de 83 semanas durante el periodo de postura fase 3.

Las aves fueron dispuestas bajo un diseño completamente al azar, ubicadas en jaulas de pisos suspendidos, con un entorno idéntico para cada uno de los tratamientos. Se establecieron 5 tratamientos, con 10 repeticiones cada uno, cada unidad experimental se formó por una jaula con 5 gallinas (50 aves por repetición). En la tabla 14 se detallan los tratamientos establecidos.

Tabla 14

Detalles de los tratamientos establecidos.

Tratamientos	Repeticiones	U. E	Total aves
A (Control)	10	5	50
B (Semillas de linaza)	10	5	50
C (Semillas de chía)	10	5	50
D (Algas marinas)	10	5	50
E (Semillas de sachá inchi)	10	5	50
Aves utilizadas			250

Diseño experimental

El experimento se realizó con un diseño completamente al azar (DCA), mismo que contó con cinco tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento y un tamaño de unidad experimental de 5 aves.

$$Y_{ijk} = u + D_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}= calidad de huevo

U= media general

D_i= efecto de la i-ésima dieta

E_{ij}= error experimental

Formulación de dietas

La formulación de la dieta se realizó en el software DIETA; estas fueron: iso proteicas, iso energéticas e iso fosfóricas, cumpliendo los requerimientos nutricionales de las gallinas ponedoras, en la tabla 15, se exponen los detalles de formulación del alimento elaborado, los resultados esperados de la fórmula y los obtenidos al realizar un análisis bromatológico a cada uno de los tratamientos, con la finalidad de conocer exactamente con que cantidad y tipo de nutrientes se trabajó dentro de la investigación.

Tabla 15

Formulaciones de las dietas para gallinas ponedoras.

Ingredientes %	Dieta Experimental				
	A	B	C	D	E
Maíz	61,60	57,97	54,83	55,97	59,77
Pasta de Soya	21,30	20,04	20,51	20,79	20,05
Afrecho de Trigo	3,18	5,13	7,90	6,72	4,44
Aceite de Palma	2,00	2,34	4,00	2,00	2,00
Linaza	--	2,60	--	--	--
Chía	--	--	0,82	--	--
Algas marinas	--	--	--	2,58	--
Sacha Inchi	--	--	--	--	1,77
Premezcla vitamínico-mineral*	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Carbonato de calcio 39%	10,18	10,15	10,16	10,16	10,18
Fosfato monocálcico	0,63	0,65	0,64	0,64	0,65
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Enzimas**	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Lisina	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Metionina	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19
Treonina	0,003	0,01	0,01	0,01	0,01

Ingredientes %	Dieta Experimental				
	A	B	C	D	E
Triptófano	0,001	--	0,001	0,001	0,002
Cloruro de Colina 60%	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Aluminosilicato	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Antimicótico	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Composición calculada					
Energía Metabolizable [kCal/kg]	2880,00	2880,00	2880,00	2880,00	2880,00
Proteína [%]	16,20	16,20	16,20	16,20	16,20
Grasa [%]	4,97	6,10	7,04	7,44	5,66
Ácido linolénico [%]	0,06	0,50	0,50	0,50	0,50
Composición analizada					
Proteína [%]	15,4	15,8	14,4	14,8	15,80
Grasa [%]	6,3	7,0	5,0	6,6	7,00
* Vit. A, 12,000,000 IU; Vit. D3, 3,000,000 IU; Vit. E, 35,000 IU; Vit. K3, 2,500 mg; Vit. B1, 2,000mg; Vit. B2, 8,000 mg; Vit. B3, 65,000 mg; Vit. B5, 12,000 mg; Vit. B6, 5,000 mg; Vit. B7, 250 mg; Vit. B9, 1,500 mg; Vit. B12, 20 mg; Cu, 1,250 mg; I, 250 mg; Fe, 65,000 mg; Mn, 55,000 mg; Zn, 8,000 mg.					
**Fitasa, Xilanasa, Glucanasa					

El manejo de la alimentación se procedió previamente con una fase de adaptación por un lapso de 3 días al nuevo alimento de cada uno de los tratamientos a ser ofertado. El alimento se elaboró en la planta de alimentos concentrados del IASA I; el alimento se almacenó en un lugar fresco y seco. A continuación, se exponen las presentaciones del alimento proporcionado en cada tratamiento (Tabla 16):

Tabla 16

Alimentos concentrados ofertados en cada tratamiento.

Tratamientos	Marca en saco	Presentación	Oferta diaria	Tiempo
A	Azul			
B	Verde			
C	Roja	Harina	120 g	28 días
D	Negra			
E	Gris			

Distribución de los tratamientos en el ensayo

En la tabla 17, se presenta la distribución del ensayo, considerando el número de la jaula, el tratamiento (A, B, C, D, E) y la repetición correspondiente (1,2,3,4,6,7,8,9,10).

Tabla 17

Distribución de los tratamientos en el ensayo.

# Jaula	Tratamiento								
1	D6	11	C8	21	C9	31	A8	41	A10
2	A3	12	A4	22	D7	32	C3	42	D9
3	E10	13	D3	23	B5	33	E8	43	B9
4	C4	14	D10	24	E3	34	D2	44	D4
5	A7	15	C1	25	C7	35	E5	45	A2
6	E4	16	E1	26	B7	36	C5	46	E7
7	C10	17	B4	27	E6	37	A5	47	A1
8	A6	18	E9	28	C2	38	E2	48	D1
9	D5	19	B10	29	B2	39	B8	49	C6
10	B6	20	A9	30	D8	40	B1	50	B3

Manejo del ensayo

- El alimento fue entregado ad libitum todos los días a las 8:00 am durante los 28 días de ensayo

- La recolección de los huevos se realizó una vez al día todos los días de 9:00 am a 11:00 am durante los 28 días de ensayo
- Se ofreció agua limpia, fresca y potable.
- El programa de luz fue natural.
- El manejo fue idéntico en todos los tratamientos en evaluación.

Toma de datos

Las gallinas se pesaron al inicio del ensayo y cada 7 días durante los 28 días de ensayo, 1 gallina por tratamiento y repetición. Se registró la mortalidad diaria y semanal por jaula.

En los huevos, se registró el número de recolectados una vez al día por cada jaula. Se analizó una muestra de 30 huevos por tratamiento en el laboratorio de la empresa DSM, que permitió generar una valoración de los parámetros de calidad del huevo.

Variables de evaluación

Variables de parámetros zootécnicos

Todas las variables zootécnicas fueron registradas diariamente durante todo el periodo:

- Mortalidad
- Conversión alimenticia
- % de postura
- Peso de las aves (g)

Metodología de evaluación de los parámetros zootécnicos:

La recopilación de datos para las variables de mortalidad y viabilidad fueron diarias, empezando con la observación y seguimiento a los animales que presentaban un grado de fatiga o debilidad.

La fórmula para el porcentaje de mortalidad es la siguiente:

$$\text{Mortalidad acumulada} = \frac{\text{Total de aves muertas}}{\text{Número de aves iniciales}} \times 100$$

La conversión alimenticia presenta los kilogramos de alimento que requiere la gallina para lograr un kilogramo de producto que en este caso es el huevo, tomando en cuenta los registros de producción semanal se presenta la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{Total semanal del alimento consumido en Kg o gr}}{\text{Peso total de huevos semanal en Kg o gr}}$$

El porcentaje de postura nos ayuda a determinar si el lote está cumpliendo con los objetivos de producción que establece la línea genética, para este caso se requiere la cantidad de huevos totales por semana y el número de animales iniciales:

$$\% \text{ postura semanal} = \frac{\text{cantidad total de huevos}}{\text{cantidad de aves} * 7} * 100$$

El peso de las aves fue registrado semanalmente durante un periodo de 4 semanas, esto con la ayuda de una balanza electrónica, estos datos se registraron en gramos.

Variables de parámetros que determinan la Calidad del Huevo

Igualmente, para las variables de Calidad de huevo se procedió a la determinación de sus componentes de calidad, los mismos que fueron:

- Peso del huevo (g)
- Coloración de yema
- Grado de frescura (Unidades Haugh)
- Resistencia de cáscara (kgF)
- Espesor de cáscara (mm)
- Clasificación de huevos por peso.

Variables del análisis de laboratorio del huevo

Concentración de omega 3 en huevos: se realizó por el método cromatografía de gases, al inicio y final de la investigación.

Condición hepática de las aves se revisó el nivel de infiltración de grasa en el hígado de aves por cada tratamiento, considerando la clasificación histológica de Brunt: 0 o normal (no hay depósito de grasa); 1: leve (contenido de grasa hasta el 33%); 2: Moderado (contenido de grasa entre el 33-66%); 3: alta (contenido de grasa mayor al 66%) (Martín-Castillo, y otros, 2005).

Variables del análisis sensorial del huevo

En la evaluación sensorial se consideró las variables color, olor, sabor y textura, se recolectó los datos a través de una encuesta aplicada a 32 panelistas. Se utilizó la escala hedónica simplificada de 1 al 5 con dos categorías positivas y 2 categorías negativas; 1: Me disgusta mucho, 2: Me disgusta levemente, 3: No me gusta ni me disgusta, 4: Me gusta levemente, 5: Me gusta mucho (Duneska, 2013).

Análisis estadístico

La tabulación de datos se realizó en forma semanal para parámetros zootécnicos y para análisis de calidad de huevos se realizó al finalizar el ensayo.

Los resultados obtenidos fueron procesados con el Software Infostat, se aplicó análisis de la varianza según el modelo prueba de Tukey a un nivel de $\alpha=0.05$, con un 95% de confiabilidad para parámetros zootécnicos y calidad de huevo; y para la evaluación sensorial se aplicó análisis de la varianza no paramétrica Kruskal Wallis.

Capítulo IV

Resultados y discusión

Las dietas de los tratamientos A (Control), B (Linaza 2,6%), C (Chía 0,82%), D (Algas marinas 2,58%) y E (Sacha Inchi 1,77%) entregadas a las gallinas en la investigación presentan los siguientes resultados:

Parámetros zootécnicos

Los resultados obtenidos para la variable mortalidad, no existió diferencia tanto en los tratamientos como en las semanas evaluadas, debido a que la tasa de mortalidad general fue nula; es decir, no existió mortalidad.

Tabla 18

Conversión alimenticia semana 3 y semana 4 por tratamientos.

Semana	A	B	C	D	E
3	1,75 ^a	1,75 ^a	1,70 ^a	1,79 ^a	1,78 ^a
4	1,75 ^a	1,81 ^a	1,76 ^a	1,76 ^a	1,85 ^a

Nota. Letras iguales en una misma columna no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$).

En la tabla 18 se observa que la conversión alimenticia (relación entre alimento consumido y peso de huevos en gramos) no presentó diferencia significativa entre tratamientos y entre las semanas evaluadas.

Tabla 19

Porcentaje de postura por tratamiento en las semanas de evaluación.

Semana	A	B	C	D	E
1	73 ^a	78 ^a	75 ^a	76 ^a	75 ^a

Semana	A	B	C	D	E
2	80 ^a	75 ^a	76 ^a	76 ^a	75 ^a
3	70 ^a	68 ^a	76 ^a	68 ^a	64 ^a
4	66 ^a	65 ^a	67 ^a	61 ^a	55 ^a

Nota. Letras iguales en una misma columna no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$).

Dentro de la variable que estima el porcentaje de postura, se determinó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos establecidos, bajo un coeficiente de variación de 4,19% y un p-valor de 0,0816. En la tabla 19, se exponen los resultados promedios de la variable postura obtenidos en cada uno de los tratamientos, según la semana evaluada.

Tabla 20

Peso de las gallinas.

Semana	A	B	C	D	E
1	2075 ^a	2063 ^a	2006 ^a	1987 ^a	2014 ^a
2	2102 ^a	2079 ^a	1997 ^a	2038 ^a	2009 ^a
3	2127 ^a	2099 ^a	2034 ^a	2078 ^a	1992 ^a
4	2082 ^a	2066 ^a	2021 ^a	2048 ^a	1875 ^a

Nota. Letras iguales en una misma columna indican diferencias significativas ($p > 0.05$).

En cuanto al peso de las gallinas, tabla 20, no existió diferencia significativa de los tratamientos en las semanas evaluadas (p -valor = 0,1303) por lo que se afirma que el peso de los pollos en la presente investigación no se modifica al enriquecer la dieta alimenticia con las fuentes de omega 3 utilizadas en el ensayo.

Con los antecedentes presentados, se confirma que los parámetros zootécnicos de las gallinas de postura, no presentaron diferencias significativas en mortalidad, conversión alimenticia, porcentaje de postura y peso del ave, es decir, la presencia de las fuentes

vegetales alimenticias enriquecedoras de omega 3 (linaza 2,6%, chía 0,82%, algas marinas 2,58% y sachá inchi 1,77%), no influyen sobre los parámetros zootécnicos evaluados, al presentar resultados aparentes al tratamiento en donde se manejó una dieta control.

Resultados que fueron aparentes a los expuestos por Aguillón-Páez (2016) quien afirma, la no significancia del uso de semilla de linaza (13.5%) como una fuente extra de omega 3 en la dieta de las gallinas ponedoras, al evaluar los parámetros zootécnicos. Así mismo, Antruejo (2010) dentro de su ensayo al utilizar dietas con inclusión de semillas de linaza (15%), chía (25%), aceite de linaza (6%), entre otras fuentes de omega 3, afirma que no fue posible encontrar diferencias entre el uso de un alimento tradicional y el enriquecido dentro de los parámetros zootécnicos. De la misma forma Zamora Huaman (2022), al utilizar el aceite de sachá inchi (0-4%) en la dieta de gallinas ponedora, tampoco presentó variación en la postura, consumo de alimento, conversión alimenticia y ganancia de peso.

Corroborando con la información de los autores, se confirma que las proporciones de las fuentes de omega 3, no generaron cambios cuantificables en los parámetros zootécnicos de las gallinas de postura.

Parámetros de calidad del huevo

Al considerar los parámetros que establecen la calidad del huevo (Tabla 21), se identificó que los tratamientos tienden a generar diferencias significativas entre ellos, en cuanto al peso del huevo y color de yema, mientras que en el grado de frescura, resistencia y espesor de la cáscara no se evidenció diferencia ($p > 0,05$).

Tabla 21

Parámetros para evaluar la calidad del huevo en la investigación

. Variable	A	B	C	D	E
Color de yema	7,83 ^a	7,65 ^a	7,95 ^{ab}	8,38 ^b	8,03 ^{ab}
Grado de frescura	74,17 ^a	76,61 ^a	88,31 ^a	79,23 ^a	74,78 ^a

. Variable	A	B	C	D	E
Espesor de cáscara	0,32 ^a	0,32 ^a	0,32 ^a	0,32 ^a	0,32 ^a
Peso Huevo	69,04 ^{ab}	68,70 ^{ab}	71,26 ^b	67,35 ^a	67,72 ^{ab}
Resistencia de cáscara	4,11 ^a	4,00 ^a	3,57 ^a	3,59 ^a	3,68 ^a

Nota. Letras iguales en una misma fila no presentan diferencias significativas ($p > 0.05$).

Unidades: color de yema (unidades de color de Yolk fan DSM, grado de frescura (unidades Haugh), espesor de cáscara (mm), peso de huevo (g), resistencia de cáscara (kgF).

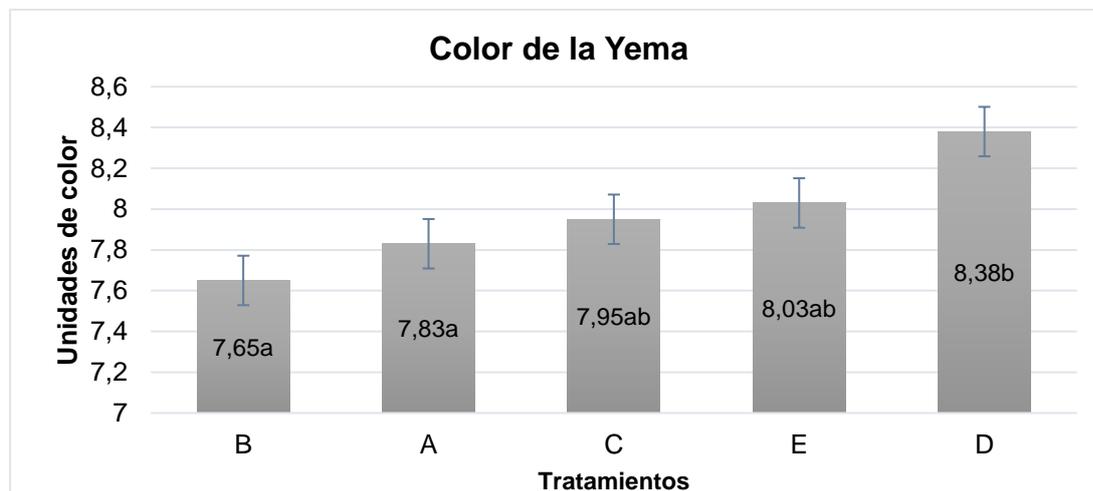
En cuanto a la variable color de la yema (figura 5), se determinó que al utilizar el alimento control y el alimento enriquecido con linaza otorga resultados similares, es decir, aplicar linaza a la dieta no influye de manera significativa sobre el color de la yema; al enriquecer la dieta con algas marinas, se encuentra una mayor cantidad de unidades Yolk fan (8,38) estableciéndose como la mejor opción dentro de esta variable evaluada. Esto como consecuencia de que las algas marinas poseen oxicarotenoides comúnmente llamados pigmentos xantofílicos, los cuales tienen influencia directa sobre la coloración de la yema de huevo (Karunajeewa, 1984), la intensidad de la coloración depende de diversos factores en donde la fisiología de las aves es indispensable, Flórez Miranda (2018), además de que esta variable determina la elección del consumidor (Hocquette, y otros, 2005).

Por otra parte, según Díaz & Betancourt. (2009), haciendo una comparación con la inclusión de linaza al 20%, se logró una coloración de 6 en escala Roche, el resultado más bajo que el tratamiento control en la misma investigación de 8,5 en la misma escala; lo que confirma que una mayor proporción de esta fuente no logra una mayor coloración, pues en la presente investigación se trabajó con inclusión de linaza del 2,6% obteniendo como resultado de color de yema 7,65 en escala DSM. A continuación, se realizó una comparación de la coloración de la yema con los rangos establecidos por la norma INEN 1973 (2013), en donde se establece el rango de color de yema de 7 a 12 unidades de color

como aceptable en parámetros de calidad; en la figura 5 se aprecia que todos los tratamientos se mantienen dentro de dicho rango.

Figura 5

Prueba de Tukey sobre color de yema.



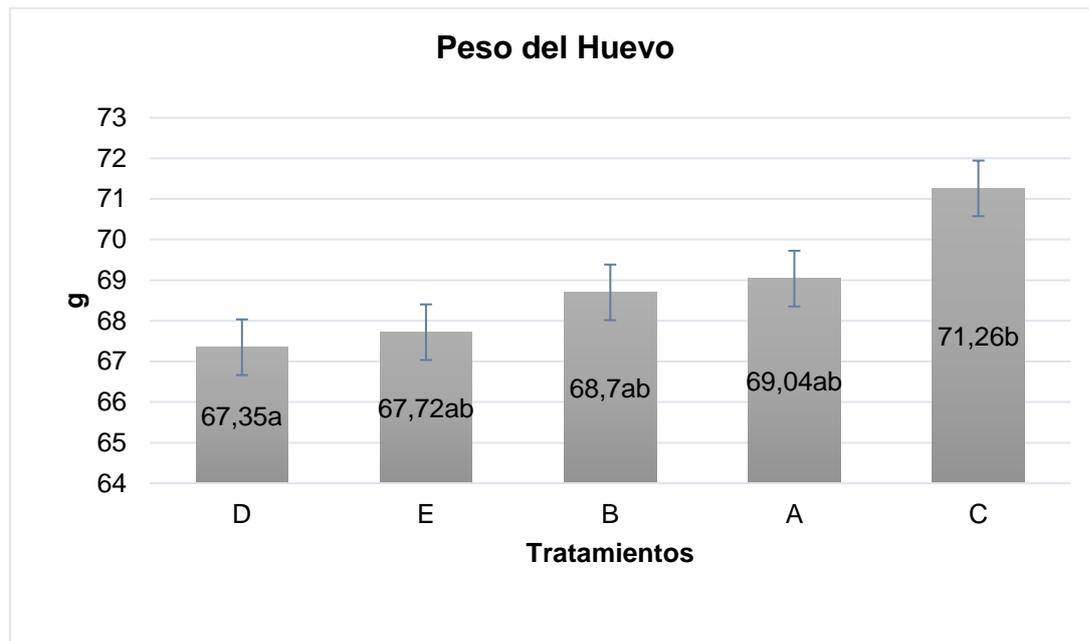
Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Para la variable peso de huevo, figura 6; al aplicar la prueba de significancia de medias de Tukey al 95%, se identificó que en la variable peso del huevo, el tratamiento D presentó el menor peso del ensayo (67,35 g), de forma contraria el tratamiento C que presenta un mejor resultado de peso del huevo (71,26 g), a su vez, no existió diferencia entre los tratamientos A, B y E. En la investigación de Antruejo (2010), el peso de huevo alcanzado al utilizar semillas de chía fue 65,93g con lo que logró obtener una diferencia significativa sobre el tratamiento de semilla de linaza, al trabajar con una dosis de 25% de chía, lo que permite confirmar que la dosis de chía al 0,82% fue mejor en esta variable, a la vez, se demuestra que una dosis más elevada no siempre otorga los mejores resultados (Azcona, Schang, Garcia, & Gallinger, 2008), lo que pudo ser un factor determinante, ante los resultados obtenidos en las demás fuentes de omega 3. De la misma manera, el autor Zamora Huaman, (2022) argumenta que la dosis de 4% de sacha inchi permitió obtener un peso de huevo de $60,63 \pm 4,40$ g, resultado que fue menor al obtenido en el presente ensayo

(67,72g), bajo una dosis del 1,77% una vez más confirmando que para obtener resultados favorables en la calidad del huevo, es indispensable identificar la proporción de la fuente enriquecedora de omega 3.

Figura 6

Prueba de Tukey sobre peso del huevo.



Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Para la variable grado de frescura, no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos; sin embargo el tratamiento C presenta el resultado más alto (88,31 unidades Haugh), según la investigación de Antruejo, (2010) al ofertar dietas con el 25% de inclusión de chía y 15% de linaza obtienen 70,13 y 72,19 unidades Haugh respectivamente, resultados inferiores a los presentados en esta investigación con bajos porcentajes de inclusión para linaza (2,6%) y chía (0,82%).

Para el espesor de la cáscara y resistencia no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, resultados similares se encontraron al evaluar la inclusión del 30% de linaza en la investigación de Vega Franco, (2021).

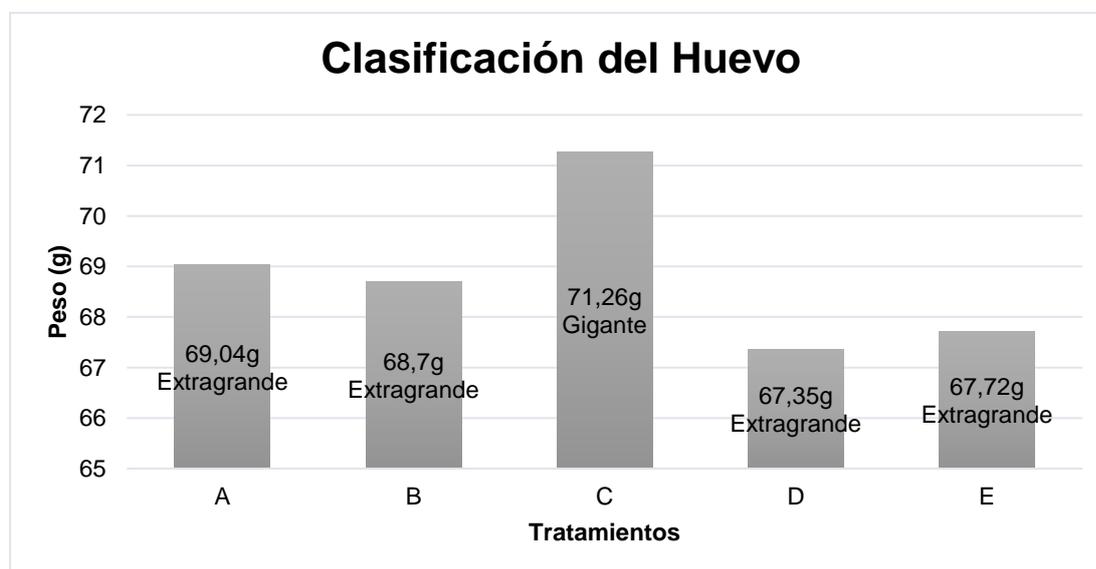
Todos los tratamientos el grado de frescura, resistencia y espesor de la cáscara, sus resultados fueron aceptables dentro de los parámetros establecidos (grado de frescura 70 – 110 Unidades Haugh y espesor de cáscara 0,28 – 0,37 mm), por la norma INEN 1973 (2013).

En cuanto a la variable que mide la clasificación del huevo, figura 7; según el peso que éste presente, se determinó que el tratamiento C, obtuvo la categoría gigante (71,26 g), de acuerdo con la norma INEN 1973 (2013); en la investigación de Antruejo, (2010), con el 25% de chía el peso de huevo alcanza la categoría extragrande (66,88 g). Así mismo para el tratamiento con linaza clasificado como extragrande en esta investigación (68,7 g) en el trabajo de Vega & Yamilka, (2021) la clasificación que alcanza es “grande” (59,89 g)

Para los tratamientos restantes la categoría conseguida fue extragrande de acuerdo con la norma INEN 1973:2013 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013).

Figura 7

Clasificación del huevo según los tratamientos establecidos.



Análisis de laboratorio

Se determinó la concentración de omega 3 en huevos por cada tratamiento al inicio y al final de la investigación para los cinco tratamientos (Tabla 22).

Tabla 22

Contenido de omega 3 en los huevos de gallina.

Parámetro	Tratamientos					
	Inicio	Fin				
		A	B	C	D	E
Ácido Alfa Linolénico (Omega 3)	100	140	450	280	210	420

Nota. Unidad: mg/100 g yema.

La inclusión de Linaza, chía, algas marinas y sachá inchi incrementan el contenido de omega 3 en la yema de huevo. El tratamiento B con el 2,6% de inclusión de linaza presenta una concentración de 4,5 veces más con respecto al tratamiento control, la investigación de Castellanos & Rodríguez (2014) evalúa la concentración de este ácido graso con el 10% de inclusión de linaza y logra un enriquecimiento de 690 mg/100 g yema; al incluir una mayor proporción de linaza en la dieta se va a concentrar más contenido de omega 3 en la yema, en el estudio de Shafey, Al-Batshan, & Farhan (2015) demuestran que existe un aumento del 223 % con respecto al tratamiento control al incluir el 5% de linaza, es decir, 5,12 % de omega 3.

El tratamiento C y D presentan un bajo nivel de enriquecimiento comparado con el tratamiento control, como lo demostró Antruejo (2010), al incluir una mayor proporción de chía (25%) se logra una concentración del 10,84% de omega 3, valor que supera al resultado de esta investigación.

Con el 5% de inclusión de harina de algas marinas se obtuvo el 2,0% de omega 3 (Viteri, 2013), mientras que en esta investigación se obtuvo 2,10% con 2,58% de inclusión

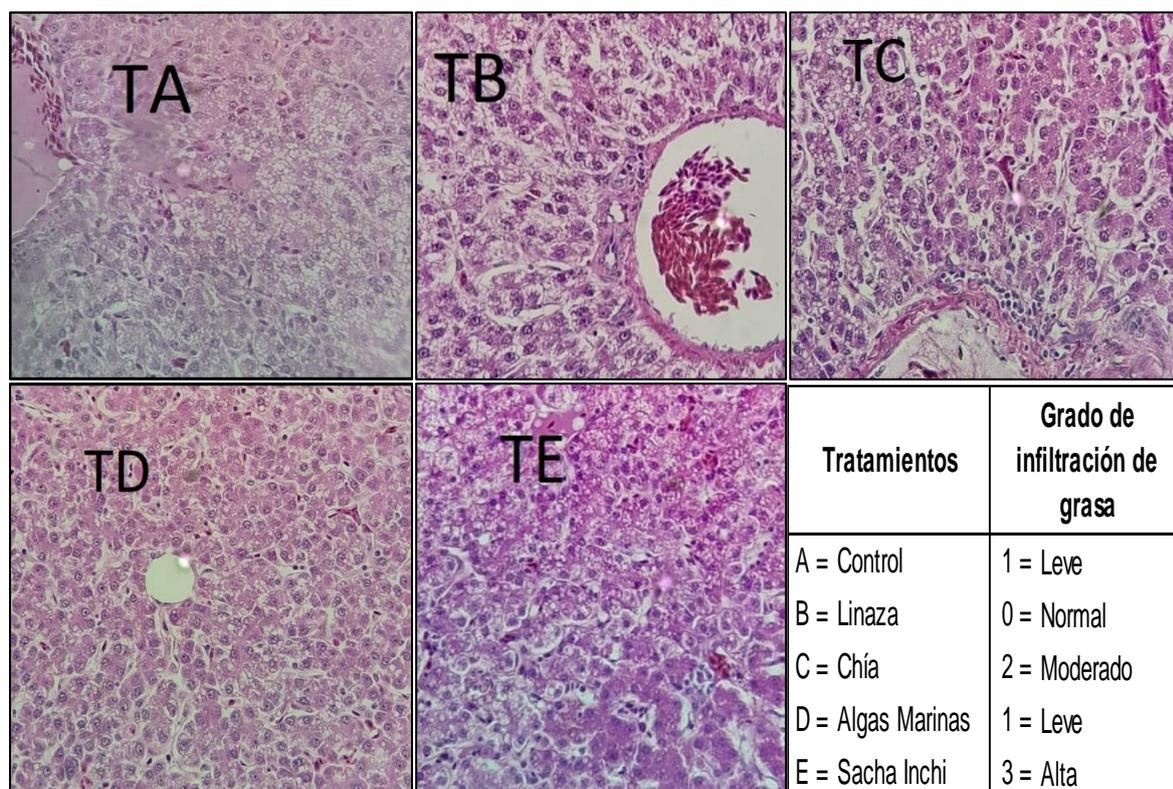
de algas marinas, un valor similar, considerando que Viteri (2013) en el mismo estudio evalúa la concentración con el 10% de inclusión de algas marinas obteniendo el 1,97%, lo que indica que al incluir más algas marinas no se observa un efecto positivo en la concentración de este nutriente.

En el tratamiento E se encontró 420 mg/100 g yema esta concentración de omega 3 es similar al encontrado en la investigación de Zamora Huaman (2022), al utilizar dietas enriquecidas con aceite de sachu inchi; con el 1% de esta materia prima presentan 381 mg/100 g yema, y con el 2% de inclusión del mismo producto, se obtienen 595 mg/100 g yema.

Se evaluaron los niveles de infiltración de grasa en el hígado de las aves por cada tratamiento (Figura 8)

Figura 8

Infiltración de grasa en el hígado de las gallinas alimentadas con fuentes de omega 3.



Se determinó que el tratamiento que no generó ningún efecto a nivel hepático conservando el nivel normal de grasa fue el tratamiento B; El estudio de (Davis, Cain, Small, & Hales, 2016) demostró que la suplementación de dietas con linaza y aceite de linaza presentan mayor protección a nivel de hepatocitos, lo que sugiere que la linaza contiene compuestos fenólicos que funcionan como antioxidantes y antiinflamatorios.

Los tratamientos A y D presentan un grado de esteatosis hepática leve, es decir, existe una leve infiltración de grasa, en donde la definición de las paredes que pertenecen a las estructuras venosas tienden a disminuir (Caballería Rovira, Toran, Auladell, & Pera, 2008), como se aprecia en la figura 4, a su vez, el tratamiento C se mantuvo en un nivel moderado, finalmente el tratamiento que generó un alto grado de infiltración de grasa a nivel de hepatocitos fue el tratamiento E, en este caso es muy difícil diferenciar el parénquima hepático (Caballería Rovira, Toran, Auladell, & Pera, 2008), fenómeno que tiende a presentarse cuando existe una acumulación excesiva de ácidos grasos en las dietas, ocasionando de forma directa una alteración en las funciones a nivel hepático (Marcuello, 2010).

Análisis sensorial del huevo

Tabla 23

Medias de la evaluación sensorial de huevo en la investigación.

Variable	A	B	C	D	E	p-valor
Color	3,41 ^{ab}	2,94 ^a	3,34 ^{ab}	3,66 ^b	3,63 ^b	0,0453
Olor	3,06 ^a	3,16 ^a	3,31 ^a	2,78 ^a	3,47 ^a	0,1636
Sabor	3,22 ^a	3,41 ^a	3,38 ^a	2,81 ^a	3,69 ^a	0,1601
Textura	3,22 ^a	3,38 ^a	3,53 ^a	3,09 ^a	3,78 ^a	0,1994

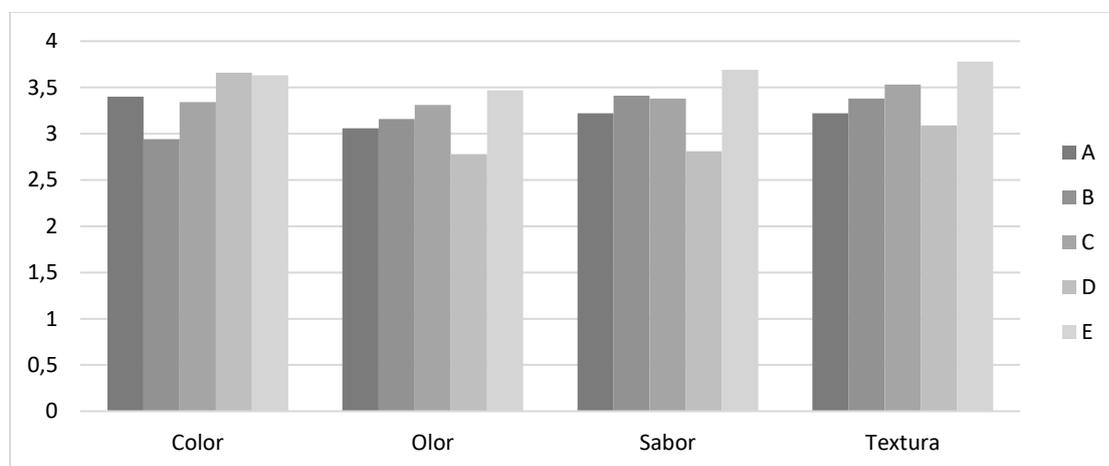
Nota. Letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas ($p > 0.05$).

En cuanto al análisis sensorial (tabla 23), al evaluar la variable color se confirmó diferencia significativa (p -valor = 0,0453) para los tratamientos D y E; mientras que en las variables olor, sabor y textura no existió variación entre los tratamientos.

Como se puede observar en la figura 9, al considerar el color del huevo, el tratamiento B presenta el color que menos gusta; mientras que el color de huevo de los tratamientos D y E son los que más gustó al grupo de panelistas.

Figura 9

Análisis sensorial del huevo.



En la variable olor, el tratamiento que más gustó de acuerdo con la figura 9 es el tratamiento E, mientras que la media del tratamiento D es la más baja de todas, indicando que el olor en este tratamiento no fue aceptado positivamente en la evaluación sensorial, al igual que la variable sabor, esto puede ser debido a la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados en el producto que puede afectar el sabor, considerándolo como inaceptable (Hocquette, y otros, 2005); mientras que para el tratamiento E el sabor y textura gustaron a los panelistas.

Carranco y otros (2011) expuso los resultados de las evaluaciones sensoriales luego de consumir huevos de la producción de gallinas con dietas enriquecidas con omega 3, dicha evaluación genero alta variabilidad entre los resultados, esto puede ser atribuido a

que los consumidores tienden a rechazar un alimento con las características diferentes a las que está acostumbrado a consumir; cabe considerar, que las exigencias de color, olor, sabor y textura, pueden variar dependiendo de la zona o país de donde sea el consumidor. Según Berkhoff Leal (2018) la prueba que brinda seguridad en el consumo de los huevos es el color de la yema, pues esta variable es la principal causa por la cual el consumidor elige con mayor seguridad su compra en el mercado.

Costos

Se evaluó el costo de las dietas ofertadas con concentraciones de omega 3 formuladas bajo un mismo nivel de este nutriente (tabla 24).

Tabla 24

Costos

Tratamiento	Descripción	Costo dieta	Consumo día	\$/día/gallina	\$/cubeta huevos	Diferencia \$/cubeta huevos
A	Control	\$457,34	\$2,74	\$0,05	\$1,65	\$0,00
B	Linaza	\$456,15	\$2,74	\$0,05	\$1,64	-\$0,01
C	Chía	\$537,28	\$3,22	\$0,06	\$1,93	\$0,16
D	Algas marinas	\$500,51	\$3,00	\$0,06	\$1,80	\$0,05
E	Sacha Inchi	\$488,70	\$2,93	\$0,06	\$1,76	\$0,04

Capítulo V

Conclusiones

Parámetros zootécnicos

Al evaluar los parámetros zootécnicos se determinó que las variables mortalidad, conversión alimenticia, porcentaje de postura y peso del ave, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, las fuentes de omega 3, no permiten mejorar los parámetros zootécnicos de las gallinas de postura.

Parámetros de calidad del huevo

Al considerar los parámetros que determinan la calidad del huevo, el tratamiento C se estableció como el mejor al proporcionar huevos con un peso promedio de 71,26 g el mismo que se estableció dentro de la categoría gigante, mientras que en los demás tratamientos todos se establecieron en la categoría extragrande (67,35 g – 69,04 g), por lo que se convirtió en la mejor alternativa, cuando el productor busca elevar el peso y categoría del huevo.

Se confirmó la más alta coloración 8,38 unidades YolkFan DSM mediante el uso de algas marinas, siendo los tratamientos que utilizan chía y semillas de sachá inchi el segundo grupo de fuentes que elevan la coloración de la yema. Los parámetros como grado de frescura, resistencia y espesor de la cáscara, no variaron entre los tratamientos.

Análisis de laboratorio

Existe diferencia entre los tratamientos en la concentración de omega 3 con respecto al control, las materias primas que aportan en mayor cantidad fueron: linaza, chía y sachá inchi y el tratamiento que presentó un bajo aporte de omega 3 fue el de algas marinas.

En cuanto a la condición hepática de las aves, se determinó que la linaza en la proporción ofertada no altera las condiciones hepáticas de las gallinas, a su vez, el tratamiento control y el tratamiento D causan una afección leve, mientras el tratamiento C genera una infiltración moderada.

Análisis sensorial del huevo

Los huevos de los diferentes tratamientos fueron aceptados por el grupo de panelistas, no marcó una diferencia importante entre los tratamientos para las variables olor, sabor y textura, mientras que para la variable color existió diferencia significativa para el tratamiento D (algas marinas) debido a las xantofilas que tienen influencia directa sobre la coloración de yema.

Costos

La materia prima que presenta un menor costo de dieta ofertada por cubeta de huevo es el tratamiento B con semilla de linaza además que esta materia prima concentra mayor cantidad de omega 3 en la yema de huevo sin alterar la condición hepática del animal.

Recomendaciones

Para investigaciones posteriores se recomienda aplicar una investigación sobre el efecto que producen los ácidos grasos en problemas cardiovasculares o ascitis en gallinas de postura en otros pisos climáticos (Sierra Centro).

Realizar una evaluación de calidad de huevos a los 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento y el estado de conservación al ambiente o refrigeración para conocer si existe un deterioro en la calidad de huevo y un rechazo por parte del consumidor.

Para futuras investigaciones evaluar el uso de las fuentes de omega 3 y la inclusión de antioxidantes como Vitamina E y Selenio sobre los parámetros zootécnicos, concentración de ácidos grasos, condición hepática de las gallinas y calidad de huevo.

En próximas investigaciones desarrollar análisis a nivel hepático pre y post-ensayo para poder determinar si existe variación en cuanto al estatus del hígado a más de realizar el análisis de infiltración de grasas a nivel de hepatocitos.

Realizar futuras investigaciones con la inclusión de semillas de linaza, chía, algas marinas y sachá inchi para un nivel diferente de nutriente omega 3 y una oferta más amplia de consumo del alimento en gallinas ponedoras, evaluar las mismas variables.

Capítulo VI

Bibliografía

- Addis, P. B. (1986). Role of lipid oxidation products in atherosclerosis. *ScienceDirect*, 1021-1030.
- Aguillón-Páez, Y. J. (2016). *Efecto de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6 sobre parámetros productivos y de calidad de huevo en gallina ponedora*. Cundinamarca: Universidad de Cundinamarca.
- Alagawany, M., Dhama, K., & Farag, M. R. (2019). *World's Poultry Science Journal* .
Obtenido de Nutritional significance and health benefits of designer eggs:
<https://doi.org/10.1017/S0043933918000041>
- Alayon, A. N., & Echeverri, I. (2016). Sacha Inchi (plukenetia volubilis Hnneo): ¿una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. *Revista chilena de nutrición*, 167-171.
- Al-Batshan, H. A., Al-Mufarrej, S. I., & Al-Homaidan, A. A. (2001). Enhancement of chicken macrophage phagocytic function and nitrite production by dietary *Spirulina platensis*. *National Library of Medicine*, 281-289.
- Antruejo, A. E. (2010). *Obtención de huevos de gallinas para consumo de calidad diferenciada, incrementando la proporción de ácidos grasos omega-3 y reduciendo el contenido de colesterol*. Universidad Nacional del Rosario.
- Antruejo, A., Azcona, J., García, P., Gallinger, C., Rosmini, M., Ayerza, R., . . . Pérez, C. (2011). Omega-3 enriched egg production: the effect of α -linolenic ω -3 fatty acid sources on laying hen performance and yolk lipid content and fatty acid composition. *National Library of Medicine*, 750-760.

- Ayerza, R., Coates, W., & Lauria, M. (2002). Chia seed (*Salvia hispanica* L.) as an omega-3 fatty acid source for broilers: influence on fatty acid composition, cholesterol and fat content of white and dark meats, growth performance, and sensory characteristics. *National Library of Medicine*, 826-837.
- Azcona, J., Schang, M., Garcia, P. T., & Gallinger, C. (2008). Omega-3 enriched broiler meat: The influence of dietary alpha-linolenic-omega-3 fatty acid sources on growth, performance and meat fatty acid composition. *Canadian Journal of Animal Science*, 257-269.
- Balcamsa. (2020). *Harina de pescado 58%*. Obtenido de Balcamsa alimentos que alimentan: <https://balcamsa.com/wp-content/uploads/2021/06/Harina-de-Pescado-58.pdf>
- Bang, H. O., & Dyerberg, J. (1971). Plasma lipid and lipoprotein pattern in Greenlandic west-coast Eskimos. *Nutrition Reviews*, 143-146.
- Belén-Camacho, D. R., García, D., Moreno-Álvarez, M. J., Medina, C., & Granados, Á. (2006). Composición proximal, ácidos grasos y características fisicoquímicas de aceite de harina artesanal de caribe (*Serrasalmus rhombeus* Pisces: Characidae) proveniente de Caicara del Orinoco- Venezuela. *Dialnet*, 382-386.
- Berkhoff Leal, J. A. (2018). *Preferencias y características sensoriales de los huevos de gallina de campo producidos en la región de los Ríos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Bikker, P., Stokvis, L., Krimpen, M., Wikselaar, P., & Cone, J. (2020). Evaluation of seaweeds from marine waters in Northwestern Europe for application in animal nutrition. *Elsevier*.
- Bleakley, S., & Hayes, M. (2017). *Algal Proteins: Extraction, Application, and Challenges Concerning Production*.

- Caballería Rovira, L., Toran, P., Auladell, M., & Pera, G. (2008). Esteatosis hepática no alcohólica. *Elsevier*, 419-424.
- Cardaci, P. (2019). *Efecto de los ácidos grasos omega 3 (n-3) incorporados a las dietas de gallinas sobre la composición del huevo*. Universidad Nacional de la Plata. Obtenido de https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73588/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Carranco, E., Calvo, C., Carrillo, D., Ramírez, C., Morales, B., Sanginés, G., . . . Pérez-Gil, F. (2011). Harina de crustáceos en raciones de gallinas ponedoras. Efecto en las variables productivas y evaluación sensorial de huevos almacenados en diferentes condiciones. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 171-175.
- Carrero, J. J., Bautista, E. M., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza, J. J., & López, E. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutrición Hospitalaria*, págs. 63-69.
- Carrillo-Gómez, C. S., Gutiérrez-Cuevas, M., Muro-Valverde, M., Martínez-Horner, R., & Torres-Bugarín, O. (2017). *La chía como súper alimento y sus beneficios en la salud de la piel*. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/residente/rr-2017/rr171c.pdf>
- Castaño, D. L., Valencia, M. D., Murillo, E., Méndez, J. J., & Joli, J. (2012). Composición de ácidos grasos de sacha inchi (*plukenetia volúbilis linneo*) y su relación con la bioactividad del vegetal. *Revista Chilena de Nutrición*, 45-52.
- Castellanos, L., & Rodríguez, M. (2014). El efecto de omega 3 en la salud humana y consideraciones en la ingesta. *Revista Chilena de Nutrición*, 90-95.
- Castro, C., Ríos, F., Contreras, G., Robles, J., & Portillo, J. (2017). Efecto de la inclusión de semillas de linaza (*Linum usitatissimum L.*) y chía (*Salvia hispanica L.*) en el

desempeño productivo, reproductivo y perfil de ácidos grasos en huevo de codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). *Revista científica*, 131-139.

Castro-González, M. I. (2002). Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes. *Interciencia*, 128-136.

Colombino, E., Ferrocino, I., Biasato, I., Simone, L., Prieto, D., Zduńczyk, Z., . . . Juśkiewicz, J. (2020). Dried fruit pomace inclusion in poultry diet: growth performance, intestinal morphology and physiology. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 25-37.

Conchillo, A., Valencia, I., Puente, A., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2006). Componentes funcionales en aceites de pescado y de alga. *Nutrición Hospitalaria*, 369-373.

Coronado, M., Vega, S., Gutiérrez, R., García, B., & Díaz, G. (2006). Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: Nutrición, bioquímica y salud. *Revista de Educación Bioquímica*, 72-79.

Crnčan, A., Milković, S., Jakšić, M., & Kristić, J. (2023). Competitive analysis of omega-3 polyunsaturated fatty acid-enriched eggs in the Republic of Croatia. *World's Poultry Science Journal*.

Cruz, I. (2019). Evaluación de microalgas endémicas para el cultivo y enriquecimiento de presas vivas y su aplicación en la primera alimentación de *Seriola rivoliana*. *Centro de investigaciones biológicas del Noreste*.

Davis, J., Cain, J., Small, C., & Hales, D. (2016). Therapeutic effect of flax-based diets on fatty liver in aged laying hens. *ScienceDirect*, 2624-2632.

Díaz, G., & Betancourt, L. (2009). Egg enrichment with omega-3 fatty acids by means of flaxseed supplement. *Revista MVZ Córdoba*.

DSM. (2023). *DSM.com*. Obtenido de <https://www.dsm.com/anh/es/challenges/supporting-animal-health/ascites-in->

chickens.html#:~:text=El%20t%C3%A9rmino%20E2%80%9Cascitis%E2%80%9D%20se%20refiere,y%205%20semanas%20de%20vida.

- Duneska, C. (2013). *Comparación de la escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (gLMS) utilizada por personas de dos regiones de América Latina*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Elkin, R. (2006). Reducing shell egg cholesterol content. I. Overview, genetic approaches, and nutritional strategies. *World's Poultry Science Journal*, 665-687. Obtenido de <https://doi.org/10.1017/S0043933906001206>
- ESPE . (2011). *ESPE - IASA I Hacienda el Prado Selva Alegre, Sangolqui*. Obtenido de <http://www.geeksite.0fees.net/html/IASA.I.html?i=1>
- FAO. (2008). *Grasas y ácidos grasos en nutrición humana Consulta de expertos*.
- Feliu, M. S., Fernández, I., & Slobodianik, N. (24 de 02 de 2021). Importancia de los ácidos grasos omega 3 en la salud. *Actualización en nutrición*, págs. 25-32.
- Flores, D., & Lock, O. (2013). Revalorando el uso milenario del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) para la nutrición, salud y cosmética. *Revista de Fitoterapia*, 23-30.
- Flórez Miranda, L. (2018). *Utilización de un Sistema Secuencial Heterotrófico/Autotrófico para la producción de Scenedesmus incrassatulus con Alto Contenido de Luteína y su aplicación en la Suplementación de Alimentos Balanceados*. México: Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Unidad Zacatenco.
- Floros, S., Toskas, A., Pasadi, E., & Varelziz, P. (2022). *Molecules*. Obtenido de Bioaccessibility and Oxidative Stability of Omega-3 Fatty Acids in Supplements, Sardines and Enriched Eggs Studied Using a Static In Vitro Gastrointestinal Model: <https://doi.org/10.3390/molecules27020415>
- Food and agriculture organization. (2013). *Revisión del desarrollo avícola*. Fiat Panis.

- García, O., & Gélvez, V. (2015). Efecto de la inclusión de linaza (*Linum Usitatissimum*) en la dieta alimenticia sobre la concentración de ácidos grasos en huevos de gallina Babcock Brown. *Alimentech ciencia, tecnología y alimentación*, 48-53.
- Gil, J. P., & Delgado, E. A. (2020). *Proyecto final gallinas ponedoras en el municipio de Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Gómez, M. (2003). "Modulação da composição de ácidos graxos poliinsaturados ômega 3 de ovos e tecidos de galinhas poedeiras, através da dieta. I. Estabilidade oxidativa".
- Gutiérrez, A. (2019). *Trastornos circulatorios primera parte (coagulación, trombosis, émbolos y embolismo)*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/108249>
- Gutiérrez, R., Ramírez, L., Vega, S., Fontecha, J., Rodríguez, L., & Escobar, A. (2014). Contenido de ácidos grasos en semillas de chía (*Salvia hispanica* L.) cultivadas en cuatro estados de México. *SciELO*, 199-207.
- Hidalgo-Tufiño, L. (2021). Influencia del aceite de linaza (*Linum usitatissimum*) en expresión de genes para proteína desacoplante 3 en músculo esquelético y receptor activado por proliferadores peroxisómicos tipo alfa en hígado de ratas obesas. *Revista chilena de nutrición*, 163-169.
- Hocquette, J. F., Richardson, I., Prache, S., Medale, F., Duffy, G., & Scollan, N. (2005). The future trends for research on quality and safety of animal products. *Italian Journal of Animal Science*, 49-72.
- Huyghebaert, G. (2006). Fisiología de la puesta, con énfasis en la calidad de la cáscara. *Conferencia de DSM Nutritional Products*. Guadalajara: Selecciones Avícolas.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1973. Huevos comerciales y ovoproductos, requisitos. Segunda revisión*. Quito.
- Karunajeewa, H. (1984). *Factores influyentes en la pigmentación de la yema del huevo*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/33161792.pdf>

Konika, M. (2006). Obtenido de Konika Minolta:

<https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>

Krogdahl, Å. (1985). Digestion and Absorption of Lipids in Poultry. *Elsevier*. Obtenido de

<https://doi.org/10.1093/jn/115.5.675>

Lenzi, K., Fernandes, F., Teles, G., & Guzmán, M. (2008). Efecto de la semilla de linaza

(*Linum Usitatissimum*) en el crecimiento de ratas Wistar. *Revista Chilena de Nutrición*, 443-451.

Licto, S. (2017). Obtenido de Estudio de la biofortificación foliar con diferentes fuentes de

zinc en rye grass perenne (*Lolium perenne*) variedad Amazon.:

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/14410>

Lima, H., & Souza, L. (2018). Vitamin A in the diet of laying hens: enrichment of table eggs

to prevent nutritional deficiencies in humans. *World's Poultry Science Journal*, 619-626.

Lohmann Brown Classic. (2021). *Guía de manejo sistemas de jaulas*. Alemania: Lohmann

Tierzucht GmbH.

Loyaga-Cortez, B., Mendoza-Ordoñez, G., Ybanez-Julca, R., & Asunción-Álvarez, D. (2020).

Supplementation of oregano essential oil in the diet reduces oxidative stress in the egg yolk and improves the productive performance of the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 1-11.

Lucas, J. (2011). Effect of sacha inchi oil (*plukenetia volubilis*) in the diet of broiler Breeders

on the productive performance of their progeny. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 283-289.

Macalintal, L. (2018). Productos de algas en dietas avícolas. *Revista Selecciones avícolas*

Nutrición.

Maguregui, E. (2020). Obtenido de Veterinaria digital:

<https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-color-de-la-yema-del-huevo-y-los-pigmentantes/>

Marcuello, E. (2010). *Engormix*. Obtenido de Hepavex 200®: el aliado del hígado en las aves: https://www.engormix.com/avicultura/hepatoprotectores-aves/hepavex-200-aliado-higado_a28588/

Martín-Castillo, A., García-Pérez, B., Ayala, I., Adánez, G., Ortega, J., Sánchez, M., & Castells, M. (2005). Evaluación macroscópica y microscópica del efecto de la atorvastatina sobre la progresión-regresión de la esteatosis hepática en un modelo aviar. *ScienceDirect*.

Martínez, J. L. (2020). *Valoración de la calidad del huevo comercial de gallinas Lohmann Brown, en la granja avícola Cecilita, Cotaló Tungurahua*. Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas Espe.

Melo, J., Ferreira, F., Labre da Silva, T., Nascimento, K., de Oliveira, V., Barbosa, J. L., . . . Saldanha, T. (2019). Nutritional quality and functional lipids in the free-range egg yolks of Brazilian family farmers. *Revista Chilena de Nutrición*, 420-428.

Meza, L. (2018). *Evaluación de la Inclusión de dos Niveles de Linaza sobre la Calidad en Huevos de*. Cucutá: Universidad Nacional de Colombia.

Molina, M., & Martín, Á. (2010). *Elsevier*. Obtenido de Ácidos grasos esenciales. Omega-3 y Omega-6: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-X0212047X10475135>

Morais, T., Inácio, A., Couthino, T., Ministro, M., Cotas, J., Pereira, L., & Bahcevandziev, K. (2020). Seaweed Potential in the Animal Feed: A Review. *Marine science and engineering*, 1-24.

Moslehi, H., Navidshad, B., Sharifi, S. D., & Aghjeheshlagh, F. M. (2019). *South African Journal of Animal Science*. Obtenido de Effects of selenium and flaxseed on

selenium content and antioxidant properties of eggs and immune response in hens:

<https://doi.org/10.4314/sajas.v49i4.19>

Mosquera, M., Reinoso, M., & Vásquez, W. (2017). *Composición lipídica y caracterización de los ácidos grasos de la semilla de chía (salvia hispánica l.)*. Obtenido de

<https://doi.org/10.15381/idata.v20i2.13952>

Mosquera, T., Noriega, P., Tapia, W., & Pérez, S. (2012). *Evaluación de la eficacia cosmética de cremas elaboradas con aceites extraídos de especies vegetales Amazónicas: Mauritia Flexuosa (Morete), Plukenetia Volubilis (Sacha Inchi) y Oenocarpus Bataua (Ungurahua)*. Universidad Politécnica Salesiana y Claim.

Mozaffarian, D., & Wu, J. (2011). Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: effects on risk factors, molecular pathways, and clinical events. *National Library of Medicine*, 2047-2067.

Muirragui, C. M. (2013). *Estudio de factibilidad del uso de pasta de Sacha Inchi (Plukenetia volubilis) en dietas para aves*. Quito: Universidad San Francisco de Quito.

Murray, R., Bender, D., Botham, K., Kennelly, P., Rodwell, V., & Weil, P. (2012). *Harper bioquímica ilustrada*. Mc Graw Hill.

National Institute of Health. (2022). *Datos sobre los ácidos grasos omega-3*. Obtenido de <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Omega3-DatosEnEspanol.pdf>

Osorio, J. H., & Flores, J. D. (2018). Comparación de lípidos sanguíneos entre pollos de engorde y gallinas ponedoras. *Revista de la facultad de Medicina veterinaria y Zootecnia*, págs. 27-35.

Osorio, J., & Flórez, J. (2011). Diferencias bioquímicas y fisiológicos en el metabolismo de lipoproteínas de aves comerciales. *Biosalud*, págs. 88-98.

- Ostojich, Z., & Sangronis, E. (2012). Caracterización de semillas de linaza (*Linum usitatissimum* L.) cultivadas en Venezuela. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 192-200.
- Peebles, E. D., Burnham, M. R., Walzem, R. L., Branton, S. L., & Gerard, P. D. (2004). Effects of fasting on serum lipids and lipoprotein profiles in the egg-laying hen (*Gallus domesticus*). *National center for Biotechnology information*, 305-311.
- Periago, M. (2018). *Higiene, inspección y control de huevos de consumo*. Obtenido de <https://www.um.es/documents/4874468/10812050/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf/c860b16b-6c2f-481a-9d52-542a2296d005>
- Piwowar, A., & Harasym, J. (2020). The Importance and Prospects of the Use of Algae in Agribusiness. *Sustainability*, 1-13.
- Polyedro. (2020). *Polyedro*. Obtenido de ¿Pueden los pollos comer semillas de lino? (Nutrición, beneficios y consejos de alimentación): https://www.polyedro.es/pueden-los-pollos-comer-semillas-de-lino-nutricion-beneficios-y-consejos-de-alimentacion/#Beneficios_de_la_semilla_de_lino_para_los_pollos
- Puchades, A. (2021). *Efecto y consecuencias del cambio climático en el contenido de omega 3 en el pescado. Análisis de la viabilidad de otras fuentes de omega 3 para la nutrición humana*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Quitral, V., Morales, C., Sepúlveda, M., & Schwartz, M. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista chilena de nutrición*.
- Rahman Hakim, A. (2012). The potential of heterotrophic microalgae (*Schizochytrium* sp.) as a source of DHA. *Squalen*, 29-38.

- Rakonjac, S., Bogosavljević, S., Pavlovski, Z., Škrbić, Z., Dosković, V., Petrović, M. D., & Petričević, V. (2014). Laying hen rearing systems: A review of chemical composition and hygienic conditions of eggs. *World's Poultry Science Journal*, 151-163.
- Ravindran, V., Tanchanroenrat, P., Zaefarian, F., & Ravindran, G. (2016). Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. *Elsevier*, 1-21.
- Rincón, M. Á., Valenzuela, R., & Valenzuela, A. (31 de julio de 2015). El ácido estearidónico: un ácido graso omega-3 de origen vegetal con gran potencialidad en salud y nutrición. *Revista Chilena de Nutrición*.
- Rocha, J. S., Lara, L. J., Baião, N. C., Vasconcelos, R. J., Barbosa, V. M., Pompeu, M. A., & Fernandes, M. N. (2010). Antioxidant properties of vitamins in nutrition of broiler breeders and laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 261-270.
- Rodríguez, N., Cioccia, A., Gutiérrez, M., & Hevia, P. (2018). Fibra y capacidad antioxidante de algas comestibles en ratas suficientes o deficientes en vitamina E. *Acta bioquímica clínica latinoamericana*.
- Rojas Vega, N., Valdivieso Izquierdo, R., & Arnao Salas, I. (2018). Composición nutricional de la alga roja *Rodhymenia howeana* de la bahía de Ancón, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 488-498.
- Romero, L. E., Valdiviezo, C. J., & Bonilla, S. M. (2019). Caracterización del aceite de la semilla de sacha Inchi (*plukenetia volubilis*) del cantón san vicente, Manabí, Ecuador, obtenida mediante procesos noTérmicos de extrusión. *Revista ciencias de la vida*, 77-87.
- Roque, B. (2023). *Nutrición Animal. Texto de formación universitaria*. Perú: Inudi Perú.
- Ross, E., & Dominy, W. (1990). The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina platensis*) for poultry. *National Library of Medicine*, 794-800.

- Salazar, J. J. (2021). *Engormix*. Obtenido de Radicales libres, stress oxidativo y lipoperoxidación consecuencias de las micotoxinosi en las aves.: https://www.engormix.com/micotoxinas/micotoxinas-avicultura/radicales-libres-stress-oxidativo_a47305/
- Salazar-Vega, M. I., Rosado-Rubio, G. J., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D. A., & Castellanos-Ruelas, A. F. (2009). Composición en ácido graso alfa linolénico (w3) en huevo y carne de aves empleando chia (Salvia hispánica I. *SciELO*, 209-213.
- Salud y vida natural integral. (2018). *Salud y vida natural integral*. Obtenido de EL ALGA WAKAME: <https://www.larevistaintegral.net/el-alga-wakame/>
- Saquina, S. (2014). *Efecto de Linum usitatissimum (linaza común), en la primera fase de producción de gallinas Lohmann Brown*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Schultz Moreira, A. R., Garcimartín, A., Bastida, S., Jiménez-Escrig, A., Rupérez, P., Green, B. D., . . . Benedí, J. (2014). Effects of Undaria pinnatifida, Himanthalia elongata and Porphyra umbilicalis extracts on in vitro α -glucosidase activity and glucose diffusion. *Nutrición Hospitalaria*.
- Shafey, T. M., Al-Batshan, H. A., & Farhan, A. M. (2015). The Effect of Dietary Flaxseed Meal on Liver and Egg Yolk Fatty Acid Profiles, Immune Response and Antioxidant Status of Laying Hens. *Italian Journal of Animal Science*, 428-45. Obtenido de <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3939>
- Soler, R., & Bueso, J. (2018). Análisis de las alteraciones de la cáscara del huevo de gallina. *Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 137-147.
- Téllez, S., Gil, P., Urbon, A., Calleja, P., Sujka, E., & Callejo, A. (2020). *Engormix*. Obtenido de Efectos de la inclusión de un Bioemulsionante en dietas de gallinas ponedoras

sobre parámetros cuantitativos y cualitativos del huevo:

https://www.engormix.com/avicultura/emulsificantes-pollos/efectos-inclusion-bioemulsionante-dietas_a45446/

Tello, D. C., & Guerrero, D. F. (2007). Inclusión de lino "Linum usitatissimum L." en la dieta de ponedoras para la producción de huevos enriquecidos con ácido graso A-linolénico (Omega 3). *Ciencia Unisalle*.

Urdaneta Secondary school, & University of Deusto. (2013). *Experimento de la Granja: Desde un huevo a un pollo, paso a paso*. Obtenido de https://weblab.deusto.es/olarex/cd/UD/Incubator_ES_final/caractersticas_fsicas.html

Valenzuela, A., Valenzuela, R., Sanhueza, J., De la Barra, F., & Morales, G. (2014). Fosfolípidos de origen marino: una nueva alternativa para la suplementación con ácidos grasos omega-3. *Revista chilena de nutrición*.

Valenzuela, A., Sanhueza, J., & Valenzuela, R. (2015). Las microalgas: una fuente renovable para la obtención de ácidos grasos omega-3 de cadena larga para la nutrición humana y animal. *Revista chilena de nutrición*, 306-310.

Vega Franco, Y. L. (2021). *Efecto de aditivos antioxidantes en dietas ricas con omega 3 en la productividad y calidad del huevo de gallinas ponedoras*. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Vega, C. (2022). *Pasantía en Planta de Incubación de aves reproductoras pesadas de Cargill en Aranjuez de Puntarenas, Costa Rica*.

Vera-Rodríguez, J. H., Cepeda Landin, W. E., Torres-Ajila, K. M., Bueno-Guallpa, E. K., Mendoza-López, C. A., & Merchan-Pucha, B. T. (2020). Evaluación de la calidad del huevo marrón comercial del cantón La Troncal, Ecuador. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 51-59.

- Vera-Rodríguez, J., & Hidalgo-Bravo, G. (2019). Efecto de diferentes niveles de suministro de carbonato de calcio sobre el peso y grosor de la cascara del huevo. *Revista Colombiana de Ciencia Animal RECIA*, 719.
- Viegas Rodrigues, P. H., Bordignon, R. S., & Bovi Ambrosano, G. M. (2014). *Desempenho horticultural de plantas propagadas in vitro de Sacha inchi*. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/cr/a/DhD4j3rdXPjSbNz8QZgVhVr/?lang=pt>
- Viteri, E. V. (2013). *Huevos enriquecidos con omega 3*. Universidad Fasta.
- Who, & Fao. (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. *Who technical report series*.
- Yuan, Z. H., Zhang, K. Y., Ding, X. M., Luo, Y. H., Bai, S. P., Zeng, Q. F., & Wang, J. P. (2016). Effect of tea polyphenols on production performance, egg quality, and hepatic antioxidant status of laying hens in vanadium-containing diets. *Poultry Science*, 1709-1717.
- Zahroojian, N., Moravej, H., & Shivazad, M. (2013). Effects of Dietary Marine Algae (*Spirulina platensis*) on Egg Quality and Production Performance of Laying Hens. *J. Agr. Sci. Tech*, 1353-1360.
- Zamora Huamán, S. J. (2022). *Efecto de la alimentación con aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la producción, calidad de huevo, perfil bioquímico de sangre e histopatología de hígado en gallinas ponedoras*. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Apéndices