



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Universidad Nacional de La Pampa

**COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE HUEVOS DE GALLINAS
PONEDORAS ALIMENTADAS CON DIETAS ENRIQUECIDAS EN
ÁCIDOS GRASOS OMEGA 3 Y OMEGA 9.**

“Trabajo Final de Graduación para obtener el título de Ingeniero Agrónomo”

Autores: Armendáriz, Lautaro y Robles Haberkorn, Siro

Directora: Mg. MUÑOZ, M. Verónica

Co Directora: Dra. PORDOMINGO, Adriana B.

Evaluadores: Mg. PATTACINI, Silvia H. y Mg. SCOLES, Gladis E.



Lautaro Armendariz

Siro Leon Robles Haberkorn



Muñoz, M. V.
Pordomingo, A. B.

FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
Santa Rosa (La Pampa) – Argentina 2019

INDICE	
Resumen	3
Abstract.....	3
Introducción	5
Definición y Características Generales del Huevo	12
Valor Nutricional y Funcionalidad del Huevo	16
Modificación en la composición del huevo por dietas enriquecidas con AGPI omega-3 y 6.	19
Finalidad de la investigación	23
Hipótesis:	23
Objetivos:	23
Materiales y métodos	24
Resultado y discusión	40
Conclusiones	57
Bibliografía citada y de consulta	58

RESUMEN

El huevo es un alimento funcional importante, adquiere relevancia a nivel mundial debido a la alta demanda de proteína animal y el aporte de un elevado valor nutritivo a bajo costo. A su vez existe la posibilidad de modificar la concentración de ácidos grasos poliinsaturados mediante la alimentación con dietas enriquecidas en omega 3 (n3) y omega 6 (n6), y obtener un producto de alta calidad nutricional benéfico para la salud humana.

El presente trabajo se llevó a cabo durante el 2019 en la granja Eco Huevos S.A.S, ubicada en Santa Rosa La Pampa. Se evaluó la composición de ácidos grasos en huevos comparando una dieta enriquecida en n3 y omega 9 (n9), con una dieta convencional maíz soja, en 3750 gallinas ponedoras Hy-Line Brown, en un sistema productivo a piso, durante 15 días.

Se demostró que el enriquecimiento de dietas con insumos de mayor contenido en ácidos omega 3, 6 y 9 como las semillas de lino, colza y aceite de pescado proporcionan mejoras en el contenido de proteína bruta de las yemas y no agregan mayor valor de ácidos grasos poliinsaturados en la misma. Se destaca la excelente relación omega 6/omega 3 que presentan los huevos medianos y pequeños, obtenidos de gallinas alimentadas con las dietas enriquecidas.

Palabras claves: huevo- calidad nutricional- ácidos grasos poliinsaturados.

ABSTRACT:

The egg is an important functional food, it acquires great relevance worldwide due to the high demand for animal protein and the fact that it provides high nutritional value at low cost. In turn, there is the possibility of modifying the concentration of polyunsaturated fatty acids by eating diets enriched in omega 3 (n3) and omega 6 (n6), in order to obtain a product of high nutritional quality beneficial to health.

For this reason, the present work was carried out during 2019 at the Eco Huevos SAS farm, located at coordinates 36 ° 37 '13' 'S and 64 ° 17'26" W, altitude 200 meters above sea level, it was evaluated in laying hens Hy -Line Brown, in a floor production system, the composition of polyunsaturated fatty acids in their eggs comparing a diet enriched in n3 and omega 9 (n9), with a conventional corn soy diet. The establishment had three sheds and a

total of 3750 hens of the hybrid line already mentioned, which were given two different diets for 15 days, a common diet and another one with omega 3 and 9 amino acids.

On this occasion, it was shown that the enrichment of diets with inputs of higher content in omega 3, 6 and 9 acids such as flax seeds, rapeseed and fish oil provides improvements in the crude protein content of the yolks and does not add greater value of polyunsaturated fatty acids in it. The excellent omega 6 / omega 3 ratio of medium and small eggs, obtained from chickens fed enriched diets, does stand out. At the same time, the hens on the floor had productive behaviors similar to those of hens in cage, but they did not suffer from stress, they had no prolapse, cannibalism and they kept a healthy and clean plumage until the moment of the molt. transcendent to conquer demanding markets in animal care.

Keywords: egg- nutritional quality- polyunsaturated fatty acids

INTRODUCCIÓN

En Argentina, las explotaciones avícolas han tenido un gran desarrollo hasta el 2018. Frente a la crisis económica en la actualidad el cierre de muchos establecimientos productivos supera el 50%, ya que el insumo más importante, el alimento, se ha encarecido y el precio del huevo no compensa el aumento de su consumo causado por la pandemia Covid-19. Aún así, no podemos dejar de destacar el gran aumento en la población de aves que hemos tenido en las últimas décadas, debido a la alta demanda de proteína animal de excelente calidad a nivel mundial. Esto ha llevado a una tecnificación muy sofisticada de la producción de huevos a gran escala. Hoy tenemos híbridos comerciales de 100 semanas con una producción promedio de 480 huevos que necesitan un ambiente controlado en todos los aspectos nutricionales, sanitarios, de bioseguridad y manejo. En contraposición, un sector de la población reclama cuestiones de bienestar animal en esta producción tan tecnificada. Junto a esto se abre un nicho de posibilidades muy importante en producciones más amigables generando huevos ecológicos de excelente calidad. Por esta razón, es tan trascendental dar valor agregado a estas producciones de huevo en menor escala, con dietas enriquecidas con ácidos grasos omega 3, 6 y 9, que tienen un alto impacto en la salud humana. Consumir en forma regular los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (AGPI n3), dentro de ellos los ácidos grasos eicosapentaenoico (C20:5 n3 EPA) y docosahexaenoico (C22:6 n3 DHA), pueden no solo ser de gran utilidad en la prevención y control de enfermedades, sino también proporcionar otros beneficios a la salud (Gil, *et al.*, 2016). Por otro lado, es permanente el interés de muchos investigadores por encontrar ingredientes útiles para enriquecer con AGPI n3 alimentos de fácil consumo y bajo costo, como el huevo de gallina. Los aceites de soja, girasol, colza y pescado han resultado ser los ingredientes más aceptados para lograr tal fin, ya que tienen un alto contenido de ácido alfa linolénico (ALA), EPA, DHA y oleico (Artuejo, 2010).

En este contexto es muy importante que las dietas que ingieren las ponedoras puedan ser precursoras de estos ácidos poliinsaturados al incorporar en sus dietas ingredientes ricos en ácidos grasos de la serie omega 3 y 9, ya que los mismos son iniciadores de la elongación de cadenas insaturadas en el metabolismo de los ácidos grasos (figura1) beneficiosos para a la salud.

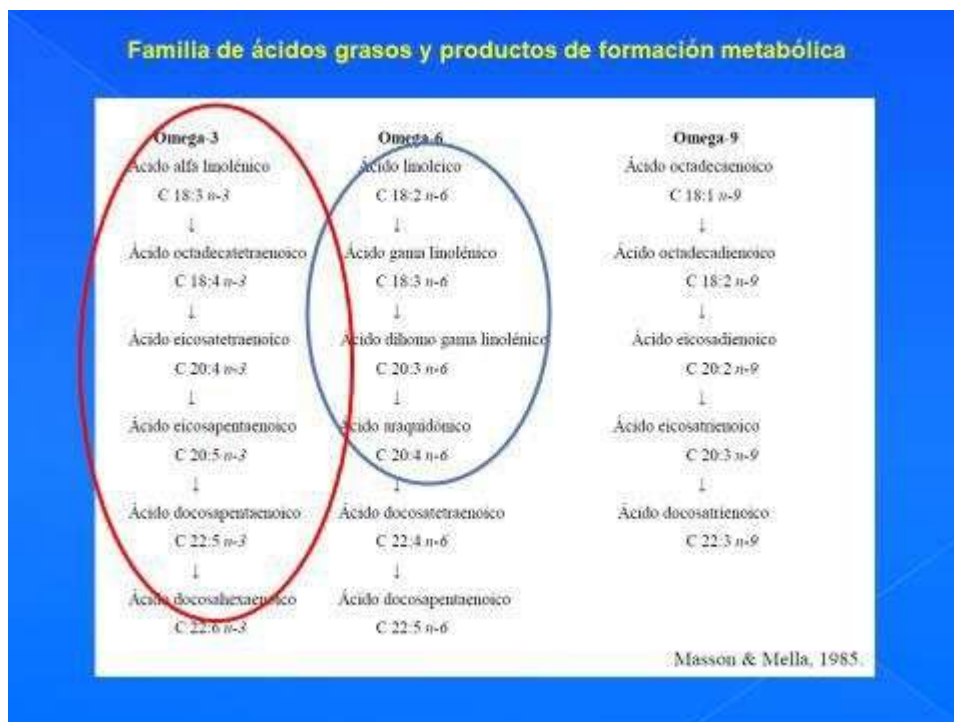


Figura 1: Elongación de la cadena de ácidos grasos omega 3, 6 y 9 en el metabolismo animal. Fuente: Braun, 2012

A partir de varios estudios de investigación, en la década del 80, comienza la utilización de suplementos dietéticos con aceites de origen marino en nutrición humana debido a que contienen seis veces más ácidos grasos omega 3 (n3) que omega 6 (n6), con lo cual se pretendía en principio disminuir los riesgos de enfermedades cardiovasculares, siendo suplementos sin acción comprobada. Estos, son subproductos de la fabricación de harina de pescado quedando el aceite, que se refina y se encapsula en gelatina blanda.

Los trabajos de investigación científica documentaron mejoras en patologías relacionadas con el sistema cardiovascular, sobre todo disminución de triglicéridos, lipoproteínas de baja densidad (LDL) y lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL) plasmáticas (Antruejo, 2010). También se hicieron comparaciones de poblaciones asiáticas con alto consumo de pescado con poblaciones occidentales altamente industrializadas, observando diferencias significativas en estos padecimientos (Antruejo, 2010). La importancia conceptual de los ácidos grasos en la alimentación humana no ha sido clara y han pasado casi 100 años desde que por primera vez se habla de la esencialidad de algunos AG, en 1929. Recién en 1999 se reconoce la esencialidad de la serie n3 como un participante activo y normal del metabolismo celular y su importancia vital en órganos como el cerebro y la retina (Farreras y Rozman, 2004).

La hipercolesterolemia prolongada, una de las afecciones más importantes de nuestros tiempos, causada por la alimentación, ocasiona la arteriosclerosis o aterosclerosis que es el principal problema cardiovascular en el humano (Americano Heras Association, AHA, 2000). Los leucocitos (monocitos/macrófagos) que se acumulan en las lesiones de la pared interna de las arterias tienen un receptor específico llamado de “eliminación de colesterol” que poseen la capacidad de ingerir a las lipoproteínas de baja lipoproteínas(LDL) que contienen colesterol oxidado o dañado y que actúan como agentes lesivos en la zona afectada de la arteria provocando la génesis de la arteriosclerosis. Transforman a los leucocitos en células espumosas cargadas de colesterol que constituyen un fenómeno crucial para la formación de la placa fibrosa con células de músculo liso, colágeno, fibras elásticas, proteoglucanos, lípidos en las células de tejido conjuntivo y tejido fibroso, que obstruye el lumen de los vasos sanguíneos causando infartos de miocardio (Bauman *et al.*, 2006). Las células del músculo liso de las arterias al igual que los fibroblastos también contienen receptores específicos de alta afinidad para diversas sustancias con las que se unen, entre estas figuran las LDL (Delany *et al.*, 1999; Braunwald *et al.*, 2001).

Frente a la complejidad química y estructural de las sustancias lipídicas, los ácidos grasos son los componentes más sencillos de los lípidos. Éstos presentan una muy amplia diversidad química estructural que les permite producir metabolitos específicos como hormonas, receptores y moduladores de actividades metabólicas, además de ser fuente de energía, protección y aislamiento (Salter *et al.*, 2007).

A su vez los ácidos grasos pueden ser saturados o insaturados, según la presencia de doble enlaces covalentes entre los carbonos de su cadena. Por esta razón podemos tener ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) o poliinsaturados (AGPI). Esta mención es importante porque el enriquecimiento de las dietas suministradas a las ponedoras tiene ácidos grasos de la serie omega 3 y 6 perteneciente a los AGPI y de la serie omega 9 propios de los AGMI.

Los omegas 3 y 6 son indispensables para el organismo, ya que son necesarios para el crecimiento normal y las funciones fisiológicas propias de las células. Como contrapartida no son sintetizables en el organismo humano y deben ser incorporados por medio de la alimentación (Gil, *et al.*, 2016).

Sus precursores son el ácido linoleico (AL) para los omega-6 y el ácido alfa-linolénico (ALA) para los omega-3, como podemos observar en la figura 2.



Figura 2. Precursores del AG omega-3 y 6. Fuente: www.pilaje.es

Los ácidos grasos monoinsaturados están muy presentes en la alimentación humana y a su vez pueden ser sintetizados por el organismo. Dentro de este grupo tenemos los omega-9, del cual el precursor es el ácido oleico.

Los omega-9 tienen efectos beneficiosos y complementarios a los de la serie 3 y 6 con respecto a la concentración del colesterol “bueno” (HDL), la hipertensión y la sensibilidad a la insulina.

Todo esto toma relevancia frente a una población que aumenta su poder adquisitivo y comienza a seleccionar mejor sus alimentos ya que tiene los conocimientos necesarios para poder entender que los ácidos grasos saturados en exceso aumentan el riesgo a enfermedades cardiovasculares. A continuación, se presenta una tabla de recomendación de la proporción de ácidos grasos que deberíamos tener en nuestro consumo para lograr un buen estado de salud (Tabla 1).

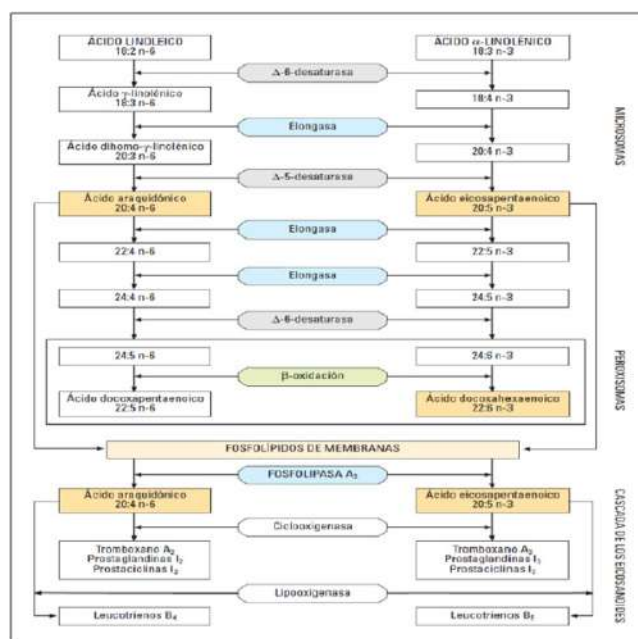
Tabla 1: Aportes nutricionales recomendados en un consumo diario

	Ácido graso	Precusores de ácido graso	Referencia nutricional
Ácidos grasos poliinsaturados	Omega-3	ácido alpha-linolénico	1 %
		Ácido docosahexaenoico (DHA)	250 mg
		Ácido eicosapentaenoico (EPA)	250 mg
	Omega-6	Ácido linoleico	4 %
Ácidos grasos monoinsaturados	Omega-9	Ácido oleico	<8 %
Ácidos grasos saturados		Ácido láurico + mirístico + palmítico	<12 %

Fuente: www.pileje.es

Sin embargo, se debe tener presente que es necesario un consumo equilibrado de los ácidos grasos omega-3 y omega-6 para evitar predisposición a enfermedades cardiovasculares y trastornos alérgicos e inflamatorios. Esto puede ocurrir cuando se prioriza los alimentos con omega-6, por lo cual es muy importante que la alimentación que suministramos a los animales que luego serán fuente de proteína para los humanos, tales como la carne, huevo y leche, tengan un correcto equilibrio en los ingredientes que utilizan como el maíz, soja y girasol. Para mejorar la relación n3/n6, en la formulación de dietas se han incorporado ingredientes ricos en omega-3, tales como la colza, alfalfa, semillas de lino, aceite de pescado entre otros.

De acuerdo con Fennema (2000) los lípidos constituyen un grupo diverso de compuestos generalmente solubles en solventes orgánicos, pero con escasa solubilidad en agua. Son los componentes principales del tejido adiposo y en la yema de los huevos junto con las proteínas y los carbohidratos constituyendo los principales componentes estructurales de las células vivas. Los ésteres de glicerol y los ácidos grasos que dan cuenta del 99% de los lípidos de origen vegetal o animal han sido tradicionalmente denominados grasas y aceites (figura 3).



Fennema, 2000.

Figura 3: Metabolismo de los ácidos grasos

Tagle (1980) menciona que los lípidos contenidos en la dieta desempeñan diversas funciones tales como ser combustibles, es decir, son los nutrientes con la más alta concentración energética, aportan los ácidos grasos esenciales, vehiculizan las vitaminas liposolubles (A, D, E y K), son importantes en la formación de moléculas fundamentales tales como fosfolípidos, glucolípidos, lipoproteínas y colesterol, por tal, participan en las funciones de estructura, funciones de membrana y actividad enzimática. Influyen sobre el nivel de lípidos sanguíneos, contribuyen a la sensación de saciedad y al retardo en la aparición de sensación de hambre, palatabilidad y textura.

Los lípidos se dividen en tres grandes grupos en función de su estructura química, de esta manera tenemos lípidos simples, que abarcan las grasas y aceites por lo tanto resultan ser los más abundantes e importantes. Los lípidos compuestos que son aquellos que están integrados por una parte lipídica y la otra que no lo es, unidas covalentemente, destacándose los fosfolípidos y los glucolípidos, en ocasiones también se incluyen las lipoproteínas. Y finalmente, los lípidos derivados o asociados en donde podemos ubicar los ácidos grasos libres, los carotenoides, las vitaminas liposolubles y el colesterol, entre otros (Badui, 1999). Dentro de la gran diversidad estructural que caracteriza a los lípidos, los ácidos grasos son quizás las estructuras de mayor relevancia (Brenner y Peluffo, 1969). Según Adrian y Frangne

(1999) los ácidos grasos son los constituyentes mayoritarios de las grasas donde se presentan usualmente en forma de triglicéridos.

Es importante tener presente que la composición de ácidos grasos de algunos productos de origen animal varía con diversos factores, por ejemplo, la yema de huevo incrementa su proporción de ácido linoleico a medida que la dieta de las aves es más rica en ácidos grasos poliinsaturados. No obstante, la concentración del ácido palmítico y del ácido esteárico, no cambia con la alimentación. En la leche ocurre algo similar, se puede incrementar el contenido de ácido linoleico y linolénico suministrando en la dieta ácidos grasos poliinsaturados protegidos con una proteína, de esta manera atraviesan el rumen sin ser alterados y se incorporan a la síntesis de triacilglicéridos. En los peces se puede llegar a disminuir el contenido de los ácidos grasos insaturados (> a C 22:6) mediante una dieta pobre en éstos con lo cual se aumenta la estabilidad de los aceites a la oxidación, y así evitar el enranciamiento (Badui, 1999).

Izquierdo *et al.*, (2000) indica que la grasa de pescado tiene elevados niveles de ácidos grasos poliinsaturados de la serie n3 y n6, destacando el ácido eicosapentaenoico (EPA) 20:5 n3 y el ácido docosahexaenoico (DHA) 22:6 n3 que se encuentran ausentes en vegetales superiores. Producción:

Desde el punto de vista productivo y en consideración a que el huevo es un insumo rico en proteína de alto valor biológico y demás nutrientes, tales como vitaminas, lípidos y minerales, ha de destacarse el alto impacto del mejoramiento genético que ha sufrido la especie *Gallus gallus domesticus*, logrando híbridos comerciales de alto rendimiento en cantidad y calidad de huevos .

Fundada en 1936 por Henry A. Wallace, Hy-Line International, es la compañía genética líder a nivel mundial en la reproducción de aves ponedoras, con una extensa historia de innovaciones, y una de las primeras en utilizar los principios de hibridación en la reproducción de aves ponedoras comerciales. Hoy en día, además de continuar siendo pionera en el uso de equipo interno propio de genética molecular, es líder industrial en la aplicación de la tecnología basada en el ADN en su programa de reproducción genética. Hy-Line produce y vende reproductoras de huevo blanco y marrón, en más de 120 países del mundo, y sus ventas son las más grandes en la industria de huevo en América y en el mundo (Hy-Line International, 2016).

Hy-Line Brown es una línea genética de gallinas ponedoras muy prolífica, con huevos de color marrón oscuro y resistente a condiciones ambientales diversas. Son gallinas livianas de plumaje café que representan el 60 % de la población a nivel nacional. Las ponedoras Hy-Line Brown se adaptan muy bien a los sistemas de crecimiento, ya sea en piso o en jaulas. Esta línea no requiere ningún servicio especial en la sala de incubación excepto la vacunación contra la enfermedad de Marek (North y Donald, 1998).

Asimismo, en la actualidad tenemos una variedad de híbridos comerciales de esta línea, con producciones de 80 semanas y un promedio de más de 355 huevos o con producciones de 100 semanas y un promedio de 480 huevos. El inicio de postura es temprano, dentro de las 18 semanas de vida, con picos de postura en el orden del 96% y una viabilidad importante. La producción de huevos es sostenida y el peso de este es constante en un rango de 60 - 64 grs, como podemos observar en la figura 4. Estas características combinadas con una eficiencia alimenticia sin igual, la mejor calidad interior del huevo en el mercado y una excelente viabilidad, le dan a la línea Hy-Line Brown el balance perfecto, lo que significa mayores ganancias para el productor avícola.

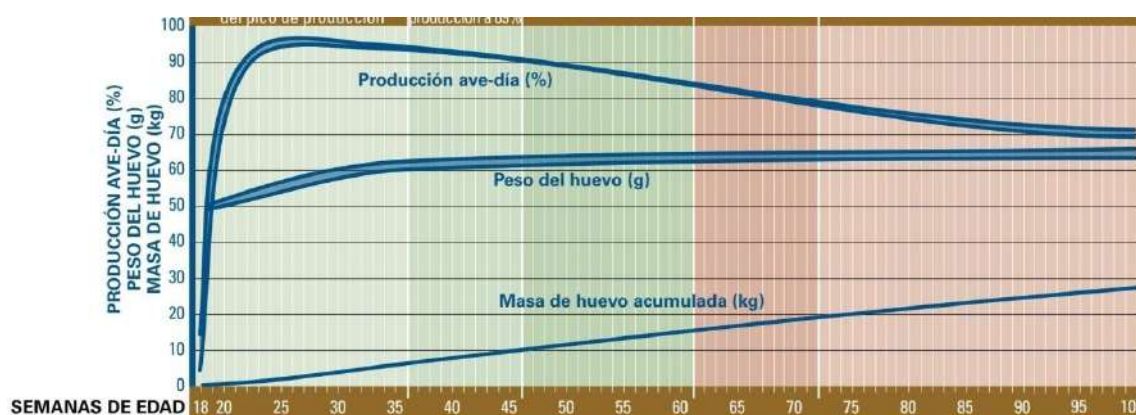


Figura 4. Extracto de Curva de Producción Hy-Line Brown de 100 semanas. Fuente: Guía de Manejo Hy-Line (2019).

Definición y Características Generales del Huevo

Buxadé (2000) señala que el huevo es un alimento conformado por tres partes principales: cáscara, clara, y yema.

Dentro del peso del huevo la cáscara ocupa entre un 9 al 12% del mismo y está formada por una alta concentración de carbonato de calcio (CaCO_3), cercano al 94%, y el resto constituido por fosfato de calcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), otros minerales y proteínas. Su función

principal es ser una barrera de defensa. A su vez está revestida con una fina película natural, llamada cutícula, que impide que los microorganismos ingresen. Aún así la cáscara es porosa (7.000 a 17.000 poros), para permitir el intercambio gaseoso y no permeable al ingreso de patógenos por medio de su cutícula (Büttow Roll, 2005). Es de suma importancia la correcta manipulación de los huevos desde el momento de su postura hasta el fin con que se los utilice, ya que cambios bruscos de temperatura durante la conservación y traslado de estos hace que se forme una condensación sobre la cáscara de huevo, siendo ésta el medio propicio para la generación de patógenos que pueden contaminar el mismo. En algunos países la industria lava los huevos y luego les coloca una película protectora. En otros se los coloca en forma permanente en la heladera ya que al haber sido lavados carecen de la película natural (Eduardo, 2007).

La calidad del huevo con el correr de los días se va perdiendo, pero ésta puede verse muy comprometida cuando la cáscara está sucia y presenta fisuras, golpes y roturas. Por esta razón en producciones a piso el operario debe pasar varias veces al día por el gallinero recogiendo los huevos para su correcto almacenamiento.

En ciertas regiones muy pobres y con escasez de lácteos (además de otros alimentos), la cáscara se suele lavar y triturar hasta lograr un polvillo blanco que se incorpora a preparaciones tales como purés, papillas, polenta, entre otros (Antonio y Jerónimo, 2007).

El color de la cáscara depende de la línea genética (blancos o marrones) y no influye en el valor nutritivo del alimento, ni en el sabor, ni en el grosor de la cáscara, ni en las características culinarias, ni en la calidad del huevo.

El grosor de la cáscara está influenciado por la dieta de la gallina y otros factores (como por ejemplo si es expulsado del útero del ave antes de su formación total, en cuyo caso resultará una cáscara fina y quebradiza). La cantidad de Calcio, Fósforo, Manganeso, y Vitamina D contenidos en la alimentación del ave es muy importante a fin de obtener una cáscara resistente. En la figura 5 se detalla el proceso de formación del huevo (partes anatómicas, tiempo de permanencia en las mismas y formación de los distintos componentes).

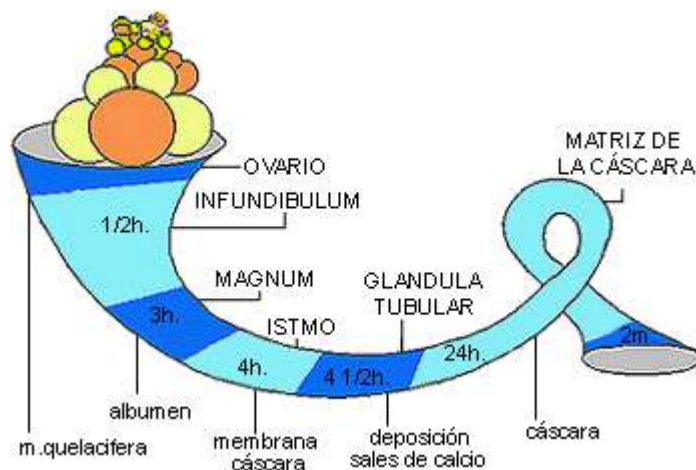


Figura 5: Proceso de formación del huevo. Fuente Buxadé, 2000.

A medida que el huevo envejece (pérdida de frescura) aumenta de la cámara de aire en su interior producto de la separación de las membranas protectoras de la clara con respecto a la cáscara. Si bien esta cámara de aire tiene una finalidad en un huevo fértil cuando el pollito ya está apto para romper la cáscara y eclosionar, en los huevos comerciales nos indica que ha pasado un tiempo importante desde la postura de este.

La clara está principalmente formada por agua y proteínas de alto valor biológico ya que los aminoácidos que conforman las mismas son esenciales para el organismo humano. También contiene vitaminas y minerales (Niacina, Riboflavina, Magnesio y Potasio, entre otros), y a la vez, una serie de enzimas que actúan como barreras contra microorganismos. El pH es de 7,6 a 8,5 (huevos más frescos). Con el paso del tiempo, el huevo envejece y se va alcalinizando, pudiendo llegar a un pH de 9,7.

También se puede observar las chalazas que son dos formaciones similares a cordones de un color transparente-blanquecino cuya función principal es la de fijar la yema al centro del huevo. Cuanto más prominente es la chalaza, más fresco es el huevo). No perjudica la cocción y no necesita ser removida (salvo casos especiales). En el proceso de industrialización del huevo para la fabricación de ovoproductos, estos deben ser sometidos a un proceso de filtrado para eliminar estas membranas, ya que en esta situación no son aceptadas.

La yema, está formada por lípidos y proteínas, y es la mayor fuente de vitaminas y minerales del huevo. Está recubierta por una membrana vitelina que la separa de la clara y la protege de una posible rotura.

Contiene al disco germinal sitio a través del cual se fertiliza. los huevos fertilizados no se utilizan para consumo humano.

El color está principalmente influenciado por la dieta de la gallina: si el ave consume alimentos con colores más anaranjados (ej. maíz "Plata" que es de los más colorados, y de alto consumo para aves en Argentina), la yema resultará de un tono amarillo/naranja, pero si consume alimentos de colores blanquecinos, la yema será menos naranja. Además, hay pigmentos naturales provenientes de flores que también son alimento para estas aves. Los aditivos colorantes artificiales no están permitidos.

La sobrecocción del huevo produce una coloración verdosa producto de las reacciones del azufre y del hierro contenidos naturalmente, y aunque la apariencia puede desmejorar una presentación culinaria, esto no incide sobre su valor nutritivo ni su sabor.

Los huevos "doble yema" generalmente provienen de gallinas jóvenes que aún no han sincronizado completamente su ciclo productivo (si son muy jóvenes pueden incluso tener huevos sin yema, lo cual es menos común). A veces son producidos también por gallinas más viejas que no llegan a producir huevos extragrandes. Y aún un tercer caso es el de gallinas de cualquier edad, pero influenciadas por factores genéticos predisponentes a los huevos doble yema. En la figura 6 se observa la estructura de un huevo y en la figura 7, cómo reconocer la frescura de huevo de consumo.

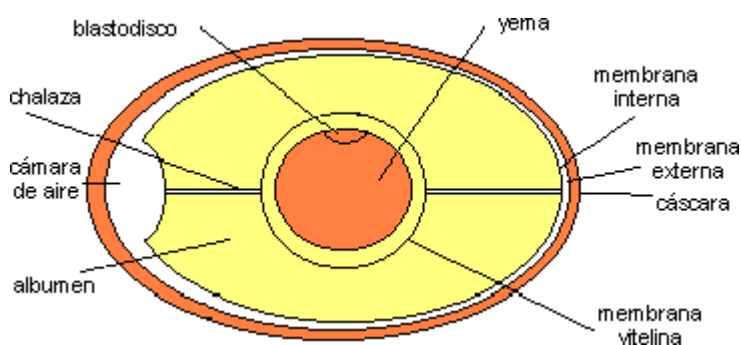


Figura 6: Corte transversal del huevo y diferenciación de sus distintas partes. Fuente:

Buxadé, 2000



Figura 7: Frescura de huevo de consumo. Fuente: <https://www.elhuevoetiqueta.eu/en-la-cocina/> (2020)

Valor Nutricional y Funcionalidad del Huevo

El huevo es un alimento funcional porque presenta compuestos fisiológicamente activos y con efectos positivos para mantener, potenciar la salud y prevenir algunas enfermedades (Gil *et al.*, 2016).

Tanto en la clara como en la yema podemos encontrar proteínas como la lisozima, ovotransferrina, ovoalbúmina, ovomucina e inmunoglobulina Y entre otras, que presentan una importante actividad antibacteriana y antivírica, también contribuyen como anticancerígenos, antihipertensivos y antioxidantes como la fosvitina presente en la yema (Kovacs-Nolan *et al.*, 2005; Mine y Kovacs, 2006; Huopalahti *et al.*, 2007).

Dentro de las sustancias no proteicas con valor funcional, se pueden mencionar la colina, luteína y zeaxantina. La vitamina E y los AGPI omega-3 están presentes en cantidades importantes cuando los huevos son enriquecidos (Applegate, 2000; Meister *et al.*, 2002).

El contenido energético es aproximadamente de 71 kcal en un huevo promedio de 50 g, que corresponde a un valor promedio de 142 kcal/100 g de huevo comestible. Sin embargo, aunque su aporte energético sea como el de una fruta, nos retribuye con una gran proporción de nutrientes esenciales tales como los ya mencionados AGPI, el hierro, las vitaminas B2, B12, A, E y folato (Codony, 2002). Por esta razón es un alimento indicado para personas que consumen una ingesta reducida, tales como niños, ancianos, o personas sometidas a dietas de adelgazamiento, entre otras. En la figura 8, podemos observar en un gráfico de barras la

composición de un huevo de tamaño medio y el porcentaje de nutrientes que se encuentran tanto en la yema como en la clara.

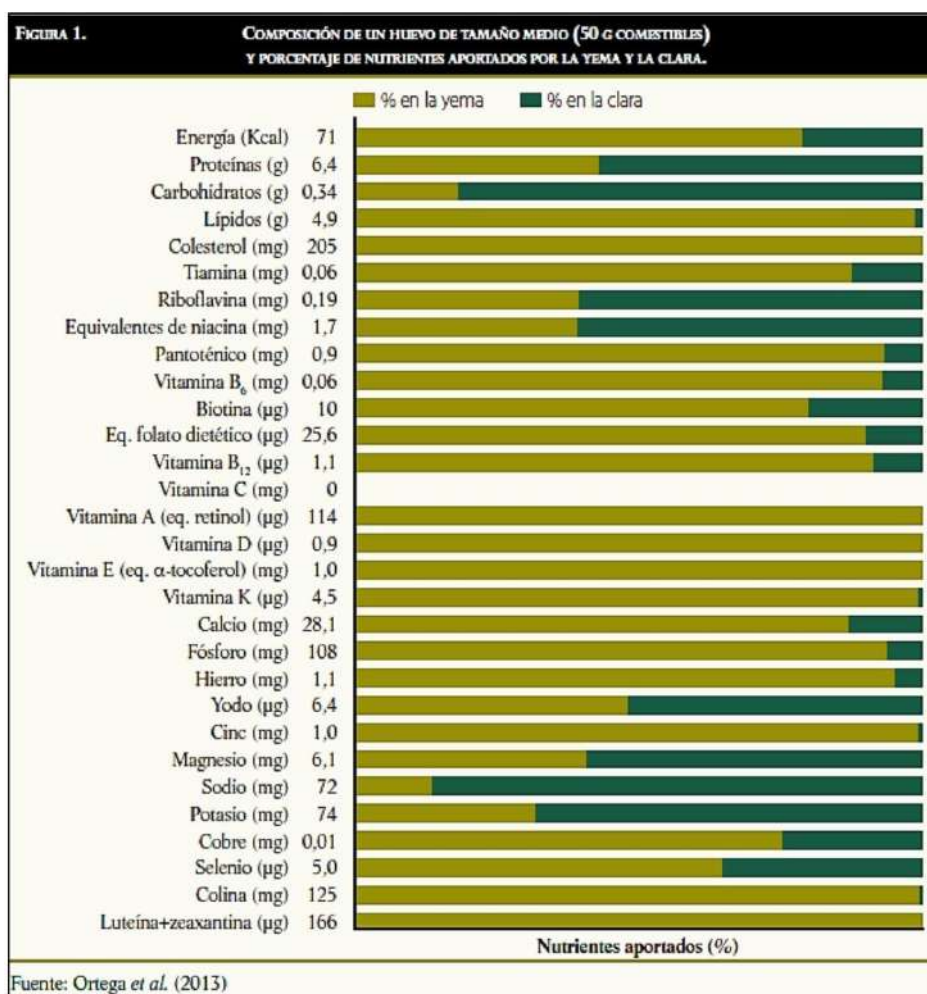


Figura 8: Composición de un huevo de tamaño medio y porcentaje de nutrientes aportados por la yema y la clara. Fuente: Ortega *et al.*, 2013.

Como se observa, el porcentaje de proteína aportado por la clara y la yema es de 6,4 g en un huevo medio, siendo las proteínas más importantes la ovoalbúmina (50%), la ovomucina (11%) y la lisozima (3,4%).

El alto valor biológico del huevo se debe a que contiene todos los aminoácidos esenciales y en la proporción “ideal” para los requerimientos del ser humano. Por lo cual, la proteína mencionada es altamente digestible (95%) (Millward, 2004).

Layman y Walker (2006) destacan el aporte concentrado de leucina y su impacto en la síntesis del tejido muscular y en el control de la saciedad. A su vez, Ortega (2002), destaca el bajo aporte de purinas, ideal para las personas que sufren de elevado ácido úrico en sangre.

Dentro de los lípidos podemos observar un aporte del 11% que en su mayoría se concentran en la yema. Con respecto a la composición tenemos un 66% de triglicéridos, un 28% de fosfolípidos y un 5% de colesterol. Los ácidos grasos saturados (AGS) están en el huevo entero en un 3%, los AGMI en 4% y los AGPI en un 2%, siendo en este último un 1,4% correspondiente al esencial (Gil *et al.*, 2016).

En los huevos enriquecidos con AGPI omega-3 gracias a la incorporación, en la dieta de las gallinas, de aceite de linaza o pescado, podemos observar un aumento importante de los EPA y DHA, cuyo consumo ha demostrado reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y mejorar a su vez las funciones visuales y mentales (Baucells *et al.*, 2000).

Con respecto al papel tan controvertido que se le ha asignado al huevo por contener colesterol en su yema, se puede saber que hay 410 mg de colesterol por cada 100 g de huevo entero, y si bien se ha demostrado que existe una relación entre el riesgo de enfermedades cardiovasculares y la presencia de altos niveles de colesterol en la circulación sanguínea de lipoproteínas de baja densidad (LDL), es la cantidad y el tipo de grasa ingerido lo que produce elevados niveles de colesterol LDL junto al incremento de AGS en el consumo (American Heart Association AHA, 2000).

Diferentes trabajos de investigación han podido demostrar que no existe una relación entre el consumo de huevos y la aparición y desarrollo de enfermedades cardiovasculares (Hu *et al.*, 1999; Kritchevsky, 2004; McNamara, 2002; Nakamura *et al.*, 2006; Natoli *et al.*; 2007; Qureshi *et al.*, 2007). Hay evidencias científicas que las fosfatidilcolina, lecitina o esfingomielina de la yema del huevo tienen efectos anticolesterolémicos y antiaterogénicos, ya que reducen la absorción del colesterol (Jiang *et al.*, 2000; Noh y Koo, 2003).

El huevo además contiene otros compuestos como los AGPI, antioxidantes (carotenoides, vitamina E y selenio), fosfolípidos (lecitina y esfingomielina), vitaminas del grupo B y folato que contribuyen a contrarrestar el efecto negativo del colesterol (Gil *et al.*, 2016).

También es importante rescatar el contenido en colina de aproximadamente 250 - 300 mg por 100 g de huevo entero, siendo el consumo necesario para el ser humano en el orden 425 a 550 mg/día. La colina es imprescindible para mantener la integridad de la membrana y para el normal desarrollo y funcionamiento cerebral. El consumo de la colina mejora la función mental de las personas con enfermedad de Alzheimer y demencia presenil.

Por último, dentro del grupo de los lípidos se destacan dos pigmentos carotenoides que se encuentran en la yema, luteína y zeaxantina, que son responsables de la coloración de la

misma, pero que a su vez, han demostrado su importante efecto antioxidante, antimutagénico y anticarcinogénico (Ribaya Mercado y Blumberg, 2004; Sajilata *et al.*, 2008). También se ha demostrado una reducción en el riesgo de cataratas y degeneración macular, acciones antiinflamatorias en enfermedades cardiovasculares y preventivas en el desarrollo de algunos tipos de cáncer (Dwyer *et al.*, 2004; Ribaya Mercado y Blumberg, 2004).

Con respecto a las vitaminas el huevo contiene todas menos la C y logra cubrir entre el 10 al 15% de los requerimientos diarios del ser humano en vitaminas A, D, B2, ácido nicotínico, B12, ácido pantoténico y biotina (Tortuero, 2002).

Los minerales importantes en el huevo son zinc (7,5%), hierro (9%) y calcio (2,6%)(Gil *et al.*, 2016).

Modificación en la composición del huevo por dietas enriquecidas con AGPI omega-3.

El huevo va modificando su composición centesimal de nutrientes por cuestiones inherentes a la gallina y también por factores de manejo y alimentación. En consideración a la necesidad de una alimentación humana más sana, se observaron cambios en la concentración de lípidos, básicamente en los AGPI omega-3 y omega-6 conjugado, las vitaminas liposolubles y algunos microminerales, cuando se han modificado los ingredientes de las raciones persiguiendo tal fin (Gil, *et al.*, 2016).

Miranda *et al.*, 2015 establece en su trabajo una relación entre el consumo de EPA y DHA con el mantenimiento normal de la función cardíaca, por lo cual, la incorporación de los AGPI omega-3 de cadena larga en las dietas de gallinas en proporciones relevantes, permite un incremento de ingesta en consumidores, sin generar efectos negativos en el sabor o en el olor de los huevos (Imran *et al.*, 2016).

El 50% de las causas de mortalidad en los países desarrollados están asociadas a las enfermedades cardiovasculares y entre los factores de riesgo se encuentran la grasa saturada y el colesterol dietético. (Antruejo, 2010). El huevo, es rico en colesterol por lo cual es altamente cuestionado su consumo. En consecuencia, se desarrollaron una serie de investigaciones con el sector avícola para reducir el contenido de colesterol y modificar la composición nutritiva de los huevos.

El colesterol es necesario para la producción de sales biliares que intervienen en los procesos digestivos y es precursor de varias hormonas. Es una molécula esencial para la producción de la vitamina D₃, y en la absorción de calcio y fósforo. Por lo cual, el colesterol es indispensable para la vida de los animales y del hombre.

Se conoce su baja heredabilidad en la modificación de colesterol (0,04 a 0,26) en las distintas razas, estirpes o líneas comerciales de las gallinas ponedoras indicando un reducido potencial de mejoramiento genético desde este punto de vista. También, el aumento en la concentración de colesterol a medida que la edad de la gallina es mayor. Las investigaciones realizadas con dietas de altos niveles de grasas insaturadas y suplementación de colesterol han aumentado la concentración de este en la yema. Se observó que, con la incorporación de fibra, consumo de alfalfa, se logra reducir hasta un 13% el contenido de colesterol. La incorporación de fármacos en las dietas, si bien pueden disminuir la síntesis de este, son comercialmente no aceptadas ya que los metabolitos intermedios se depositan en la yema (Antruejo, 2010).

Para lograr un impacto comercial sólido Antruejo (2010) menciona que se tendría que reducir el nivel de colesterol en el huevo en un rango del 30 al 50%, que hasta el momento no se ha logrado superar el 20%. Sin embargo, se debe tener presente, que la principal influencia de la alimentación sobre el nivel de colesterol plasmático se relaciona con el tipo de grasa que se consume y no por la cantidad de colesterol en el alimento. Toma relevancia el perfil de los AG de los lípidos en la yema del huevo y las posibilidades de modificarlos por medio de distintas dietas.

Butcher y Miles (2000), en sus investigaciones, hacen hincapié en los efectos positivos que tienen el AGMI oleico y los AGPI omega-3 (ALA, EPA y DHA) en la reducción de la concentración de colesterol en plasma.

La formación de triglicéridos y fosfolípidos en el hígado de la gallina para la síntesis de la yema se puede modificar con dietas que difieran en su composición centesimal de ingredientes. (Walzem, 1996).

El tipo y la cantidad de AGPI omega-3, proveniente de distintas fuentes dietéticas como, aceite de pescado, semillas de lino y semilla de chía, influyen en el contenido de AGPI omega-3 en la yema de los huevos (Betancourt, *et al.*, 2009).

Grobas y Mateos (1996) observaron, en un trabajo realizado con aceite de soja y aceite de lino, interacciones entre los AG de la familia omega-3 y la familia omega-6, ya que ambas

utilizan el mismo sistema enzimático. Por lo cual, es muy importante tener presente que el exceso de omega-6 limitaría la conversión de ALA a EPA y DHA.

Las materias primas de origen vegetal más utilizadas son: las semillas de chia y de lino con la mayor concentración de ALA n-3. Le siguen la colza, la soja, el germen de trigo y las nueces.

La semilla de lino ha sido muy utilizada para enriquecer con AG omega-3 las dietas de las gallinas debido a que los mismos aumentan su concentración en la yema. A medida que las dietas contienen más lino la concentración de los AGPI n3 aumenta. Sin embargo, es relevante destacar que la semilla de lino presenta cianoglicosidos tóxicos y factores antagónicos de la vitamina B6 (Vetter, 2000), restringiendo su uso en muchos países europeos.

Aún así se realizan pruebas para determinar el grado de incorporación correcto, ya que el lino es un ingrediente económico. Betacourt *et al.*, 2009 afirma que la producción de huevo enriquecido con ácidos grasos omega-3 es viable, con un sobrecosto de producción de 12%. Con un 15% de inclusión de linaza en la dieta de gallinas ponedoras se incrementa el contenido total de AG omega-3 y se aumenta 80 veces el contenido de ácido α -linolénico, sin afectar negativamente el sabor, el peso y la textura del huevo. A este nivel de inclusión, sin embargo, se observó una reducción en la pigmentación del huevo, por lo que se recomendó incrementar el contenido de pigmentantes y antioxidantes para conservar el color en la escala óptima.

El uso de la semilla de chía (*Salvia hispánica L.*), en una revisión de Ayerza (2002), fue ventajoso con respecto al uso de aceite de pescado y semilla de lino. En un ensayo realizado por Ayerza y Coates (2000) donde se alimentaron 450 gallinas ponedoras H&N, mitad blancas y mitad pardas durante 90 días para comparar una dieta de control con dietas que contenían 7, 14, 21 y 28% de semilla de chía. El contenido de colesterol, el contenido de grasa total y la composición de ácidos grasos de las yemas se determinaron a los 30, 43, 58, 72 y 90 días desde el inicio del ensayo. Se encontró significativamente menos colesterol en las yemas de huevo producidas por las gallinas alimentadas con dietas con 14, 21 y 28% de chía en comparación con el control, excepto en el día 90. El contenido de ácidos grasos palmíticos y el de ácidos grasos saturados totales disminuyeron no solo con el aumento del porcentaje de chia sino también con el transcurso de los días. El contenido total de ácidos grasos omega-3 fue significativamente mayor ($P < 0.05$) para ambas cepas para todas las dietas con chía en

comparación con la dieta control. El contenido total de ácidos grasos poliinsaturados de las yemas de las dietas con chía fue significativamente mayor ($P < 0.05$) que de la dieta de control.

Dado el alto costo de las harinas de pescado, ha dejado de formar parte de las dietas avícolas comerciales, pero si se ha incorporado los ACEIPES (aceite de pescado) con diferentes grados de refinación y precios. Por lo cual es importante evaluar el nivel correcto de incorporación en las dietas de estos insumos. (Cornejo *et al.*, 2007).

Cornejo *et al.*, 2007 en un ensayo realizado sobre la performance de 216 gallinas Leghorn evaluando aceites de pescado con diferentes grados de refinación con un testigo de grano soja maíz, destaca que en los distintos tratamientos realizados no se alteraron los indicadores productivos de las gallinas, ni se pudieron detectar cambios en el sabor de huevo tanto crudo como cocido. Con respecto a la presencia de los AGPI, aumenta su concentración en la yema tanto en los tratamientos con harina de pescado como con aceites de distinto grado de refinamiento.

Los AGPI son más propensos al ataque de radicales libres y al daño oxidativo, siendo utilizados en la determinación de la eficacia de antioxidantes naturales. Con el aumento de estos ácidos en las dietas de las aves, hay un aumento concomitante en la susceptibilidad al deterioro oxidativo de los huevos, llevando a la pérdida de las características tanto de la calidad como del valor nutritivo, menor aceptación del consumidor y efectos biológicos adversos (López Bote *et al.*, 1998). En ausencia de antioxidantes apropiados, los AGPI forman radicales libres y pueden tener un efecto prooxidante significativo llevando a la pérdida de la vitamina E y aumento de los productos de oxidación. Por consiguiente, es un requisito necesario tener un consumo mayor de antioxidantes para acompañar un consumo elevado de ácidos grasos poliinsaturados y obtener así, la acción benéfica de los mismos (Wiseman, 1996). Muchos antioxidantes sintéticos como butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT), galato de propilo (PG) y terbutilhidroquinona (TBHQ), presentan eficacia en la reducción de la oxidación lipídica a una concentración de 200 ppm. Antioxidantes naturales extraídos de plantas pueden ser usados como alternativas de los antioxidantes sintéticos, debido a su efecto equivalente o mayor en la inhibición de la oxidación lipídica.

Finalidad de la investigación:

En consideración con la importancia en la salud humana de un consumo equilibrado de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, toma relevancia el enriquecimiento de dietas para gallinas ponedoras con AGPI omega 3 y AGMI omega 9, siendo el huevo un alimento funcional para el ser humano y a su vez darle valor agregado al mismo en producciones más amigables y de menor escala productiva. Por tal motivo el presente trabajo evaluó, en gallinas ponedoras Hy-Line Brown en un sistema productivo a piso, la composición de AGPI en sus huevos comparando una dieta enriquecida en n3 y n9 con una dieta testigo no enriquecida con los ácidos mencionados.

Hipótesis:

Las gallinas ponedoras alimentadas con dietas enriquecidas con aceite de pescado, semilla de lino y semilla de colza, tienen como resultado una mejora en la calidad nutritiva del huevo, tomando como referencia los ácidos grasos omega 3 y omega 9.

Objetivo General:

Determinar el perfil de ácidos grasos omega 3 y omega 9 y la relación de ácidos grasos omega 3 y omega 6, en huevos de gallina de postura alimentadas con dietas enriquecidas con ácidos grasos omega 3 y 9.

Objetivos Específicos:

- Determinar la ganancia diaria de peso vivo promedio de las gallinas alimentadas con una dieta tradicional vs una dieta enriquecida con omega 3 y omega 9.
- Clasificar los huevos seleccionados al azar según tipo de tamaño (grande, mediano y chico).
- Analizar y determinar frecuencia de color de yema en base a la tabla Munsell.
- Analizar el perfil de ácidos grasos tanto de los huevos testigo como los provenientes del tratamiento.
- Determinar la existencia o no de diferencias en tamaño de huevo, y composición de ácidos grasos omega 3 y omega 9 en el testigo y en el tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Lugar y desarrollo del trabajo experimental

El trabajo experimental de la presente investigación se llevó a cabo durante 2019, en la granja Eco Huevos S.A.S ubicada en las coordenadas 36°37' 13'' S y 64° 17'26'' O, altitud 200 msnm. Se utilizaron tres galpones y 3750 gallinas de la línea híbrida HLB, Hy-Line, a las cuales se les suministró dos dietas diferentes durante 15 días. Una dieta común con ingredientes de soja y maíz y otra enriquecida con aminoácidos omega 3, omega 6 y omega 9 (fotografía 1 y 2).



Fotografía 1 y 2: Establecimiento Eco Huevos S.A.S

La nave donde se alojaron las gallinas experimentales cuenta con un muro perimetral de pared de 15 cm y 50 cm de alto. Sobre el muro y hasta el techo posee alambrado pajarero hexagonal y en paralelo cortinas de plastillera amarilla 100% cerrada con levante de abajo hacia arriba a través de poleas manejadas manualmente que regulan la entrada de luz y aire a la nave, con nidales de 0,40 m de alto, 0,40 m de ancho y 0,40 de profundidad, a razón de uno por cada 5 gallinas y en doble hilera (fotografías 3 y 4).



Figuras 3 y 4: instalaciones de alojamiento de las unidades experimentales. Establecimiento Eco Huevos S.A.S

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado y desbalanceado, con un testigo y un tratamiento. El testigo fue constituido por 2750 gallinas que fueron alimentadas con una dieta común. El tratamiento fue constituido por 1000 gallinas que se alimentaron con una dieta enriquecida en aminoácidos omega 3 y omega 6. Todas las gallinas con igual edad cronológica y peso vivo. A los alimentos de cría, recría, prepostura y postura se los evaluó por su composición nutricional y se formularon a través del software DAPP N-utrition 2.0 (2003) (fotografía 5).



Fotografía 5: Formulación de las dietas con el software DAPP N-utrition 2.0

Formulación y procesado de las dietas

Las dietas se procesaron en la planta de alimentos balanceados de Heguy Proveeduría Agropecuaria S.R.L., de Santa Rosa, L.P., y se suministran peleteadas y quebrantadas durante la cría y recria, y en harina en prepostura y postura (fotografías 6 a, b y c). En la fotografía 7 la presentación de la dieta testigo.



Fotografías 6 a, b y c: Mezclado y presentación de la dieta testigo en harina



Fotografía 7: Presentación en harina de la dieta testigo de postura

En los cuadros 1, 2, 3 y 4 se detallan la composición centesimal y nutricional de las dietas, testigo y del tratamiento. En las fotografías 8 y 9 los insumos que enriquecieron la dieta del tratamiento en ácidos grasos omega 9, 6 y 3 (semilla de colza y lino y aceite de pescado).

Cuadro 1: Composición centesimal de la dieta testigo

Complejo: Balanceados MONOGASTRICOS
Empresa: HEGUY Prov.Agrop.SRL
Ración: 33 PONEDORA JAULA C/CEBADA

COD	MATERIA PRIMA	%	KGS
1	Maiz amarillo (8.5%)	26,900	269,000
7	Expeller Soja 45%	24,000	240,000
11	Afrechillo de Trigo	12,000	120,000
202	Carbonato Calcico 37%	9,000	90,000
210	Fosfato Monobicalcico(20)	0,500	5,000
200	Sal	0,400	4,000
208	Metionina 98%	0,100	1,000
194	NUCLEO DSM PONEDOR HIPHOS	0,100	1,000
23	Cebada	25,000	250,000
3	Pellet de Alfalfa	2,000	20,000
		100,000	1000,000

Cuadro 2: composición nutricional de la dieta testigo

Especificaciones Nutricionales			
Cod.	Nombre	Valor Actual	
1	Energía Metabolizable	2,589,8119	Kcal
5	Proteína Bruta	17,1864	%
8	Fibra cruda	4,3443	%
9	Calcio	3,2733	%
12	Fósforo dispon. aves	0,2867	%
16	Ácido linoleico	1,4518	%
21	Arginina disp. aves	1,0114	%
30	Lisina disp. aves	0,7573	%
33	Metionina disp. aves	0,3365	%
36	M+C disp. aves	0,6023	%
39	Treonina disp. aves	0,5368	%
42	Triptófano disp. aves	0,1878	%
45	Valina Disp Aves	0,6755	%
52	Potasio	0,7405	%
53	Sodio	0,2111	%

Cuadro 3: Composición centesimal de la dieta del tratamiento

Complejo: Balanceados MONOGASTRICOS
 Empresa: HEGUY Prov.Agrop.SRL
 Ración: 92 PONEDORA JAULA OMEGA 6/3

COD	MATERIA PRIMA	%	KGS
1	Maiz amarillo (8.5%)	22,900	229,000
7	Expeller Soja 45%	22,000	220,000
11	Afrechillo de Trigo	11,500	115,000
202	Carbonato Calcico 37%	9,000	90,000
210	Fosfato Monobicalcico(20)	0,500	5,000
200	Sal	0,400	4,000
208	Metionina 98%	0,100	1,000
23	Cebada	25,000	250,000
196	FP MIX PONEDORA c/FITASA	0,100	1,000
252	COLZA (semilla)	3,000	30,000
253	LINO (semilla)	3,000	30,000
3	Pellet de Alfalfa	2,000	20,000
251	ACEITE DE PESCADO	0,500	5,000
		100,000	1000,000

Cuadro 4: Composición nutricional de la dieta del tratamiento

Especificaciones Nutricionales			
Cod.	Nombre	Valor Actual	
1	Energia Metabolizable	2.655,0344	Kcal
3	Materia Seca	75,2479	%
5	Proteína Bruta	16,9474	%
7	Grasa	6,0479	%
8	Fibra cruda	5,2144	%
9	Calcio	3,2908	%
10	Fósforo total	0,5705	%
11	Fósforo disponible	0,2566	%
12	Fósforo dispon. aves	0,2861	%
16	Ácido linoleico	1,9035	%
17	Ácido Linolénico	0,7625	%
51	Magnesio	0,2435	%
53	Sodio	0,2080	%
178	Acido Oleico	1,5327	%



Fotografía 8 y 9: Semillas de colza y lino y aceite de pescado de máxima pureza

Para el molido de todos los granos ensayados se utilizó un molino a martillo convencional provisto de alimentador rotativo, separador de aire para cuerpos extraños pesados, imán permanente, rotor a martillo y placa moledora. Las cribas de molido fueron de 3 mm y la potencia del motor de molienda de 125 HP. Para el peletizado se utilizó un equipo convencional compuesto por un alimentador, una cámara de acondicionamiento, matriz de peletizado y corte, un reductor de velocidad y un motor de 100 HP de potencia. La inyección de vapor durante el proceso elevaba la temperatura a 65 - 70 °C durante un lapso no mayor a los 120 segundos (dietas de cría y prepostura). Para la dieta de postura se derivó el producto al embolsado desde la salida del tornillo sinfín de mezcla cortando el circuito hacia la prensa peletizadora. Todo el proceso fue automático y monitoreado desde un panel de control (fotografías 10, 11, 12 y 13).



Fotografías 10, 11, 12 y 13): mecanismo de molido, mezclado y peletizado de las dietas experimentales.

El trabajo experimental tuvo una duración de 15 días, previo acostumbramiento de 15 días a las dietas ensayadas. Al inicio y al final, se pesaron al azar 18 gallinas del testigo y del tratamiento (fotografías 14 y 15).



Fotografías 14 y 15: Peso vivo de las gallinas al inicio y al final del ensayo

Se registraron los datos de postura en ese lapso de los grupos y se contabilizó las mortalidades. A su vez se recolectaron los huevos para definir el tamaño de muestra de manera aleatorizada y sistemática. Para ello, se procedió a elegir al azar por día de experiencia, un maple (30 unidades en total) del testigo y otro del tratamiento. Fueron debidamente identificados y refrigerados para su conservación. Finalmente fueron trasladados al Laboratorio de Calidad de Carnes de INTA EEA - Anguil donde se los clasificó según su peso en huevos chicos, medianos y grandes. Posteriormente, se seleccionaron con una aleatorización de 30/10 por maple. La elección de los tres huevos por maple se realizó con el sorteo de un número del uno al diez que definió la frecuencia de selección de huevos (fotografías 16, 17 y 18).



Fotografías 16, 17 y 18: Recolección y transporte de los huevos

Una vez seleccionados los huevos, se separaron sus componentes para estudiarlos independientemente.

En la presente investigación se también se monitoreó el peso corporal antes de programar cambios en la dieta y al final de la experiencia (fotografía 19 a y b). Los pesos registrados fueron aceptables al momento de vida de las ponedoras.



Fotografías 19 a y b: Báscula digital para control de peso corporal

Durante la postura se dispusieron cada 125 aves un bebedero automático tipo bocha de flujo constante y cada 100 aves un comedero tolva de 15 kg de recarga diaria en forma manual. Asimismo, se construyeron baterías de nidales de dos pisos sobre elevados a razón de un nidal cada 4 gallinas de 30 cm de profundidad x 30 de ancho y 30 de alto.

En la fotografía 20 a y b se observa la distribución de los bebederos, comederos y nidales en la experiencia.



Fotografía 20 a: Distribución de comederos, bebederos y nidales

Fotografía 20 b: Distribución de comederos y bebederos

El agua limpia fue tan importante como el buen alimento para un desempeño superior. Por lo tanto, el agua fresca, limpia y potable estuvo siempre a disposición de las aves y se aseguró un suministro adecuado de la misma. Un medidor es una herramienta útil para determinar el consumo de agua. La temperatura óptima del agua fue de alrededor de 20 °C. El consumo de alimento y agua están directamente relacionados; si las aves no beben suficiente agua por cualquier razón, el consumo de alimento se reduce consecuentemente.

En esta empresa se verificó la calidad del agua regularmente durante la experiencia, especialmente se utilizó su propio suministro de agua como agua de pozo, siendo apta incluso para el consumo humano. Esto es muy importante porque un excesivo contenido de sales en el agua de bebida puede ocasionar daño persistente en la calidad de la cáscara y, además, las aguas duras con alto contenido de sólidos disueltos totales que pueden ocasionar daño renal en las aves.

Para este emprendimiento se utilizó viruta no tratada y se dispuso de una ventilación suficiente para asegurar la buena condición de la cama y remover las partes húmedas cada vez que fue necesario. Se estimó un total de 0,8 kg de viruta por ave.

Para preservar esta calidad se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Se colectaron los huevos por lo menos una vez al día y se colocaron en maples de dos colores diferentes, uno para el testigo y otro para el tratado (fotografías 21 a y b).



Fotografías 21 a y b: almacenamiento y selección de maples por color

- Se almacenaron los huevos a temperaturas entre 5 °C y 10 °C con una humedad relativa entre 80 – 85%.
- Se renovó la cama en los nidos regularmente para mantenerlos limpios.
- Se dispuso de nidos individuales a razón de un nido por cada 5 ponedoras.
- Frecuentemente se recogían los huevos del suelo para mantener su proporción lo más baja posible.
- Los nidales de ambos grupos de gallinas se distribuyeron sobre elevados del piso, esto evitó roturas, suciedad y postura de huevos sobre la cama del piso (Fotografías 29 y 30).



Fotografías 22 y 23: baterías de nidales

Las ponedoras rinden su potencial genético únicamente cuando se reduce la influencia de las enfermedades. Las enfermedades de importancia económica generalmente varían en cada lugar, pero en todos los casos el desafío es identificar y controlar esas enfermedades. En este

establecimiento se tuvo especial cuidado con las enfermedades infecciosas y la coccidiosis por mantener a las ponedoras a piso. La empresa propuso que la bioseguridad era el mejor método para evitar las enfermedades, por tal, un buen programa de bioseguridad identifica y controla las maneras más probables de que una enfermedad pueda entrar a la granja. Para ello propusieron el siguiente protocolo de bioseguridad:

- El movimiento de personal y del equipo dentro de la granja debe ser estrictamente controlado.

- Las visitas a la granja deben limitarse a aquellos que son esenciales para su operación.

- Las visitas deben documentarse en el libro de registro.

- Todos los visitantes y los trabajadores deben bañarse en un lugar central antes de entrar.

- Se debe proporcionar ropa y botas limpias y cubiertas para la cabeza para todos los trabajadores y visitantes.

- En todas las entradas de los galpones deben colocarse pediluvios con desinfectante para lavar botas.

- Si es posible, evitar utilizar personal o equipo que venga de afuera para vacunar, trasladar y despigar las aves.

- Limitar a los trabajadores en un solo galpón.

- Revisar progresivamente de los lotes jóvenes a los más viejos y de los lotes sanos a los lotes enfermos. Después de visitar un lote enfermo no entrar a otros galpones.

- Eliminar las aves muertas de una manera rápida y apropiada, utilizando fosas con tratamiento de cal viva sobre los cadáveres.

Se sabe que los roedores son portadores de muchas enfermedades y que son el motivo más común de la contaminación de una instalación limpia y desinfectada. También son responsables de la propagación de las enfermedades de galpón a galpón en una granja. Para ello esta empresa contempló las siguientes acciones:

- La granja debe estar libre de escombros y hierba alta que puede servir de protección para los roedores.

- El perímetro del galpón debe tener un área de 1 metro de ancho de piedra triturada o de concreto para prevenir que los roedores hagan sus madrigueras en los galpones.

- Los huevos y el alimento deben almacenarse en áreas a prueba de roedores.

- Deben colocarse trampas con cebo por todo el perímetro externo del galpón y mantenerse con veneno fresco contra roedores.

La limpieza y desinfección del galpón entre lote y lote reduce la presión de infección para el siguiente lote. En este contexto la empresa tomó en cuenta:

- Un tiempo de vacío sanitario mínimo de 2 semanas entre lote y lote.
 - Antes de limpiar el galpón eliminó todo el alimento y la gallinaza.
 - Limpió a fondo toda la nave e implementos con desinfectantes y bactericidas.
 - Recomendaron monitorear los galpones por la presencia de Salmonella, particularmente de Salmonella enteritidis, haciendo pruebas ambientales rutinariamente.
 - Control de moscas y escarabajos, que son vectores de la propagación de coccidia.
 - La limpieza a fondo y la desinfección de los galpones.
 - Limitar el acceso de aves con camas viejas.
- Usar eventualmente, vacunas contra coccidios que requieren ciclos, consulta y a cargo del profesional veterinario.

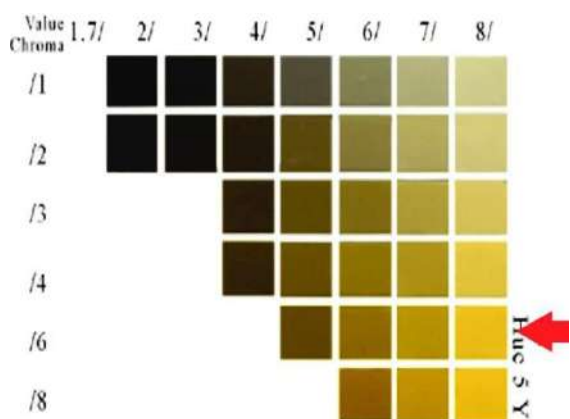
Análisis físicos y químicos:

Análisis proximal: las determinaciones que se realizaron en la yema fueron color, humedad, ceniza, extracto etéreo (EE) y perfil de lípidos, en la clara se determinó humedad y cenizas y en la cáscara sólo ceniza. Los contenidos de humedad, PB, Ceniza y EE se determinaron acorde a los métodos descritos por la AOAC (2000). Los valores de PB se determinaron por el método Kjeldahl (contenido de nitrógeno por el factor 6,25). El contenido humedad se obtuvo a partir de la pérdida de peso después de secar la muestra molida en estufa a 100 °C durante 24 horas y el de ceniza mediante incineración en una mufla durante 8 horas a 600 °C. Todos los resultados se expresaron en porcentaje (promedio de duplicados).

A la yema se le determinó además color y perfil de ácidos grasos.

Determinación de color:

Se utilizaron las tablas Munsell, que consiste en un sistema de anotación de color basado en una serie de parámetros que nos permiten obtener una gama de colores que varían en función del matiz, brillo y croma (fotografía 24 y 25).



Fotografías 24 y 25: Tablas Munsell de DSM utilizadas en esta experiencia

Perfil de ácidos grasos: las muestras de yemas destinadas para determinar el perfil de lípidos fueron liofilizadas y molidas (fotografías 26 a y b y 27 a y b).



Fotografías 26 a y b: Yema de huevo antes y después de la liofilización



Fotografías 27 a y b: Proceso de liofilización. INTA EEA - Anguil

Posteriormente, sobre una alícuota de esa fracción se realizó la transmetilación de los lípidos según el método de Park y Goins (1994). Los ácidos grasos metilados se analizaron en un cromatógrafo gaseoso Perkin Elmer Clarus 650, equipado con un detector de ionización a llama (FID). La separación de las muestras se realizó con una columna Agilent Technologies CP-Sil88 (100 m x 0,25 mm i.d) y nitrógeno como gas portador. La temperatura inicial del horno fue 150°C/min, luego se programaron 3 rampas de temperaturas: rampa 1 incremento de 2°C/min hasta 174 durante 0 min; rampa 2: incremento de 0.2/min hasta 178°C por 0 min y rampa 3: incremento de 2.0/min hasta 225 durante 7.5 min acorde con Duckett et al., 2013. Las muestras se corrieron por duplicado y dos veces, con una relación de split de 100:1 para ácidos grasos de cadena larga y trans C18:1 y una relación de split 10:1 para los isómeros CLA y ácidos grasos de cadena larga omega 3. Los ácidos grasos individuales se identificaron por comparación de los tiempos de retención con estándares Supelco Mix 37 (47885-U Supelco –Aldrich) y se cuantificaron incorporando un estándar interno (ácido metiltricosanoico, C23:0) dentro de cada muestra durante la metilación. Los ácidos grasos se agruparon en: AGS (C12:0 + C14:0 + C15:0+ C16:0 + C17:0+ C18:0); AGMI (C14:1+ C16:1+ C17:1 + C18:1 t11 + C18:1 c9 + C18:1 c11+ C20:1); AGPI (C16:2 n4 + C18:2 n6 + C18:2 c9t11 + C18:3 n3 + C20:3 n6 + C20:4 n6 + EPA + DPA + DHA); (AGPI n-3 (C18:3 n3 + EPA + DPA + DHA); AGPI n-6 (C18:2 n6 + C20:3 n6) + C20:4 n6). Los resultados se expresaron como porcentaje en peso del total de ácidos grasos y en miligramos de ácido graso por cada 100 gramos de muestra (Folch, *et al.*, 1957; Park y Goins. 1994).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

En el cuadro 5 se detallan las frecuencias sobre indicadores productivos en cada uno de los lotes con el fin de considerar el grado de bienestar de las ponedoras.

Cuadro 5: Indicadores Productivos

Variables	Testigo	Tratamiento	Test Student Dos colas
Peso vivo promedio del ave (Kg) al inicio del ensayo	2,04	2,01	NS
Peso vivo promedio del ave (Kg) al final del ensayo	2,07	2,02	NS
Consumo de alimento (Kg ave/día) durante el ensayo	0,143	0,150	P<0,05
Eficiencia de conversión alimenticia por docena durante el ensayo	2,54	2,13	
Peso del maple promedio (Kg)	1,991	1,967	NS
Peso promedio del huevo (g)	65,56	66,38	NS
Mortandad (%)	5	0	P<0,05
Postura (%)	80,21	77,90	NS

Los pesos vivos de las aves al inicio y final de la experiencia no tuvieron diferencias significativas y de acuerdo con lo que establece la empresa proveedora de híbridas; son pesos correctos para la edad fisiológica y cronológica. El consumo de alimento resultó significativamente mayor en el tratamiento, puede considerarse que al contener aceite de pescado como ingrediente tenga mayor palatabilidad que la dieta convencional maíz soja. Esta diferencia significativa en el consumo también se vio reflejado en una mejor eficiencia de conversión en los animales del tratamiento. Este efecto en el consumo y eficiencia de conversión también se pudo observar en el ensayo realizado por Cornejo *et al.*, 2008, en donde a medida que se utilizaba fuentes de aceite de pescado más refinadas en las dietas los consumos eran mayores y las eficiencias más ajustadas.

El peso de los huevos resultó muy adecuado para el momento de la puesta (30 semanas) y resultaron iguales en ambos tratamientos. La mortandad fue significativamente mayor en el testigo, quizás por mayor densidad animal por galpón, aunque se mantuvo la densidad por metro cuadrado. En toda la bibliografía consultada la mortalidad en los distintos tratamientos no estuvo relacionada con la incorporación de ingredientes ricos en omega 3, 6 y 9.

El porcentaje de postura no tuvo diferencias estadísticas significativas.

El estado del plumaje correcto, de la misma manera que el grado de suciedad, del mismo (Fotografía 28 a y b).



Fotografía 28 a y b: estado del plumaje y grado de suciedad del mismo. No se registró fatiga de la puesta, síndrome muy común en gallinas en jaula.

A continuación, en el cuadro 6 se detallan los pesos de los 30 huevos correspondientes a cada maple. No hubo diferencias significativas entre el testigo y el tratamiento.

Cuadro 6: Peso de 30 huevos en kg

n = 15	Testigo	Tratamiento	Test “t”
Maple	0,07 (\pm 0,03)	0,07 (\pm 0,03)	
Maple + huevos	2,06 (\pm 0,06)	2,04 (\pm 0,05)	NS
30 huevos (kg)	1,99 (\pm 0,06)	1,07 (\pm 0,06)	NS

En el cuadro 7 se detallan el peso de los huevos más grandes y se especifica el color de las yemas de acuerdo con la escala Munsell de DSM. Sólo la clara determinó un peso significativamente menor en el tratamiento. Esto es importante porque el tamaño y peso del huevo no son indicadores de la estructura interna del mismo.

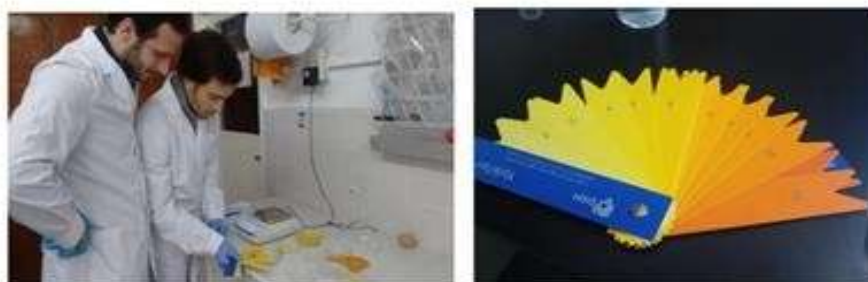
Cuadro 7: Peso de los huevos (g) grandes y DS.

n = 45	Testigo	Tratamiento	Test “t”
Huevo	72,74 (\pm 2,85)	69,91 (\pm 11,09)	NS
Yema	18,10 (\pm 1,59)	17, 16 (\pm 3,68)	NS
Cáscara	9,46 (\pm 1,01)	10,29 (\pm 5,34)	NS
Clara	44,83 (\pm 3,00)	42,13 (\pm 9,00)	P<0,05

Cuadro 8: Frecuencia de color de yemas de huevos grandes, escala Munsell de DSM.

N =	Color	Frecuencia
90	1	1
	2	2
	3	38
	4	34
	5	14
	6	1

En las fotografías 29 a y b se detalla la manera de identificación de color de acuerdo con la escala. Hubo predominio de color 3, 4 y 5 en el testigo y en el tratamiento.



Fotografía 29 a y b: Utilización de la escala Munsell de DSM internacional.

En el cuadro 9 y 10 se detallan el peso de los huevos medianos y se especifica el color de las yemas de acuerdo con la escala Munsell de DSM. Contrariamente a los huevos de mayor peso, los medianos tuvieron diferencias significativas en el peso de la cáscara, resultando mayor el tratamiento. Asimismo, aumenta la coloración de la yema en huevos medianos.

Cuadro 9: Peso de los huevos (g) medianos y DS.

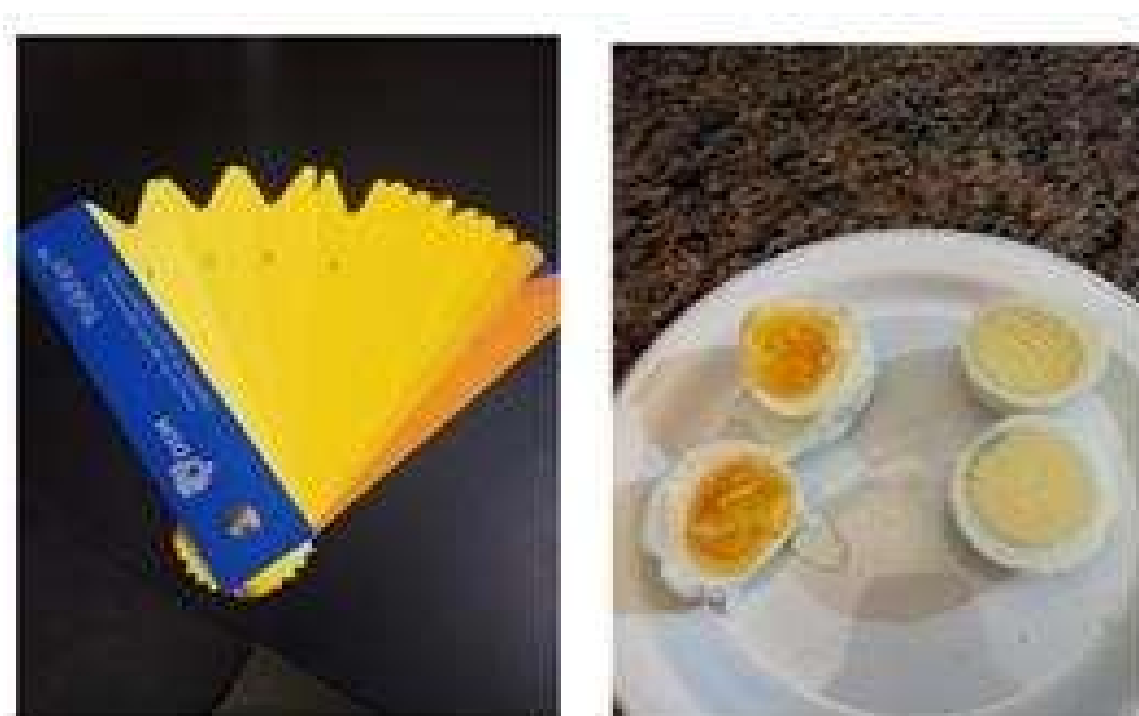
N = 45	Testigo	Tratamiento	Test “t”
Huevo	67,41 (\pm 1,94)	66,99 (\pm 1,95)	NS
Yema	17,14 (\pm 1,20)	16,73 (\pm 2,57)	NS
Cáscara	9,06 (\pm 0,87)	9,74 (\pm 2,07)	P<0,05
Clara	40,58 (\pm 2,76)	40,12 (\pm 2,51)	NS

Cuadro 10: Frecuencia de color de yemas de huevos medianos, escala Munsell de DSM.

N = 90	Color	Frecuencia
	1	0
	2	0

	3	44
	4	28
	5	16
	6	2

En las fotografías 30 a y b se detalla la manera de identificación de color de acuerdo con la escala, y sobresale la diferencia de color en huevos hervidos tipo 3 y 5. De todas maneras hubo predominio de color 3, 4 y 5.



Fotografías 30 a y b: Utilización de la escala Munsell DSM internacional y coloración de yemas tipo 3 y 5 luego de hervir los huevos de tamaño mediano

En el cuadro 11 y 12 se detallan el peso de los huevos pequeños y se especifica el color de las yemas de acuerdo con la escala Munsell de DSM. Del mismo modo que los huevos

medianos tuvieron diferencias significativas en el peso de la cáscara, resultando mayor el tratamiento. También aumentó la coloración de la yema en huevos pequeños.

Cuadro 11: Peso de los huevos (g) pequeños y DS.

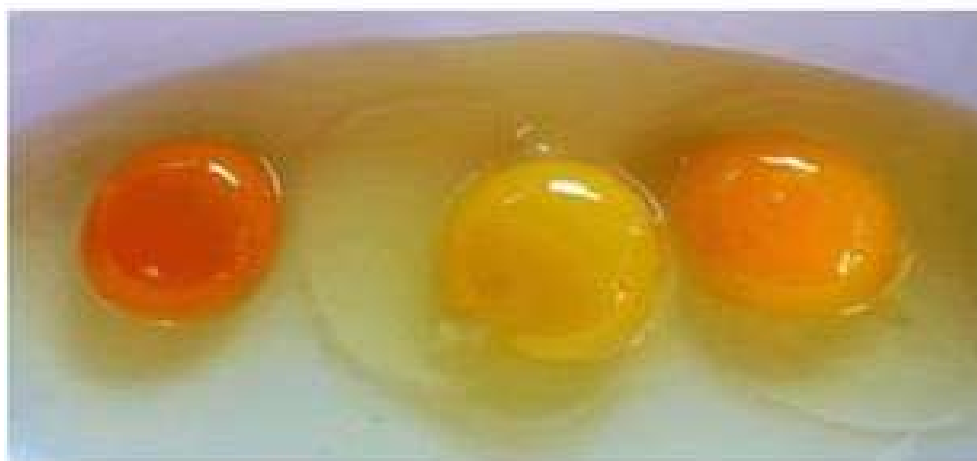
N = 45	Testigo	Tratamiento	Test “t”
Huevo	61,33 (\pm 4,11)	61,23 (\pm 2,65)	NS
Yema	16,38 (\pm 1,25)	15,82 (\pm 2,31)	NS
Cáscara	8,30 (\pm 0,85)	9,17 (\pm 1,96)	P<0,05
Clara	37,55 (\pm 4,49)	37,04 (\pm 3,87)	NS

Cuadro 12: Frecuencia de color de yemas de huevos chicos, escala Munsell de DSM.

N = 90	Color	Frecuencia
	1	0
	2	5
	3	43
	4	28
	5	14
	6	0

En la fotografía 31 se detalla la manera de identificación de color de acuerdo con la escala. Hubo predominio de color 3, 4 y 5. En todas las publicaciones consultadas solo se observó un

color de yema desfavorable cuando en las dietas enriquecidas el porcentaje de linaza superaba el 15% en la dieta, por lo cual, se necesitaba incorporar colorantes dietéticos (Betancourt *et al.*, 2009).



Fotografía 31: Coloración de las yemas de acuerdo con la escala Munsell de DSM.
Izquierda coloración 5, centro 3 y derecha 4

En la experiencia se determinó la composición centesimal de PB, EE, humedad y cenizas de las yemas de acuerdo con el tamaño de los huevos (cuadros 13, 14 y 15)

Cuadros 13, 14 y 15: Composición centesimal (%) de PB, EE, H y cenizas en base húmeda de las yemas de acuerdo con el tamaño del huevo

Huevo grande			
	Testigo	Tratamiento	Test “t”
%PB	32,17 (\pm 0,83)	39,02 (\pm 14,7)	P<0,05
%EE	51,95 (\pm 0,63)	52,03 (\pm 0,96)	NS
%Humedad	59,6 (\pm 21,64)	57,58 (\pm 21,64)	NS
%Ceniza (BH)	1,97 (\pm 0,78)	3,91 (\pm 3,75)	P<0,05

Huevo mediano			
	Testigo	Tratamiento	Test “t”
%PB	45,01 (\pm 17,40)	38,70 (\pm 14,92)	P<0,05
%EE	52,42 (\pm 0,69)	51,91 (\pm 0,63)	NS
%Humedad	50,50 (\pm 1,18)	49,29 (\pm 0,35)	NS
%Ceniza (BH)	2,01 (\pm 0,95)	2,21 (\pm 0,12)	NS

Huevo chico			
	Testigo	Tratamiento	Test “t”
%PB	39,02 (\pm 14,92)	32,76 (\pm 0,67)	P<0,05
%EE	52,09 (\pm 0,74)	51,34 (\pm 0,64)	NS
%Humedad	48,82 (\pm 1,35)	50,17 (\pm 0,51)	NS
%Ceniza (BH)	2,18 (\pm 0,23)	2,75 (\pm 0,23)	NS

Solamente las yemas de huevos grandes resultaron significativamente con mayor contenido en PB, en tanto en huevos medianos y pequeños el contenido de PB fue

significativamente mayor en el testigo. También fue significativamente mayor el contenido de cenizas en los huevos grandes del tratamiento. En los cuadros 16, 17 y 18 se observa la composición centesimal de PB, humedad y cenizas de las claras de acuerdo con el tamaño del huevo.

Cuadros 16, 17 y 18: Composición centesimal (%) de PB, H y C en base húmeda de las claras de acuerdo con el tamaño del huevo

Huevo grande			
	Testigo	Tratamiento	Test “t”
%PB	86,75 (\pm 01,57)	86,18 (\pm 0,84)	NS
%Humedad	87,79 (\pm 0,67)	80,28 (\pm 16,57)	NS
%Ceniza (BH)	0,69 (\pm 0,08)	0,64 (\pm 0,05)	NS

Huevo mediano			
	Testigo	Tratamiento	Test “t”
%PB	87,03 (\pm 01,50)	88,85 (\pm 2,39)	NS
%Humedad	84,65 (\pm 5,38)	87,65 (\pm 0,28)	NS
%Ceniza (BH)	0,69 (\pm 0,05)	0,72 (\pm 0,10)	NS

Huevo chico			
	Testigo	Tratamiento	Test “t”
%PB	86,66 (\pm 01,26)	86,10 (\pm 1,27)	NS
%Humedad	87,68 (\pm 0,64)	87,72 (\pm 0,35)	NS
%Ceniza (BH)	0,67 (\pm 0,06)	0,62 (\pm 0,42)	NS

En la composición centesimal de PB, H, y cenizas en BH(base húmeda) no existieron diferencias significativas entre el tamaño de los huevos. En el cuadro 19 se sintetiza los valores medios de la composición centesimal de PB total de acuerdo a los tamaños de huevos.

Cuadro 19: Composición centesimal de PB (%) de acuerdo con el tamaño del huevo

PB (%)	Tamaño grande	Tamaño mediano	Tamaño chico
Testigo	24,38 (\pm 5,31) a	22,41 (\pm 4,75) a	20,80 (\pm 6,56) a
Tratamiento	23,73 (\pm 4,04) a	26,49 (\pm 0,79) b	25,60 (\pm 0,51) b

Valores con igual letra no difieren estadísticamente ($p < 0,05$) Test Tukey HSD

Se destaca la diferencia significativa importante en el contenido de PB en huevos de tamaño mediano y pequeño. Esta información no puede ser contrastada con la bibliografía consultada ya que no ha sido una variable estudiada. En los cuadros 20, 21 y 22 se detalla la composición centesimal de ácidos grasos de acuerdo con el tamaño de los huevos. Asimismo, se observa la composición en ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados también de acuerdo con el tamaño de los huevos; y la composición de ácidos grasos omega 3 y omega 6. Finalmente, la relación que existe entre omega 6 y 3 de acuerdo con tamaño de los huevos.

Cuadros 20, 21 y 22: Composición centesimal de ácidos grasos. Composición en ácidos grasos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados también de acuerdo con el tamaño de los huevos. Composición de ácidos grasos omega 3 y omega 6. Relación omega 6 y 3 de acuerdo con tamaño de los huevos

Tamaño de huevo grande			
	Testigo	Tratamiento	Test“t”
C14 (Mirístico)	0,27 (0,01)	0,27 (0,02)	NS
C16 (Palmítico)	22,62 (0,77)	22,68 (0,74)	NS
C16:1 (Palmitoleico)	2,00 (0,23)	2,01 (0,23)	NS
C18 (Esteárico)	8,80 (0,47)	8,81 (0,52)	NS
C18:1n9 (Oleico)	33,24 (1,61)	33,09 (2,08)	NS
C18:2n6 (Linoleico)	22,57 (1,86)	22,48 (2,43)	NS
C20:1 (Eicosenoico)	0,09 (0,06)	0,08 (0,07)	NS
C18:3 n3 (α-Linolénico)	2,40 (0,62)	2,38 (0,67)	NS
C22:5 (Docosapentaenoico)	0,14 (0,05)	0,14 (0,03)	NS
C22:6 (Docosahexanoico)	0,20 (0,08)	0,22 (0,03)	NS
SFA	33,69 (1,16)	31,76 (0,42)	NS

MUFA	37,40 (1,81)	37,52 (2,56)	NS
PUFA	30,10 (1,59)	29,90 (2,61)	NS
PUFA n3	5,79 (1,07)	5,64 (0,61)	NS
PUFA n6	24,31 (2,14)	24,26 (2,68)	NS
Omega6/Omega3	4,42 (1,32)	4,36 (0,75)	NS

Tamaño de huevo mediano			
	Testigo	Tratamiento	Test “t”
C14 (Mirístico)	0,27 (0,01)	0,57 (0,65)	NS
C16 (Palmítico)	23,04 (0,5)	22,38 (0,58)	NS
C16:1 (Palmitoleico)	2,08 (0,35)	2,03 (0,29)	NS
C18 (Esteárico)	8,90 (0,51)	8,80 (0,23)	NS
C18:1n9 (Oleico)	33,05 (2,95)	33,79 (1,93)	NS
C18:2n6 (Linoleico)	22,46 (3,36)	21,43 (2,06)	NS
C20:1 (Eicosenoico)	0,11 (0,03)	0,08 (0,06)	NS
C18:3 n3 (α-Linolénico)	2,04 (0,60)	2,64 (0,54)	NS
C22:5 (Docosapentaenoico)	0,16 (0,05)	0,11 (0,04)	NS

C22:6 (Docosahexanoico)	0,21 (0,06)	0,22 (0,08)	NS
SFA	32,21 (0,73)	31,76 (0,46)	NS
MUFA	37,20 (3,22)	38,37 (2,52)	NS
PUFA	29,82 (3,03)	28,99 (2,12)	NS
PUFA n3	5,54 (0,78)	5,94 (0,50)	NS
PUFA n6	24,28 (3,73)	23,05 (2,37)	NS
Omega6/Omega3	4,53 (1,27)	3,94 (0,70)	NS

Tamaño de huevo chico			
	Testigo	Tratamiento	Test “t”
C14 (Mirístico)	0,27 (0,03)	0,28 (0,02)	NS
C16 (Palmítico)	22,84 (0,65)	22,61 (0,59)	NS
C16:1 (Palmitoleico)	1,99 (0,27)	1,99 (0,25)	NS
C18 (Esteárico)	8,90 (0,24)	8,87 (0,20)	NS
C18:1n9 (Oleico)	34,58 (1,77)	34,35 (1,41)	NS
C18:2n6 (Linoleico)	22,05 (1,73)	21,33 (1,60)	NS

C20:1 (Eicosenoico)	0,11 (0,06)	0,12 (0,06)	NS
C18:3 n3 (α-Linolénico)	2,16 (0,74)	2,62 (0,33)	NS
C22:5 (Docosapentaenoico)	0,15 (0,03)	0,13 (0,01)	NS
C22:6 (Docosahexanoico)	0,22 (0,05)	0,27 (0,05)	NS
SFA	32,01 (0,74)	31,75 (0,54)	NS
MUFA	37,91 (1,76)	38,44 (1,55)	NS
PUFA	29,18 (1,99)	28,97 (1,75)	NS
PUFA n3	5,31 (0,77)	6,02 (0,66)	NS
PUFA n6	23,86 (1,94)	22,95 (1,73)	NS
Omega6/Omega3	4,62 (0,82)	3,87 (0,55)	NS

La composición centesimal de ácidos grasos, saturados, monoinsaturados y poliinsaturados resultaron iguales en ambos tratamientos, así como también el contenido de omega 6 y omega 3. En la bibliografía consultada, se observaron diferencias significativas, pero en los ensayos no había dietas con diferentes ingredientes o materias primas enriquecidos con omega 3 y 6, como en esta investigación. A su vez, los ingredientes, tuvieron una mayor participación en la composición de la dieta. Se destaca la importancia de la relación omega 6/omega 3 en los huevos medianos y pequeños, situación que garantiza la mejora en de productos saludables en el tratamiento, aunque ya el testigo también tiene una adecuada relación.

En las fotografías 32 a, b, c, d, e y f se observa el proceso llevado a cabo por los tesisistas de la Facultad de Agronomía de la UNLPam para colocar las muestras en el cromatógrafo de gases, detectro fid y equipo soplete determinación para EE para la identificación del metilésteres de ácidos grasos



Fotografía 32 a, b, c, d, e y f: cromatograma con los picos de los ácidos grasos, cromatógrafo gaseoso y detectro fid, equipo soplete determinación para EE, Kjeldahl cuantificación de nitrógeno.

CONCLUSIONES

El peso de los huevos resultó muy adecuado para el momento de la puesta (30 semanas) y resultaron iguales en ambos tratamientos. La mortandad de las ponedoras fue significativamente mayor en el testigo. De los resultados expuestos en el presente TFG, se destaca la diferencia significativa importante en el contenido de PB en huevos de tamaño mediano y chico. Asimismo, las yemas de huevos grandes resultaron significativamente con mayor contenido en PB, en tanto en huevos medianos y pequeños el contenido de PB fue significativamente mayor en el testigo. También fue significativamente mayor el contenido de cenizas en los huevos grandes. El peso de los huevos pequeños y los medianos tuvieron diferencias significativas en el peso de la cáscara, resultando mayor el tratamiento. También aumentó la coloración de la yema en huevos pequeños.

Se puede concluir que si bien no se obtuvo diferencias significativas en las concentraciones de ácidos grasos omega 3, 6, y 9, entre el tratamiento y el testigo, debemos considerar que las dietas enriquecidas con insumos ricos en ellos como las semillas de lino, colza y aceite de pescado proporcionan mejoras en el contenido de proteína bruta de las yemas y no agregan mayor valor de ácidos grasos poliinsaturados en la misma, tema crucial en la producción de colesterol.

En concordancia con la bibliografía citada es muy probable que la ausencia de diferencias significativas se deba a una composición centesimal baja para los ingredientes aceite de pescado, lino y colza, en la dieta enriquecida.

Se destaca una excelente relación omega-6/omega-3 que presentan los huevos obtenidos de gallinas alimentadas con dietas enriquecidas. Aun así, es necesario destacar que en los huevos provenientes de gallinas testigo también presentaron una relación adecuada para la salud humana. Esto pone en tela de juicio si el consumidor estuviese dispuesto a pagar un valor mayor del producto por la relación n-6/n-3.

La relación 4:1 n-6/n-3 de los huevos obtenidos en esta experiencia demuestran un estatus saludable para el consumo de estos en la población, casi sin efectos nocivos para enfermedades cardiovasculares en los humanos.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Adrian, J. & R. Frangne. 1999. La ciencia de los alimentos de la A a la Z. Editorial Acribia, Zaragoza. España, pp: 68.
- Antonio, G.B., Jerónimo, A.G. 2007. Optimización de la calidad del huevo a través del manejo y la nutrición de ponedoras comerciales. pp 1-12.
- Applegate, E. 2000. Introduction: Nutritional and Functional Roles of Eggs in the Diet. *Journal of the American College of Nutrition*, Vol. 19, No. 5, 495S–498S
- American Heart Association,. 2000. AHA dietary guidelines. Revision 2000: A statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. *Circulation* 102:2296–2311.
- Ayerza, R., Coates, W. Dietary levels of chia: influence on yolk cholesterol, lipid content and fatty acid composition for two strains of hens. *Poultry Science*. Volume 79, Issue 5, 2000, Pages 724-739. ISSN 0032-5791. .
- Badui, S. 1999. Química de los alimentos. Addison Wesley Longman de México. México D.F. pp: 210 - 256.
- Bauman, D.E. & A.L. Lock. 2006. Conjugated linoleic acid: Biosynthesis and nutritional significance. In: *Advanced Dairy Chemistry. Volume 2: Lipids*, 3 rd Edition. (Eds. P.F. Fox and P.L.H. McSweeney). Springer, New York, NY. pp: 93 -136.
- Baucells MD, Crespo N, Barroeta AC, Lopez-Ferrer S y Grashorn MA. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acid into eggs. *Poultry Sci.*, 79: 51-59
- Betancourt, L.; Díaz, G. 2009. Enriquecimiento de huevos con ácidos grasos omega-3. *Revista MVZ Córdoba*. Volumen 14 (1), pp: 1602-1610.
- Braun, R.O. 2012. Tesis doctoral: respuesta productiva y calidad de carcasa en cerdos alimentados con dietas compuestas por cereales crudos y tratados hidrotérmicamente, durante los estados fisiológicos de crecimiento y terminación. FA- UNC. Argentina. 272 pp.
- Braunwald, E., Christine, E., Seidman, M.D. & M.D. Ulrich Sigwart. 2001. Contemporary Evaluation and Management of Hypertrophic Cardiomyopathy. From Cardiovascular Division, Department of Medicine, Brigham and Women's Hospital (E.B., C.E.S.), and Howard Hughes Medical Institute and Department of Genetics (C.E.S.), Harvard Medical School, Boston, Mass; and the Cardiology Division, University of Geneva, Geneva, Switzerland (U.S.). pp: 58 - 65.

- Brenner, R. & R. Peluffo. 1969. Regulation of unsaturated fatty acid biosynthesis. Effect of unsaturated fatty acid of 18 carbons on the microsomal desaturation of linoleic acid into gamma-linolenic acid. *Biochemical et Biophysica Acta*. 176 (3): 471 - 479.
- Buxade. C. 2000. La gallina ponedora, sistemas de explotación y técnicas de producción. Ediciones mundi-prensa. España. pp. 426-427.
- Büttow Roll, F. 2005. Universidad de Zaragoza. Gallinas ponedoras comerciales. Tesis de maestría. 90 p.
- Codony, R. 2002. Composición y valor nutritivo del huevo. En: Lecciones sobre el huevo, Ed, Instituto de Estudios del Huevo. Madrid, España.
- Delany, J.P., Lohm, F.B., Truett, A.A., Scimeca, J.A. & D.B. West. 1999. Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Comp. Physiol*. 45: 1172 - 1179.
- Dwyer JH, Paul-Labrador MJ, Fan J, Shircore AM, Merz CN, Dwyer KM. 2004 Progression of carotid intima-media thickness and plasma antioxidants: the Los Angeles Atherosclerosis Study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*. 24(2):313-9.
- Eduardo, V.B. 2007. Medio Ambiente y Nuevas Instalaciones para ponedoras comerciales, pp 1-20.
- Farreras, V. & C. Rozman. 2004. Medicina interna. Ed. Gea. 15º Edición: 1358 pp.
- Fennema, O. 2000. Química de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 1258 pp.
- Gil, P.; Barroeta, C.; Garcés, C. 2016. El Huevo como alimento funcional y sus componentes. *Albeitar PV* 198 del 22 de septiembre del 2016.
- Hy-Line International. 2016. Guía de Manejo. Ponedoras comerciales Hy-Line Brown. www.hyline.com. 41 pp.
- Hy-Line International. 2019. Guía de Manejo. Ponedoras comerciales Hy-Line Brown.
- [https://www.elhuevodetiqueta.eu/en-la-cocina/\(2020\)](https://www.elhuevodetiqueta.eu/en-la-cocina/(2020))
- <http://www.pilaje.es>
- Hu FB, Stampfer MJ, Rimm EB, et al. 1999. A prospective study of egg consumption and risk of cardiovascular disease in men and women. *JAMA* 281:1387-94.
- Izquierdo, P., Torres, G., Barboza, Y., Márquez, E. & M. Allara. 2000. Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado de importancia comercial en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 50 (2): 187 - 194.

- Jiang Y, Noh SK, Koo SI. 2001. Egg phosphatidylcholine decreases the lymphatic absorption of cholesterol in rats. *J Nutr* 131:2358-2363.
- Kovacs-Nolan,J., Marshall P. y Mine,Y. 2005, Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health. *J. Agric. Food Chem.* 53, 8421-8431
- López Bote, C. 1998. Prediction of the feeding background of Iberian pigs using the fatty acid profile of subcutaneous, muscle and hepatic fat. *Meat Science* 49: 155 - 163.
- Millward DJ. 2004. Macronutrient intakes as determinants of dietary protein and amino acid adequacy. *J Nutr.* 134:1588S1596S.
- North, M. y Donald, D. B. 1998. Manual de producción avícola, tercera edición. Editorial El Manual Moderno, S.A. de C.V. México, D.C. Santa fe de Bogotá 1998. Pp. 325-332, 794-271.
- Ribaya-Mercado JD, Blumberg JB. 2004. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *J Am Coll Nutr* 23:567S-587S.
- Salter, A.M., Lock, A.L., Garnsworthy, P.C. & D.E. Bauman. 2007. Milk fatty acids: Implications for human health. Nottingham University Press, Nottingham, UK. *Recent Advances in Animal Nutrition.* pp. 1-18.
- Tagle, M. 1980. Nutrición. Editorial Andrés Bello, Santiago, Chile. pp: 231.
- Tortuero, F. 2002. El huevo en la nutrición y la salud. En: *Lecciones sobre el huevo*, Ed. Instituto de Estudios del Huevo. Madrid, España.
- Walzem RL. Lipoproteins and the laying hen: form follows function. *Poult Avian Biol Rev* 1996; 7:31 -64.
- Wiseman, J. & S. Monari. 1996. *Fullfat Soya Handbook*. American Soybean Association, USA: 232.

