



Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ciencias Veterinarias - Programa de Magíster en Ciencias  
Veterinarias con Mención en Calidad e Inocuidad de Alimentos de Origen Animal

**Comparación de la composición químico nutricional de huevos de  
gallina Araucana y Hy-line W-36, bajo 2 dietas diferentes.**

Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias Veterinarias con  
Mención en Calidad e Inocuidad de Alimentos de Origen Animal

**MAKARENA AURORA RUBILAR QUEZADA  
CHILLÁN – CHILE  
2019**

Profesor Guía: Mario Alfodín Briones Luengo  
Dpto. de Ciencia Animal, Facultad de Ciencias Veterinarias  
Universidad de Concepción

# **Comparación de la composición químico nutricional de huevos de gallina Araucana y Hy-line W-36, bajo 2 dietas diferentes.**

Aprobado por:

**Mario Briones Luengo**

**Médico Veterinario, Mg. Cs.**

---

**Profesor Guía**

**Alejandra Latorre Soto**

**Médico Veterinario, Mg. Cs., PhD**

---

**Evaluadora interna**

**Jorge Avila Stagno**

**Médico Veterinario, Mg. Cs., PhD**

---

**Evaluador externo**

**Juana López Martin**

**Médico Veterinario, Mg. Cs.**

---

**Directora de Programa**



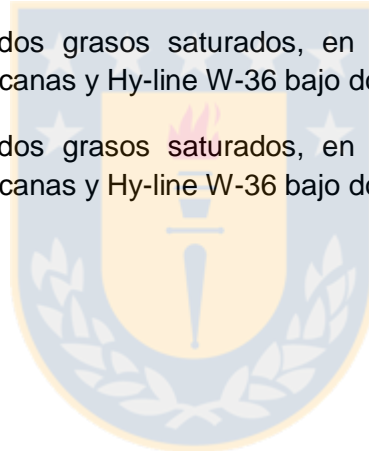
## TABLA DE CONTENIDOS

| <b>CAPÍTULOS</b>                    | <b>PÁGINA</b> |
|-------------------------------------|---------------|
| Indice de tablas.....               | iv            |
| RESUMEN.....                        | v             |
| SUMMARY.....                        | vi            |
| I INTRODUCCIÓN.....                 | 1             |
| II. HIPOTESIS Y OBJETIVOS.....      | 15            |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....      | 16            |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....     | 24            |
| V. CONCLUSIONES.....                | 34            |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 35            |
| DECLARACION DE AUTORÍA.....         | 44            |



## Índice de Tablas

| <b>TABLA N°</b>    |   | <b>PÁGINA</b> |
|--------------------|---|---------------|
| <b>En el texto</b> |   |               |
| 1.                 | Porcentajes de ceniza, en huevo entero, albumen y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.....                  | 24            |
| 2.                 | Porcentajes de proteína, en sustrato huevo entero, albumen y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.....       | 25            |
| 3.                 | Porcentajes de grasa, en sustrato huevo entero y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.....                   | 27            |
| 4.                 | Contenido de colesterol, en sustrato yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.....                               | 28            |
| 5.                 | Porcentajes de ácidos grasos saturados, en huevo entero, albumen y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes..... | 29            |
| 6.                 | Porcentajes de ácidos grasos saturados, en huevo entero, albumen y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes..... | 31            |



## RESUMEN

Se buscó comparar la ceniza, proteína, grasa total, ácidos grasos y colesterol en huevos de gallina Araucana y Hy-line W-36, bajo la administración de dos dietas diferentes (concentrado industrial y granos más pastoreo). Diseño que generó 4 grupos de tratamiento, a partir de los cuales se formaron 3 pools de 12 huevos, que proporcionaron los sustratos huevo entero, albumen y yema. De este modo los porcentajes de ceniza y proteína fueron obtenidos de los 3 pools con 3 repeticiones, los de grasa total del pool de huevo entero con 4 repeticiones y del pool de yema con 3 repeticiones, y los porcentajes de ácidos grasos y colesterol se obtuvieron del pool de yema en 2 repeticiones. Los análisis químicos para ceniza, proteína y grasa se efectuaron de acuerdo a los protocolos de la *Association of Analytical Communities*, mientras que el colesterol y ácidos grasos de acuerdo a la esterificación de Fisher y la técnica cromatográfica de Figueroa *et al.* Los resultados se evaluaron mediante un análisis de varianza utilizando el software estadístico Info Stat®. La ceniza mostró diferencias ( $P < 0,05$ ) en huevo entero, mayores para alimento concentrado (0,9 %). La proteína evidenció diferencias ( $P < 0,05$ ) en huevo entero, mayor para Hy-line (12,98 %) y alimento concentrado (13,22 %), y yema, superior para Araucana (16,38 %) y alimento concentrado (16,28 %), mientras que el albumen sólo mostró diferencias ( $P < 0,05$ ) superiores para Hy-line (12,01 %). La materia grasa presentó diferencias ( $P < 0,05$ ) en huevo entero, superiores para Araucana (9,0 %), y yema, mayores para Hy-line (28,38 %). El colesterol no mostró diferencias ni interacción significativas ( $P \leq 0,05$ ). En los ácidos grasos saturados, el ácido graso mirístico (C14:0) expresa interacción y diferencias ( $P < 0,05$ ), mayores para Araucana (0,34 %) y alimentación de granos y pastoreo (0,33 %). El ácido esteárico (C18:0) evidencia interacción ( $P < 0,05$ ), pero no diferencias ( $P \leq 0,05$ ). El ácido graso palmítico (C16:0) y el total de ácidos grasos saturados no presentan diferencias ni interacción ( $P \leq 0,05$ ). En los ácidos grasos insaturados, el palmitoleico (C16:1) y oleico  $\omega 9$  (C18:1) muestran interacción y diferencias ( $P < 0,05$ ), superiores para Araucana (2,67 y 46,13 %) y alimentación de granos con pastoreo (2,56 y 46,96 %). El ácido graso linoleico  $\omega 6$  (C18:2) expresa interacción y diferencias ( $P < 0,05$ ), mayores para Hy-line (19,77 %) y alimentación de concentrado (20,32 %). El ácido  $\alpha$ -linolénico  $\omega 3$  (C18:3) evidencia interacción y diferencias ( $P < 0,05$ ), mayores para Hy-line (1,19 %) y alimentación de granos más pastoreo (0,9 %). El ácidos graso araquidónico  $\omega 6$  (C20:4) presenta diferencias ( $P < 0,05$ ), superiores para Araucana (1,69 %). El total de ácidos grasos insaturados muestra interacción y diferencias ( $P < 0,05$ ) mayores para Hy-line (68,24 %). De este modo se puede señalar que en el huevo entero existen diferencias de ceniza y proteína, que en el albumen sólo hay diferencias de proteína, y que en la yema hay diferencias de proteína, y diferencias e interacción, del total de ácidos grasos insaturados.

**Palabras clave:** Araucana, Hy-Line, huevo, cenizas, proteína, grasa total, colesterol ácidos grasos.

## SUMMARY

We sought to compare ash, protein, total fat, fatty acids and cholesterol in eggs of Araucana hen and Hy-line W-36, under the administration of two different diets (industrial concentrate and grains plus grazing). Design that generated 4 treatment groups, from which 3 pools of 12 eggs were formed, based on the substrates whole egg, albumen and yolk. In this way the ash and protein percentages were obtained from the 3 pools with 3 repetitions, the total fat from the whole egg pool with 4 repetitions and the yolk pool with 3 repetitions, and the percentages of fatty acids and cholesterol were obtained of the yolk pool in 2 repetitions. The chemical analyzes for ash, protein and fat were carried out according to the protocols of the Association of Analytical Communities, while the cholesterol and fatty acids according to Fisher's esterification and the chromatographic technique of Figueroa *et al.* The results were evaluated by an analysis of variance using the statistical software Info Stat®. Ash showed differences ( $P < 0.05$ ) in whole egg, higher for concentrated feed (0.9 %). The protein showed differences ( $P < 0.05$ ) in whole egg, higher for Hy-line (12.98 %) and concentrated food (13.22 %), and yolk, higher for Araucana (16.38 %) and food concentrate (16.28 %), while albumen showed only differences ( $P < 0.05$ ) higher for Hy-line (12.01 %). The fat showed differences ( $P < 0.05$ ) in whole egg, higher for Araucana (9.0 %), and yolk, higher for Hy-line (28.38 %). Cholesterol showed no significant differences or interaction ( $P \leq 0.05$ ). In the saturated fatty acids, the myristic fatty acid (C14:0) expresses interaction and differences ( $P < 0.05$ ), higher for Araucana (0.34 %) and grains feeding and grazing (0.33 %). Stearic acid (C18:0) shows interaction ( $P < 0.05$ ), but no differences ( $P \leq 0.05$ ). The palmitic fatty acid (C16:0) and the total of saturated fatty acids do not present differences or interaction ( $P \leq 0.05$ ). In the unsaturated fatty acids, palmitoleic (C16:1) and oleic  $\omega$ 9 (C18:1) show interaction and differences ( $P < 0.05$ ), higher for Araucana (2.67 and 46.13 %) and grain feeding with grazing (2.56 and 46.96 %). The  $\omega$ 6 linoleic fatty acid (C18:2) expresses interaction and differences ( $P < 0.05$ ), higher for Hy-line (19.77 %) and concentrate feed (20.32 %). A-linolenic acid  $\omega$ 3 (C18:3) shows interaction and differences ( $P < 0.05$ ), higher for Hy-line (1.19 %) and grains feeding more grazing (0.9 %). The  $\omega$ 6 arachidonic fatty acid (C20:4) presents differences ( $P < 0.05$ ), higher for Araucana (1.69 %). The total of unsaturated fatty acids shows interaction and differences ( $P < 0.05$ ) higher for Hy-line (68.24 %). In this way it can be pointed out that in the whole egg there are differences of ash and protein, that in the albumen there are only differences of protein, and that in the yolk there are differences of protein, and differences and interaction, of the total of unsaturated fatty acids

**Keywords:** Araucana, Hy-Line, egg, ashes, protein, total fat, fatty acids, cholesterol.

## I. INTRODUCCIÓN

### a) Exposición del problema

La gallina Araucana es un ave rústica, oriunda de los campos sudamericanos, que destaca entre las razas por la particular característica de generar huevos de cascarón azul-verdosos (Wilhelm, 1953; Wilhelm, 1963). Dicha particularidad funciona como marcador biológico al momento de identificar el origen rural de sus huevos, permitiendo a los consumidores de huevo, al menos en Chile, realizar una asociación con un producto más sano, nutritivo y de mejor sabor, al compararlos con huevos de origen industrial. Esta asociación se genera debido a que la gallina Araucana se encuentra en poder de la pequeña agricultura, la que a través de la mujer campesina, resguardan su bienestar y diversidad conservándola en sistemas productivos asociados a ambientes y dietas naturales. Características cada vez más buscadas y premiadas por los consumidores, al punto de preferirlos y estar dispuestos a pagar más que por el huevo industrial.

Sin embargo la literatura existente respecto de las características nutricionales del huevo de gallina Araucana es confusa y en ocasiones contradictoria. Ya sea por baja estandarización de los sistemas productivos, variación en la edad de las aves, la etapa productiva y el tamaño del huevo, así como por la baja importancia que se ha dado a la alimentación suministrada, considerando que la alimentación típica de la gallina Araucana en el campo es muy distinta a la de la gallina industrial en un plantel. A dichas deficiencias se suma el hecho de que las comparaciones realizadas, disponibles en literatura, se han efectuado con estirpes de gallinas Araucanas extraídas de Sudamérica a principios del siglo XX, perdiendo probablemente la representatividad de la gallina Araucana rural actual, y razas de gallina muchas veces distintas a las líneas de postura industrial, seleccionadas para generar altos niveles de postura y eficiencia productiva, a partir de las cuales se obtiene gran parte de los huevos para consumo humano.

Es por ello que surge la inquietud y la necesidad de esclarecer y aportar al conocimiento, corrigiendo prácticas metodológicas anteriores, respecto del contenido nutricional de los huevos de gallina Araucana, despejando además las confusiones relacionadas con el factor “tipo de ave” y “tipo de alimentación”. Esclarecimientos que se llevaron a cabo mediante la realización de un análisis químico que contempló los principales constituyentes nutricionales del huevo, como los porcentajes de minerales, proteína, grasa total, colesterol y ácidos grasos.

## **b) Fundamentación teórica**

### **Recursos zoogenéticos**

Los recursos zoogenéticos locales forman parte importante y estratégica del patrimonio agroalimentario de cada nación, siendo fundamentales en el plano económico, social y cultural. De este modo colaboran en el sustento de miles de personas, reduciendo el hambre, frente a la creciente demanda de productos de origen animal, y la pobreza, al ser el insumo más esencial del agricultor. Contribuyen en el desarrollo de dietas y sistemas sostenibles, que resguardan la seguridad alimentaria y la nutrición, proporcionando alimentos proteicos de alta calidad. Constituyen la materia prima base para mejorar la productividad, eficiencia y resiliencia de los sistemas productivos mundiales, disminuyendo el uso de insumos para su ejecución (FAO, 1989; FAO, 2007; FAO, 2018).

Esta biodiversidad entre o inter-racial, se conforma de características únicas que permiten enfrentar desafíos emergentes, tales como la aparición de nuevas enfermedades, condiciones adversas de alimentación, reducción de recursos hídricos, condiciones climáticas extremas, suministro de nuevos productos, y la emergencia de desastres naturales y sociales. Sin embargo existe un proceso de erosión en la base de los recursos zoogenéticos actuales, con agravamiento progresivo, donde no se puede asegurar su uso sostenible y conservación eficiente, a pesar de ser aspectos centrales de la seguridad alimentaria y la nutrición, arriesgando la pérdida de un seguro genético que resguarde la seguridad alimentaria global. Es por ello que resulta fundamental conocer e investigar las características y potenciales productivos, de los animales que forman parte de estos recursos zoogenéticos, para así establecer las bases de uso sustentable y conservación, asegurando las opciones de respuesta ante desafíos futuros (FAO, 1989; FAO, 2007; FAO, 2018).

### **Gallina Araucana**

La gallina Araucana es un ave autóctona del sur de Chile y Latinoamérica, encontrándose de forma exclusiva entre las zonas rurales e indígenas de dichas áreas geográficas, según algunos autores, previo a la llegada de los conquistadores españoles (Castelló, 1922; Wilhelm, 1953; Wilhelm, 1963). Actualmente estas gallinas continúan habitando en las zonas rurales del sur de Chile, conservándose por su rusticidad, resistencia a enfermedades y la dominancia de los genes que proporcionan su fenotipo característico (Punnet, 1933; Moya, 2004; FIA, 2009). Sin embargo su estado de conservación actual es crítico, debido a la cruce indiscriminada con otras razas o líneas introducidas (Moya, 2004; Rodríguez, 2007; FIA, 2009).

Destacan fácilmente sobre otras razas por la presencia de tres alelos mutantes dominantes presentes en la población, que se traducen en características fenotípicas muy particulares. Uno de ellos es un alelo que produce la ausencia de cola, debido a la falta de



las últimas vértebras coccígeas (variedad collonca). Otro alelo determina la presencia de borlas de pluma a la altura de los oídos (variedad quetro). Sin embargo es el fenotipo del color del huevo, de cascarón verde azulado, el que más se reconoce y difunde, como marcador biológico dentro de la raza (Castelló, 1922; Wilhelm, 1953; Wilhelm, 1963). Dicho marcador ha permitido que el huevo tenga un público consumidor, principalmente en el sur de Chile, dispuesto a pagar más que por el huevo industrial, al relacionar el huevo azul verdoso con un producto típico de campo, más natural, orgánico, saludable, de mejor sabor, de yemas más anaranjadas y generados a partir de gallinas sometidas a alimentaciones más saludables (Muñoz, 2007). De este modo, el huevo de cascarón azul de las gallinas Araucanas encaja perfectamente con las tendencias mundiales de valoración de alimentos de origen natural (FIA, 2009).

**Características del huevo azul de gallina Araucana.** Como ya está indicado, una de las principales características es la expresión de un alelo mutante en la coloración de cascará del huevo, distinto a los ya tradicionales marrones y blancos, con fluctuaciones en el tipo e intensidad del color. De este modo se pueden presentar coloraciones celestes, azules, azul-grisáceas, verdes, azul-verdosas, verde-grisáceas, oliváceas y verdes con manchas marrones, pudiendo observarse el color azul incluso desde su interior (Castelló, 1922; Punnet, 1933; Wilhelm, 1953; Wilhelm, 1963). Dicho fenómeno tan particular corresponde a una mutación dominante (Punnet, 1933) generada por un factor genético llamado oocyan (O), el que se encuentra unido al genoma de un retrovirus aviar EAV-HP, potenciando la sobreexpresión del transportador de solutos SLCO1B3 en el útero y el oviducto (Wang *et al.*, 2013; Wragg *et al.*, 2013). Por efectos de este alelo mutante se incrementa la acumulación y secreción de altos niveles de biliverdina, subproducto de la hemoglobina y componente de la bilis, en la glándula promotora del cascarón, siendo 2 a 3 veces mayor en ejemplares oocyan (O) homocigotos, generando así la coloración azul verdosa del huevo (Zhao *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2013; Wragg *et al.*, 2013). El significado evolutivo de los mayores depósitos de biliverdina en el huevo azul podrían explicarse, de acuerdo a las teorías de selección sexual, como la posibilidad de dar señales visibles de la capacidad antioxidante de la hembra, frente al estrés oxidativo que genera la reproducción, con la finalidad de atraer a los machos a invertir mayores esfuerzos en la descendencia (Moreno y Osorno, 2003; Wang *et al.*, 2011).

**Características físicas.** Se ha reportado que los huevos de gallina Araucana presentan pesos promedio de 49 a 59 g, que varían de acuerdo a la edad reproductiva de la hembra, aumentando en forma progresiva a medida que pasan las semanas de vida de ésta, promedios que se han reportado inferiores al peso de los huevos de cascarón blanco de gallinas Hy-line y marrón de Golden Comet (Somes *et al.*, 1977; Simmons y Somes, 1982; Baeza, 1986; Orellana, 1993; Rubilar, 2015). Los índices de forma presentan promedios de 72,8 %, con tendencia a disminuir a medida que el ave envejece, menores a los huevos blancos de Hy-line y a los color marrón de Golden Comet (Baeza, 1986; Rubilar, 2015), con diámetros promedio de 5,86 cm de largo y 4,18 cm de ancho (Orellana, 1993).

En cuanto al cascarón, este presenta un espesor de 0.0393 cm, mayor al de huevos blancos de gallinas Leghorn y marrones de Plymouth Rock (Cunningham, 1977), una fragilidad de 3,1 kg/cm<sup>2</sup>, superior a la de huevos marrón de Golden Comet (Baeza, 1986), y un peso promedio de la cascara y sus membranas de 6,08 g, 9 % menor que en huevos de cascarón blanco de gallinas Hy-line (Escobar, 2014).

Con respecto a las características físicas de los componentes internos del huevo, se describen pesos de yema de 6,45 a 8,63 g, menores a los de White Leghorn, que aumentan con la edad del ave, y pesos de albúminas de 3,7 g, que se mantienen durante el ciclo productivo (Cunningham, 1977; Simmons y Somes, 1982), con una relación yema/albúmina significativamente mayor para los huevos de cascarón azul (Somes *et al.*, 1977). Además se menciona mayor calidad interna que en los huevos de la línea Golden Comet, con índices de yema de 46,9%, índices de albumen 7,5% y Unidades Haugh de 89,8% para los huevos de Araucana (Baeza, 1986).

**Características químicas.** Según Cunningham (1977) los resultados del análisis químico del albumen de huevos azules de gallina Araucana, muestran un 12,2 % de sólidos, 10,7 % de proteína, 0,38 % de glucosa y 0,3 % de NaCl. Resultados que al ser contrastados con huevos blancos de la raza Leghorn, no presentan diferencias (Cunningham, 1977; Simmons y Somes, 1985). Sin embargo al ser comparados con huevos café de la línea Golden Comet, se describen menores concentraciones de glucosa (49,5 mmol/l), y mayor contenido de proteína (8,32 %) y sólidos (13,2 %) para los huevos de gallina Araucana (Baeza, 1986). Por otra parte, a pesar de que los pesos del albumen no cambian con la edad, se ha descrito diferencias en los componentes de acuerdo a la edad reproductiva de la hembra, de este modo los albumen de los huevos de gallinas Araucanas tienden a presentar menores porcentajes de proteína, al compararse con huevos de gallinas Leghorn, a medida que aumentan las semanas de postura (Simmons y Somes, 1985; Somes *et al.*, 1977).

Los estudios del análisis químico de la yema, del huevo de cascarón azul de gallina Araucana, han descrito su composición con 49,9 a 50,5 % de sólidos, 16,1 % de proteína, 32 % de grasa, 221,8 a 219 mg de colesterol, 11 g por 100 g de yema de ácidos grasos totales, 0,17 % de glucosa, 61,9 mg/ml de carotenos, 1,4 mg de calcio, 63,96 ug de zinc y 104,37 ug de hierro (Cunningham, 1977; Simmons y Somes, 1985; Baeza, 1986; Gultemirian *et al.*, 2009; Pinteá, 2012). Estos resultados no presentan tendencias que pudiesen correlacionar la edad productiva de la hembra con las concentraciones de elementos de la yema. Sin embargo establecen diferencias significativas, con mayores porcentajes de colesterol (7 %) para la Araucana, y porcentajes superiores de proteína (7 %), calcio (19 %), hierro (16 %) y zinc (8 %) para White Leghorn (Simmons y Somes, 1985). En el caso de una comparación con la línea comercial Golden Comet de huevo marrón, las diferencias significativas expresan mayores concentraciones de proteína y carotenos para la raza Araucana (Baeza, 1986). Por otra parte hay autores que sólo han demostrado diferencias significativas en las proporciones de colesterol, observando

concentraciones 4,5 % más altas en huevos azules (1.315 mg/100 g de yema) versus huevos color marrón de Plymouth Rock (1.255 mg/100 g de yema) y huevos blancos de gallinas Leghorn (1.163 mg/100 g de yema) (Cunningham, 1977; Somes *et al.*, 1977). Discrepancias que se relacionan con las diferencias de peso y concentraciones de colesterol de las yemas (Somes *et al.*, 1977).

Sin embargo, al realizar un análisis químico de la yema por gramo de peso total de huevo húmedo, se obtienen resultados promedio de 47,56 mg de proteína, 3,46 mg de colesterol, 219,89 ug de calcio, 10,01 ug de zinc, y 16,37 ug de hierro (Simmons y Somes, 1985). Valores que presentan correlación significativa con la edad productiva de la hembra, aumentando a medida que ésta envejece, y diferencias estadísticas significativas con la raza White Leghorn, donde la raza Araucana exhibe mayores proporciones de colesterol (27 %), proteína (11 %), calcio (7 %) y zinc (10 %). Dichos resultados pueden explicarse por el aumento progresivo del peso del huevo y la yema, a medida que aumentan las semanas de vida del ave (Simmons y Somes, 1985; North y Bell, 1993), y por las mayores proporciones yema/albúmina de los huevos de la raza Araucana, durante la misma etapa productiva de la raza Leghorn de huevo blanco y Sex-links de huevo marrón (Cunningham, 1977; Simmons y Somes, 1985).

### **Gallinas industriales**

Estas aves son generadas como líneas especializadas, por empresas productoras de genética avícola, que emplean distintos programas de cruzamiento mediante los principios de la hibridación, donde líneas maternas y paternas son seleccionadas por separado para generar ponedoras con un alto grado de heterocigocidad y vigor híbrido. De este modo marcas comerciales respaldan una o más fórmulas específicas de cruzamiento con caracteres que mejoren el rendimiento y eficiencia productiva, desplazando así las estirpes puras del área comercial (Orozco y Campo, 1978; Groen, 2003; Hy-Line, 2016). Con este método la industrialización de la genética avícola logra que el producto final sea un cruce, facilitando los sistemas de representación de marcas comerciales, las que se organizan y dividen en granjas de selección, multiplicación y producción (Orozco y Campo, 1978). Es el caso de marcas industriales como Hy-line, que se origina a partir de múltiples cruces en base a la raza White Leghorn, al igual que otras ponedoras de huevo blanco, han logrado posicionarse en el mercado internacional comercializando líneas genéticas especializadas en postura (Castelló *et al.*, 1989; Hy-Line, 2016)

Dentro de los rasgos de selección y mejoramiento se busca la optimización de múltiples aspectos simultáneos, relacionados tanto con el ave, como con la cantidad y calidad del huevo. La calidad del huevo se ha mejorado tras la búsqueda de pesos más altos, uniformidad en el tamaño, forma, color, textura y porosidad de la cascara, mejoras en el grosor y resistencia a la ruptura, aumento de los porcentajes de sólidos y líquidos, altura y calidad de la albúmina, mejoras en el sabor y defectos generales del huevo, y la eliminación de inclusiones de manchas de carne y sangre en el interior de éste (North y

Bell, 1993; Arthur y Albers, 2003; Groen, 2003). Sin embargo, para promover la expresión de dichos caracteres, se deben ejecutar manejos específicos de bioseguridad, temperatura, humedad, comida, bebida y horas de luz (Hy-Line, 2016), debido a que son aves con baja o nula rusticidad y adaptabilidad a condiciones climáticas adversas y enfermedades endémicas o emergentes (North y Bell, 1993; Arthur y Albers, 2003; Groen, 2003).

**Características y composición del huevo industrial.** El huevo de ponedora industrial, como la ponedora Hy-line W-36, se describe con pesos que varían entre los 46,9 g a las 20 semanas de vida, hasta los 63,6 g a las 70 semanas, con curvas promedio que aumentan de forma progresiva a medida que la gallina envejece (Hy-Line, 2016). En cuanto a la forma se han descrito largos promedio de 5,8 cm, anchos de 4,2 cm (Sauveur, 1993), e índices de forma de 75,2 % (Baeza, 1986) y 63 % (North y Bell, 1993). Con respecto a la composición del huevo entero se describe su formación a partir de un 55,8 % de albúmina, 31,9 % de yema, y 12,3 % de cascara y membranas. En relación al análisis químico del huevo entero descascarado, se establecen porcentajes promedio de 74 % de agua, 12 % de proteína, 10 a 11 % de lípidos, 0,5 % de carbohidratos y 0,8 % de cenizas. En cuanto a la yema se indica la presencia de un 48 % de agua, 51,3 % de extracto seco, 16,6 a 17,5 % de proteína, 32 % de grasa, 1 % de carbohidratos y 1 % de ceniza (North y Bell, 1993; Belitz *et al.*, 2009). A a partir de la grasa de la yema se han establecido desde 230 a 180 mg de colesterol, de acuerdo al tamaño del huevo, y de 399 a 1.280 mg de colesterol por 100 g de yema, en cuanto a los ácidos grasos se han señalado promedios de 2 g de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y 0,7 g de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) (North y Bell, 1993; Chi y Lin, 2002). El albumen por su parte presenta 84 % de humedad, 12 % de extracto seco, 10,6 a 11 % de proteína, 0,03 a 0,2 % de grasa, 0,9 a 1 % de carbohidratos y 0,6 a 0,8 % de cenizas (North y Bell, 1993; Belitz *et al.*, 2009).

### **Ovogénesis; tiempos de formación, origen y formación de componentes**

**Formación de la yema.** La vitelogénesis es un proceso largo que inicia cuando la hembra es muy joven y culmina justo antes de la ovulación, sin embargo la etapa de mayor influencia en su formación y composición nutricional se genera al iniciar la madurez sexual, días previos a la ovulación. Los procesos de formación involucran la síntesis hepática de lípidos y proteínas, que posterior a su constitución, se transportan vía sanguínea hacia el folículo (Sauveur, 1992).

De este modo el proceso de formación se puede dividir en tres etapas, la primera es la fase inicial de crecimiento lento, que comienza al momento del nacimiento de la hembra y presenta óvulos que alcanzan 1 a 2 centésimas de milímetros, los que mediante el depósito de gotitas de lípidos, pueden llegar a medir 1 mm a los 4 a 5 meses de vida del ave. Luego se inicia la fase intermedia, donde algunos óvulos retoman el desarrollo formando una estructura llamada vitelo blanco mediante el depósito de lípidos y proteínas,

logrando 4 mm en 60 días. Finalmente, cuando la hembra alcanza la madurez sexual, se desarrolla la fase de gran crecimiento que dura entre 6 y 14 días previos a la ovulación. Se produce un aumento de 200 mg a 15 o 18 g (Sauveur, 1992), debido a un crecimiento acelerado, regular y rectilíneo que deposita material en anillos concéntricos (Sturkie, 1968). El desarrollo de la yema, dentro de esta última etapa se relaciona directamente con la edad y el rendimiento productivo de la hembra, de modo que aves más jóvenes y con mayor rendimiento productivo generan yemas terminales más pequeñas que finalizan su desarrollo más rápido, versus aves viejas con bajos rendimientos que producen yemas más grandes pero con mayor lentitud en su desarrollo (Sauveur, 1992).

**Formación del albumen, membranas, cáscara y cutícula.** Durante la ovulación, la yema es captada y englobada por la primera porción del oviducto, el infundíbulo, donde se secretan las fibras que componen la membrana vitelina, encargada de proteger a la yema de transferencias de agua provenientes del albumen, tardando alrededor de 18 min en abandonar la sección (Sturkey, 1968; Sauveur, 1992; North y Bell, 1998).

La yema va rotando en su eje longitudinal y avanza hacia la sección del magnum, (Sturkey, 1968; Sauveur, 1992; North y Bell, 1998), que se encarga de sintetizar y almacenar la solución acuosa de proteínas y minerales que conforma el albumen. Dicho albumen es producido y almacenado previo al paso de la yema (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992;), por lo que cambios en la dieta de las aves son detectados en el albumen a partir del segundo huevo tras el inicio de cualquier modificación (Sauveur, 1992). El paso de la yema genera una distensión tisular, que provoca un estímulo mecánico que incita la liberación masiva del albumen a la luz del oviducto. Es así como durante alrededor de 2 horas y 54 min (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992) se genera la producción del albumen fluido interno, parte del albumen fluido externo, albumen denso y albumen chalazeiforme (Sturkie, 1968; Coultate, 2013).

La yema rodeada de albumen avanza hacia la región del istmo, donde el huevo permanece alrededor de 1 hora y 14 minutos, estimulando la agregación de pequeñas cantidades de agua en el albumen (Sturkie, 1968), la formación de las membranas interna y externa del cascarón, y el inicio de los depósitos del cascarón (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992). El agua ingresada en el albumen permite disminuir los porcentajes de sólidos del albumen fluido interno y el albumen denso, además de formar el albumen fluido externo visible (Sturkie, 1968). En cuanto a la síntesis de las membranas del cascarón, ésta se basa en la secreción de proteína queratina (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992). Ambas membranas se encuentran íntimamente unidas, sin embargo hasta poco antes de la postura, se genera una leve separación, que luego de la postura y en el polo más ancho del huevo, da origen a la cámara de aire (North y Bell, 1998; Belitz *et al.*, 2009). En la zona distal se sintetizan las fibras proteicas que formarán la base de la matriz orgánica de la cáscara, entrelazándose con las fibras de la membrana externa del cascarón, e inicia la cristalización del carbonato cálcico (Sauveur, 1992).

Al ingresar el huevo al útero permanece allí alrededor de 18 a 20 horas (North y Bell, 1998), tiempo durante el cual culmina la adición de agua y sales al albumen, se forma la cáscara, sus pigmentos y la cutícula (Sturkie, 1968). Sus membranas presentan un aspecto arrugado, debido a la baja hidratación de las proteínas del albumen, sin embargo los cambios físicos y químicos dentro del útero permiten la estratificación, hidratación y fluidez del albumen (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992), generándose así las 4 capas del albumen; correspondientes a 2 gruesas o densas más cercanas a la yema, 2 delgadas o fluidas y las chalazas próximas a la yema (Coulter, 2013). Paralelo a la hidratación y licuefacción de la clara, se inicia el depósito de cristales de carbonato de calcio, pequeñas cantidades de magnesio, fosfato, citrato y trazas de sodio y potasio, sobre las membranas del huevo, para la formación de la cáscara. La calcificación termina cuando un depósito de fosfato se adhiere a la superficie de la cáscara, iniciándose entonces el depósito de los pigmentos y posteriormente el de la cutícula (Sauveur, 1992). Cuando el huevo ya está formado pasa a la vagina y desemboca en la mitad izquierda de la cloaca para su expulsión (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992).

### **Factores que afectan la composición del huevo**

Los constituyentes del huevo se pueden clasificar en dos grandes grupos, uno con mínima susceptibilidad a variaciones y otro con alta susceptibilidad a variaciones. Dentro del grupo con mínima susceptibilidad se encuentran el agua, las proteínas, aminoácidos, grasa total y macrominerales. Mientras que en el grupo de constituyentes susceptibles se encuentran; oligoelementos minerales, vitaminas y ácidos grasos (North y Bell, 1993; Sauveur, 1993).

Entre los factores que pueden influir en las variaciones de los constituyentes se encuentran el peso del huevo y la edad de la hembra, el origen genéticos de los animales seleccionados, la época del año y temperatura, el tipo de alojamiento y la alimentación del lote (Sauveur, 1993). El aumento de la edad de la hembra lleva consigo un aumento progresivo en el tamaño y peso total del huevo (North y Bell, 1993; Sauveur, 1993), generando como consecuencia variaciones en la relación yema/albumen, aumentando el tamaño total de la yema, y los contenidos de materia seca, estables o ligeramente aumentados en la yema y disminuidos en el albumen. La selección genética también a generado variaciones al comparar “estirpes modernas o seleccionadas” como Hy-line versus “estirpes antiguas o testigo” como la raza Araucana. De este modo la selección para el aumento del número de huevos ha generado ligeras disminuciones en la proporción de la yema, leves aumentos del extracto seco del albumen, y sutiles disminuciones del extracto seco de la mezcla yema-albumen. Mientras que selecciones relacionadas con el aumento en el peso del huevo pueden generar aumentos en los porcentajes de albumen, de la materia seca del albumen y disminución en los porcentajes de yema (Sauveur, 1993). En el caso de la época del año y las temperaturas ambientales, cuando el ave es sometida a un estrés térmico sobre los 28 a 30 °C, pueden apreciarse

disminuciones en el peso total del huevo (North y Bell, 1993; Sauveur, 1993), sin alterar la materia seca de éste, ligeras disminuciones de los lípidos de la yema y aumentos del calcio contenido en el albumen (Sauveur, 1993). El tipo de alojamiento, relacionado con la naturaleza del hábitat inmediato del ave, hace principal referencia a los tipos de sistema en jaula con alimentación en base a pienso, empleados para aves industriales como Hy-line (Sauveur, 1993; Hy-line, 2016), y los sistemas en piso con alimentación en base a cereales, como los sistemas rurales en los que viven las gallinas Araucanas (Sauveur, 1993; Moya, 2004). De este modo los alojamientos en piso con alimentación en base a cereales se relacionan con disminuciones en la proporción de yema, notables aumentos en el contenido de colesterol, aumentos en el contenido de lípidos, ácido linoleico, a expensas del esteárico y oleico, incrementos de vitamina B12, ácido fólico y vitamina E, mientras que disminuyen los niveles de vitamina A, calcio y hierro. En cuanto a la alimentación de las gallinas, esta se asocia principalmente con alteraciones en la relación yema/albumen. Es así como disminuciones en los niveles de proteína de la dieta pueden generar disminuciones del peso total de albumen, mientras que los porcentajes de lípidos de la dieta se relacionan directamente con el tamaño de la yema, donde los ácidos grasos saturados tienden a ser los de composición más constante. En cuanto a los macrominerales del huevo generalmente son estables, a menos que se incorpore un suplemento adicional que se vea aumentado en el albumen, siendo el hierro el menos variable. Dentro de las vitaminas las de mayor susceptibilidad a variaciones son la riovflavina, vitaminas del clomplejo B y vitaminas A y D (Sauveur, 1993).

## **Principales constituyentes del huevo**

### **a) Proteína**

**Proteínas del huevo.** Las proteínas que componen el huevo son apreciadas en la nutrición humana por su elevado valor biológico, generado por el equilibrio ideal entre los aminoácidos de la yema y el albumen, además de su alto contenido de aminoácidos esenciales y ningún aminoácido limitante (Sauveur, 1993). A esto se suma que cuando se asocian los criterios de utilización digestiva y valor biológico del huevo cocido, se obtienen coeficientes de utilización práctica de un 93 %, lo cual es más elevado que otras fuentes proteicas como la leche de vaca con un 86 % y la carne de vacuno con un 76 %. Es así, como estas propiedades, han generado que las proteínas del huevo sean utilizadas como el estándar de la eficiencia proteica mundial (Sauveur, 1993). Propiedades, que en muchos casos, definen los usos del huevo en la elaboración de alimentos (Mine, 2002; Coultate, 2013)

**Proteína del albumen.** Varias de las proteínas del albumen presentan actividad biológica como enzimas, inhibidoras enzimáticas y formadoras de complejos coenzimáticos, que protegen al huevo frente a la descomposición microbiana (Belitz *et al.*, 2012). Las proteínas más importantes que constituyen la clara del huevo corresponden a 5 proteínas globulares, que se encuentran en igual proporción en las distintas capas que constituyen

el albumen, entre las que se encuentra la ovoalbúmina (54 %), conalbúmina (12 %), ovomucoide (11 %), lisozima (3,4 %) y ovoglobulina (8 %). Sin embargo existe otra proteína de estructura fibrosa, llamada ovomucina (1,5 a 3,5 %), que se encuentra en una proporción 4 veces mayor en la capa de albumen denso (Mine, 2002; Belitz *et al.*, 2012; Coultate, 2013, Sturkie, 2015). La ovoalbúmina es una glicofosfoproteína que destaca por su fácil desnaturalización frente a la agitación y el calor, con el que adquiere una estructura de gel rígido como el que caracteriza la clara de huevo cocido. La conalbúmina es una glicoproteína que se comporta de modo similar a la ovoalbúmina, pero que presenta capacidad para fijar iones metálicos, permitiendo generar complejos que aumentan la resistencia a la desnaturalización superficial (Coultate, 2013). La lisozima destaca por presentar actividad lítica frente a las paredes de bacterias gram negativas, controlando la proliferación microbiana al interior del huevo (Sturkie, 2015). Mientras que las glicoproteínas ovomucoide y ovomucina, se encargan de entregar las propiedades de viscosidad al albumen, inhibiendo la invasión microbiana y la actividad de proteinasas (Belitz *et al.*, 2012; Coultate, 2013; Sturkie, 2015).

**Proteínas de los gránulos de yema.** Las lipovitelininas son lipoproteínas de elevada densidad (HDL), cuya fracción lipídica incurre en un 35 % de triglicéridos, 60 % de fosfolípidos y un 5 % de colesterol. Entre sus propiedades destaca por ser termoestable y formar complejos de 2 moléculas de lipovitelinina por 1 molécula de fosvitina. La fosvitina es una glicofosfoproteína que, al igual que la lipovitelinina, presenta la característica de ser termoestable, sin embargo también se describe la capacidad de captar iones metálicos como el hierro, actuando sinérgicamente con los antioxidantes (Mine, 2002; Belitz *et al.*, 2012).

**Proteínas del plasma de yema.** Las lipoviteleninas son lipoproteínas de baja densidad (LDL) que flotan en la yema, presentan una fracción lipídica de un 84 a 90 %, y un núcleo en base a 74 % de triglicéridos y ésteres de colesterol, que a su vez se rodea por apolipoproteínas, colesterol y un 26 % de fosfolípidos (Anton *et al.*, 2003; Belitz *et al.*, 2012). Más del 95 % del colesterol presente en la yema se almacena en la forma de LDL, donde más del 90 % se encuentran en forma libre no esterificada, moléculas que empaquetadas por fosfolípidos, resultan fundamentales para conservar la estructura base de las LDL (Griffin, 1992). Otra proteína que forma parte del plasma de yema es la proteína globular livetina, que destaca por presentar propiedades hidrosoluble (Belitz *et al.*, 2012).

## **b. Lípidos**

**Lípidos de la yema.** Los lípidos de la yema presentan un elevado coeficiente de digestibilidad de entre un 94 a 96 %, asociado principalmente a los triglicéridos, y alta riqueza de ácidos grasos insaturados, los que alcanzan 2/3 de ácidos grasos totales. Sin embargo la composición de los ácidos grasos depende en gran medida del tipo de alimentación del ave (Sauveur, 1993). En cuanto a la fracción lipídica, ésta se compone



de un 70 % de triacilgliceroles, 25 % de fosfolípidos, 5 % colesterol y ésteres de colesterol, que se encuentra estrechamente ligados a las proteínas de la yema mediante la estructura de las lipoproteínas (Belitz *et al.*, 2012; Sturkie, 2015).

**Colesterol.** Los esteroides constituyen alrededor del 4 % de los lípidos del huevo, dentro de los cuales un 96 % corresponden a colesterol, a partir del cual el 15 % se encuentra esterificado con ácidos grasos (Belitz *et al.*, 2012). El colesterol ha sido uno de los factores más críticos a la hora de decidir el consumo de huevos (Salma *et al.*, 2007), debido a la relación que se ha establecido entre el huevo y la hipercolesterolemia, asociada directamente con la incidencia de enfermedades cardiovasculares (Lewis *et al.*, 2000; Dawber *et al.*, 2015), limitando el consumo de huevos como un intento por reducir el nivel plasmático de colesterol (Dawber *et al.*, 2015). Es por ello que la industria avícola ha realizado múltiples intentos, mediante intervención genética, para generar huevos con menores porcentajes de colesterol, a pesar de ello esto no ha sido posible, considerando que la gallina de forma natural debe depositar niveles de colesterol que aseguren un correcto desarrollo embrionario (Salma *et al.*, 2007).

Sin embargo, estudios recientes se contradicen con estudios anteriores, debido a que estos últimos no consideran variables de confusión como genes, hormonas, componentes dietéticos, estilo de vida y estado nutricional de los sujetos (Kushi *et al.*, 1985; Shekelle y Stamler, 1989), evidenciándose debilidades crecientes respecto a la correlación propuesta entre el consumo de huevo y las enfermedades cardiovasculares. Es por ello que la Asociación Estadounidense del Corazón (AHA) eliminó la restricción del consumo de huevos en el año 2002 y el Comité Asesor sobre Directrices Alimentarias de los Estados Unidos (DGAC) eliminó la restricción de la versión de la guía dietética en el año 2015, permitiendo incorporar al huevo dentro de una dieta saludable, luego de medio siglo de debate, eliminando la naturaleza de consumo restrictivo que había sido otorgada al huevo (Eckel, 2008; Eckel *et al.*, 2013; USDA, 2015; Kuang *et al.*, 2018).

Los estudios recientes hacen referencia a la influencia de LDL y HDL de la yema sobre la incidencia de cardiopatías. De este modo, el colesterol que el cuerpo necesita es transportado por LDL, sin embargo cuando los niveles de LDL son demasiado elevados éstas se acumulan en las paredes arteriales, causando inflamación y oxidación, que a su vez produce absorción de colesterol por las células espumosas, causando aterosclerosis por daño epitelial, asociándose así las LDL directamente con enfermedades cardiovasculares. Sin embargo las HDL generan un nivel protector, eliminando el colesterol de las células espumosas para inhibir la oxidación de LDL, atenuando la inflamación, generando actividad antitrombótica e inhibiendo el transporte de colesterol, de este modo se previene la aparición de aterosclerosis y las HDL son asociadas negativamente con el desarrollo de cardiopatías (Ostör *et al.*, 2003; Barter, 2005; Rye y Barter, 2014). A este efecto protector se suma el hecho de que el consumo de huevo no genera aumentos significativos en el colesterol total y LDL sanguíneos (Lewis *et al.*, 2000), y a que la proporción de LDL/HDL, que es igual en el huevo y la sangre humana,

no se altera, pudiendo contrarrestarse fácilmente el efecto de LDL por HDL (Kuang *et al.*, 2018).

Otros componentes bioactivos del huevo que intervienen en la absorción, metabolismo, transporte y excreción del colesterol, son los ácidos grasos, aminoácidos, fosfolípidos y proteínas (Kuang *et al.*, 2018). De este modo los ácidos grasos insaturados de la yema afectan la absorción del colesterol y el nivel de LDL plasmática (Bovet *et al.*, 2007), mientras que los ácidos grasos omega-3 inhiben la absorción y transporte de colesterol (Yang *et al.*, 2018b). Los aminoácidos intervienen mediante la formación de fosfolípidos, que inhiben la absorción intestinal de colesterol y promueven la formación de lipoproteínas (Kuang *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2018a). La proteína ovomucina inhibe la hipercolesterolemia, la absorción de colesterol y la reabsorción de ácidos biliares propensos a generar aumentos de colesterol (Nagaoka *et al.*, 2002). Las proteínas con azufre promueven los niveles de HDL y disminuyen los de LDL, mediante modificaciones transcripcionales. Es así como el consumo de colesterol no tiene el mismo efecto que el consumo de colesterol en el huevo, debido a los múltiples efectos protectores proporcionados por sus elementos bioactivos (Kuang *et al.*, 2018).

**Ácidos grasos.** Los principales ácidos grasos presentes en la yema de huevo corresponden al ácido oleico (C18:1) en un 40 a 50 %, ácido palmítico (C16:0) con 20 a 30 % y ácido linoleico (C18:2) en un 15 % (Pintea *et al.*, 2012). Sin embargo la composición de ácidos grasos del huevo es susceptible a múltiples factores, entre los cuales se encuentran la dieta, vivienda, sistema productivo, genética, edad y contenido de grasa corporal de las hembras (Washburn, 1990; Scheideler *et al.*, 1998; Millet *et al.*, 2006; Anderson, 2011; Belitz *et al.*, 2012). De este modo las cantidades de ácidos grasos presentes en los huevos podrían variar enormemente (Belitz *et al.*, 2012).

Desde el punto de vista la nutrición humana, los estudios recientes señalan la existencia de una relación directa, de algunos ácidos grasos como los omega, con la disminución del riesgo a enfermedades cardiovasculares, propiedades neuroprotectoras relacionadas con las funciones cognitivas del envejecimiento, y la participación en componentes estructurales celulares (Simopoulos, 2002; Silva *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2011). Es por ello que actualmente la industria avícola ha incorporado múltiples suplementos ricos en ácidos grasos omega en la fórmula para las dietas de gallinas ponedoras, con la finalidad de mejorar el contenido de ácidos grasos de las raciones y como consecuencia de los huevos destinados al consumo humano. De este modo se pueden apreciar las incorporaciones de ácidos insaturados como el linoleico (C18:2) y, en menor proporción,  $\alpha$ -linolénico (C18:3), que a su vez actúan como precursores de los ácidos poliinsaturados araquidónico (C20:4) y docosahexaenoico (C22:6) en la yema de huevo (Surai *et al.*, 1999; Mennicken *et al.*, 2005).

### c. Minerales y vitaminas

**Minerales.** El huevo es uno de los alimentos más rico en fosforo asimilable, destaca por su riqueza en hierro, que alcanza el 30 % de los requerimientos alimenticios humanos, y su proporción de sodio. Sin embargo su aporte de calcio se considera deficiente en relación a las necesidades nutricionales humanas (Sauveur, 1993).

**Vitaminas.** Se considera como una de las mejores fuentes de vitamina A, cubriendo del 10 al 50 % de las necesidades diarias, al igual que su aporte de vitamina D. Además aporta de un 5 a 10 % de vitamina B<sub>1</sub>, 20 % de vitamina B<sub>2</sub> y ácido pantoténico, y un 100 % de los requerimientos diarios de biotina. Al comparar los aportes de vitaminas con la leche de vaca se establecen mayores aportes del huevo en vitamina D, valores semejantes a 200 ml de leche en vitamina A y B<sub>1</sub> y menores valores de vitamina C. Sin embargo los procesos de cocción que superen los 5 min pueden generar menores niveles de absorción de vitamina A, B<sub>1</sub> y ácido fólico (Sauveur, 1993).



Organizaciones internacionales como Slow Food, han reconocido a la gallina de los huevos azules como un baluarte nacional, debido a su biodiversidad genética, relación con el respeto y cuidado de la naturaleza, y las tradiciones, cultura y costumbres gastronómicas locales. Es por ello que se busca incentivar la mantención y reincorporación de este recurso zoogenético, promoviendo una inserción respetuosa en el mercado nacional, reconociendo un producto con identidad y raíces locales (Moya, 2004). No obstante es necesario informar de los beneficios del huevo azul, para promover su consumo, conservación y producción, mediante la valoración nutricional de sus componentes principales. Resultando fundamental esclarecer las dudas, confusiones y contradicciones respecto a la composición químico nutricional del huevo azul, al ser comparado con huevos industriales, mediante la estandarización de factores que generan sesgos de confusión, para así respaldar la importancia y validez de los resultados obtenidos (Cook y Briggs, 1977).

De este modo es necesario considerar el control de factores como la raza, la cepa, la edad y la etapa productiva de la gallina, debido a su directa relación con la composición física y química del huevo (North y Bell, 1993; Sauveur, 1992; Cook y Briggs, 1977). Considerando que el tamaño y peso del huevo influyen directamente en los porcentajes de yema y albumen, resultando en la principal causa responsable de la aparición de diferencias en la proporción yema/albumen entre distintas líneas y razas (Scott y Warren, 1941; Marion *et al.*, 1964). A lo que se añade la influencia en la composición química de la proteína de albumen, proteína de yema, lípidos y proteína total del huevo (Gardner y Young, 1972; Cook y Briggs, 1977).

Es a partir de lo anterior, que surgió la necesidad de realizar una investigación que pudiese entregar información nutricional actualizada del huevo azul, corrigiendo los factores de confusión de forma eficiente y considerando la comparación cruzada del efecto de la dieta y el ave.

## II. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

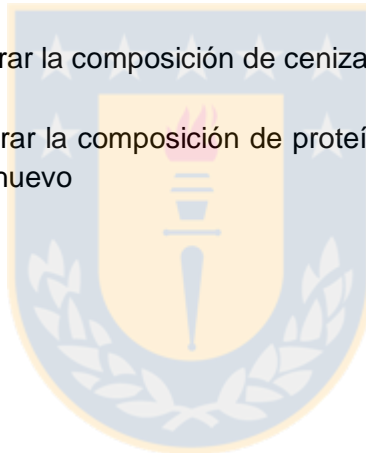
Los huevos azules de gallina Araucana presentan una composición química distinta a los huevos blancos de gallinas industriales Hy-line W-36, influenciada por la dieta, el tipo de ave y su interacción.

### **Objetivo general**

Comparar la composición químico nutricional de huevos azules de gallina Araucana y huevos blancos de gallina Hy-line W-36, estandarizadas en edad, curva de postura, ambiente, tamaño y peso de huevo, sometidas a dos tipos de alimentación.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar y comparar la composición de ceniza, proteína y grasa total en huevo entero.
- Determinar y comparar la composición de ceniza y proteína en albumen de huevo.
- Determinar y comparar la composición de proteína, grasa total, colesterol y ácidos grasos en yema de huevo



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Material biológico

La obtención de las hembras Araucanas, ponedoras de huevos con cascarón azul, se efectuó mediante la incubación de huevos provenientes del núcleo genético de la Universidad de Concepción, campus Chillán. Dicho núcleo se originó mediante la ejecución del proyecto “Modelo para la sustentabilidad de la avicultura campesina mediante la conservación y el mejoramiento genético de la gallina de huevos azules” FIA PYT-2014-0273, postulado a las convocatorias de conservación de patrimonio agroalimentario y financiado por la Fundación para la Innovación Agraria. Las aves pertenecientes al núcleo poseían 4 generaciones con fenotipo araucano desde su creación, y presentaban una base genética proveniente de cuatro orígenes distintos dentro del territorio nacional, Talca, en la región del Maule, Chillán Viejo, Oro Verde y San Nicolás, en la región de Ñuble. Para la obtención de las aves industriales Hy-line w-36, ponedoras de huevos de cascarón blanco, se incubaron huevos de las reproductoras de la Avícola el Monte, representante de la marca Hy-line en Chile, en la comuna El Monte, Santiago. La incubación de ambos grupos se efectuó de forma simultánea, en las dependencias de la Unidad Avícola, perteneciente a la Facultad de Ciencias Veterinarias, de la Universidad de Concepción campus Chillán. Se utilizó una incubadora vertical automática marca GQF, modelo 1520, y un protocolo de incubación de acuerdo a lo expuesto por North y Bell (1993).

**Etapa de cría y recría.** La crianza de las aves, desde la primera a la sexta semana de vida (North y Bell, 1993), se realizó en cajones de crianza pertenecientes a la Unidad Avícola de la Universidad de Concepción. Las aves se calefaccionaron mediante el uso de lámparas infrarrojas, de acuerdo a los protocolos de temperatura de los manuales de rendimiento de las ponedoras Hy-line (2016) y autores como North y Bell (1993). La alimentación fue administrada *ad libitum*, debido a que ambos grupos de aves poseen distintos requerimientos y comportamiento alimenticio, de acuerdo a sus características físicas y productivas, evitando así el estrés por competencia y el retraso del crecimiento (North y Bell, 1993; Hy-line, 2016). La dieta suministrada correspondió a una ración comercial molida marca Champion® “Broiler Inicial”, fabricada en base a maíz, avena, poroto de soya, harina de soya, afrecho de maravilla, harina de trigo, ácidos grasos, antioxidantes, vitamina A, D3, E, K, tiamina (B1), riovoflavina (B2), ácido pantoténico, niacina, colina, zinc, yodo, hierro, cobalto, selenio, coccidiostato y promotor de crecimiento, con un mínimo de 19,5 % de proteína, máximo de 6 % de fibra cruda, mínimo 3,5 % de extracto etéreo y 13 % de humedad. El agua también fue suministrada *ad libitum*, y durante la primera semana de vida se reforzó con un complejo nutritivo, “Veter Vit” del laboratorio Veterquímica®, compuesto por vitamina A, K3, C, D3, E, B1, B2, B6, B12, Pantotenato de calcio y Niacina.

El periodo de recría, desde la semana 5 o 6 hasta la semana 16 o 21 de vida, de acuerdo a la precocidad de cada grupo de aves (Sauveur, 1992; North y Bell, 1993; Hy-line 2016),

se efectuó en los gallineros del Núcleo Genético de la misma Universidad. Se mantuvieron en un gallinero de recría tipo palafito en altura, hasta la semana de vida 14. La administración de la dieta continuó siendo *ad libitum*, efectuándose un cambio gradual durante la semana 5 o 6, por el concentrado comercial marca Champion® “Broiler Final”, con los mismos ingredientes del concentrado “Broiler Inicial”, pero con un 18 % mínimo de proteína cruda, 7 % máximo de fibra cruda, 3,5 % mínimo de extracto etéreo y 14 % máximo de humedad.

**Etapas de postura.** Cumplidas las 14 semanas de vida las aves fueron trasladadas a los gallineros definitivos, en un sistema productivo comparable al de un traspatio en semi-confinamiento, para que se acostumbraran al entorno y los nidales previo al inicio de la postura (North y Bell, 1993). Se distribuyeron al azar en dos gallineros contiguos, cada uno con 10 hembras Araucanas y 10 hembras Hy-line. El sistema en semi-confinamiento pretendió que ambos tipos de ave se encontraran cómodas y sin ningún factor estresante al momento de iniciar la postura, considerando un sistema estandarizado con igualdad en las condiciones ambientales y teniendo en cuenta que las aves Araucanas se mantienen principalmente en sistemas extensivos (Moya, 2004) y las gallinas Hy-line en sistemas productivos intensivos (Hy-line, 2016). De este modo se aseguró el resguardo del bienestar animal para ambos grupos de aves, factor de creciente interés para gran parte de la población mundial de consumidores (Lordelo *et al.*, 2016).

Iniciando la etapa productiva se proporcionó una dieta comercial de postura, “Ponedora Inicial” marca Champion®, previa ración de transición utilizando fracciones de alimento de “Broiler Final” y “Ponedora Inicial”. La ración de ponedora se constituía en base a maíz, avena, poroto de soya, harina de soya, afrecho de maravilla, harina de trigo, ácidos grasos, antioxidantes, vitamina A, B12, biotina, carbonato de calcio, colina, D3, E, fosfato de calcio, hierro, vitamina K, niacina, piridoxina (B6), rivo flavina (B2), sales de magnesio, selenio, tiamina (B1), yodo, zinc, ácido fólico y ácido pantoténico, con un mínimo de 15 % de proteína, máximo de 6,5 % de fibra cruda, mínimo 3 % de extracto etéreo y 13 % de humedad.

La administración inicial de un concentrado, para ambos gallineros con ambos tipos de ave, pretendió que las aves alcanzaran la madurez sexual en el menor periodo de tiempo posible y de forma simultánea. De este modo se intentó evitar desbalances en la nutrición y el peso corporal, que pudiesen retrasar el inicio de la postura (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992; North y Bell, 1993), considerando que el crecimiento de los folículos es un proceso energéticamente costoso (Sturkie, 2015). La estandarización en las semanas de postura pretendió lograr la estandarización del tamaño del huevo, ya que éste se correlaciona directamente con la semana de postura del ave, generando como consecuencia la estandarización en las proporciones de los constituyentes de la yema y el albumen (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992; North y Bell, 1993; Hy-line, 2016).

Una vez estabilizada la curva de postura de ambos tipos de aves, para asegurar la mayor cantidad de gallinas que iniciaran la madurez sexual, se cambió gradualmente la dieta de

uno de los gallineros. Dicho cambio consistió en el suministro de una mezcla de granos, junto al libre acceso a pasto y al suelo de tierra. La mezcla de granos se basó en la incorporación de 44 % de maíz chancado, 44 % de trigo entero y 12 % de avena entera, considerando los granos más utilizados en la alimentación avícola (Blas y Gonzales, 1991), los de mayor disponibilidad rural (INIA, 2007; FIA, 2009b), los más utilizados en otros estudios (Wang *et al.*, 2009; Pintea *et al.*, 2012) y la menor velocidad de tránsito de la avena seca versus el maíz y el trigo (Sturkie, 1968). De este modo se obtuvo un gallinero con alimentación en base a concentrado, alimento que conforma el sustento de los planteles de alta producción (Blas y Gonzales, 1991; North y Bell, 1993; Hy-line, 2016), y otro gallinero con alimentación en base a pastoreo y granos, correspondiente al sustento de la avicultura rural (FIA, 2009b). Es así como se obtuvieron cuatro grupos de estudio simultáneos:

1. 10 gallinas Araucanas con alimentación en base a concentrado.
2. 10 gallinas Hy-line con alimentación en base a concentrado.
3. 10 gallinas Araucanas con alimentación en base a granos y pastoreo.
4. 10 gallinas Hy-line con alimentación en base a granos y pastoreo.

La comida y la bebida se administraron a libre disposición, considerando que los consumos se relacionan directamente con los niveles productivos, la semana de postura, el peso corporal, la humedad y la temperatura ambiental (North y Bell, 1993). Se proporcionaron, al interior de la caseta, dos comederos tolva, con capacidad para 18 kg, y dos bebederos de recipiente, con capacidad para 10 L. Las proporciones de grano fueron estimadas mediante el uso de una pesa digital, ACS Price-Computing Scale® con un rango de capacidad que fluctuó entre los 30 kg y 200 g, y una graduación de 5 g.

La selección de los huevos para el análisis químico se efectuó considerando un rango de peso entre los 57 y 67 g, entre las semanas 16 y 17 de postura para los 4 grupos, superando considerablemente el tiempo mínimo de 14 días posteriores al cambio de alimentación, teniendo en cuenta que el proceso de formación de la yema tarda entre 6 y 14 días en completarse (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992).

### **Diseño del experimento y tamaño muestral**

Se efectuó mediante un diseño experimental en base a dos factores, correspondientes a dos tipos de gallina, la línea Hy Line y la raza Araucana, y dos sistemas de alimentación, concentrado y granos más pastoreo. De este modo se generaron 4 grupos de tratamiento, correspondientes a Araucana concentrado, Araucana granos más pastoreo, Hy-line concentrado y Hy-line granos más pastoreo. Los nutrientes determinados para su evaluación fueron porcentajes de cenizas, proteína, grasa total, ácidos grasos, y miligramos de colesterol. Se seleccionaron 12 huevos por sustrato para cada tratamiento (Curtis *et al.*, 1985; Bair y Marion, 1978; Gultemirian *et al.*, 2009; Anderson, 2011), a partir de los cuales se formaron tres pools con sustratos distintos, correspondientes a huevo



entero, yema y albumen, combinados y homogeneizados (Curtis *et al.*, 1985; Pinteá *et al.*, 2012). Las mediciones químicas se efectuaron con tres repeticiones, a partir de cada pool de sustrato, para las variables ceniza y proteína, 4 replicas, a partir de los pool de huevo entero, y 3 replicas, del pool de yema, para la variable grasa total (Bair y Marion, 1978; Gultemirian *et al.*, 2009; Anderson, 2011; Pinteá *et al.*, 2012), y 2 repeticiones del pool de yema para la variable colesterol (Sadjadi, 1983; Curtis *et al.*, 1985) y ácidos grasos.

### **Análisis químico nutricional**

Los análisis se desarrollaron en el laboratorio de análisis instrumental del departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Concepción. Las muestras fueron trasladadas y conservadas, descascaradas y congeladas (Sadjadi, 1983; Anderson, 2011) en recipientes individuales rotulados para cada huevo, evitando así algún tipo de degradación o contaminación de sus constituyentes (Belitz *et al.*, 2012). Una vez iniciados los análisis se generaron 3 sustratos para los 4 grupos de estudio, de este modo se obtuvo huevo entero, yema y albumen. Cada sustrato se analizó de acuerdo a sus propiedades nutricionales correspondientes para cada tipo de análisis nutricional.

**Cenizas totales.** El análisis de cenizas se efectuó en muestras de huevo entero, yema y albumen para los 4 grupos con 3 repeticiones. Se fundamentó en la destrucción de la materia orgánica de la muestra, por determinación gravimétrica, mediante la calcinación de ésta. El procedimiento se basó en los protocolos del Instituto de Salud Pública de Chile (1998) y de la *Association of Analytical Communities* (1990).

Protocolo de determinación de cenizas totales.

1. Calcinar, enfriar en desecador y pesar un crisol de porcelana manipulado con pinzas.
2. Tarar crisol y pesar 2 a 5 g de muestra, previamente homogeneizada, que no supere el 50 % de la capacidad del crisol, en balanza analítica sensible a 0,1 mg.
3. Pre-calcinar con mechero bajo campana, hasta que la muestra no se inflame y no salga humo.
4. Trasladar a la mufla e incinerar a 550 °C por 24 h hasta que las cenizas estén blancas o grises.
5. Trasladar con pinza y enfriar en desecador con válvula de gas, abrir la válvula por algunos segundos.
6. Pesar en balanza analítica.

Expresión del porcentaje de cenizas:

$$\% \text{ Cenizas totales} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

m2: masa de crisol con las cenizas en gramos

m1: masa de crisol con muestra en gramos

m0: masa de crisol vacío en gramos

**Proteína.** Se sometieron al análisis proteico los sustratos de huevo entero, yema y albumen de los 4 grupos con 3 repeticiones. El método Kjeldahl permitió realizar una estimación de las proteínas presentes en la muestra mediante la determinación del nitrógeno orgánico. El protocolo corresponde a lo expuesto por el Instituto de Salud Pública de Chile (1998), la *Association of Analytical Communities* (1990) y Thiex *et al.* (2002).

Protocolo de determinación proteica: etapa de digestión con equipo Tecator®.

1. Pesar 1 a 2 g de muestra, previamente homogeneizada, sobre papel libre de nitrógeno en balanza analítica.
2. Envolver la muestra con el papel y depositarla en el tubo Kjeldahl.
3. Agregar una punta de espátula de catalizador, para acelerar la digestión, constituido por 0,5 g de reactivo de selenio y 10 g de sulfato de potasio, que eleva el punto de ebullición del ácido sulfúrico y disminuye el tiempo de reacción.
4. Agregar 25 ml de ácido sulfúrico concentrado, para digerir las proteínas y otros componentes orgánicos.
5. Colocar los tubos en el digestor eléctrico Tecator®, bajo campana y con el sistema de extracción de vapores encendido.
6. Digerir a 420 °C por 4 h hasta aclaramiento del líquido dentro de los tubos.
7. Terminada la destrucción de la materia orgánica el nitrógeno total es transformado en sulfato de amonio, se deja enfriar a temperatura ambiente, se agrega agua destilada, para iniciar la dilución del ácido, y se deja enfriar.
8. Traspasar el contenido de cada tubo a un matraz de 100 ml, lavando con agua destilada los residuos del tubo y el embudo, para ser incorporados al matraz.
9. Tapar y mezclar lentamente, dejar enfriar.
10. Enrasar con agua destilada.

Protocolo de determinación proteica: etapa de destilación con equipo VAPODEST® 20.

11. Tomar alícuota de 20 ml del contenido de mezcla digerida en el matraz, con una pipeta, y depositar en tubo Kjeldahl.
12. Depositar 100 ml de ácido bórico con indicador de PH en un matraz de 250 ml.
13. Incorporar el tubo Kjeldahl con los 20 ml de muestra y el matraz con 100 ml de ácido bórico al equipo VAPODEST® 20. El tubo Kjeldahl, que contiene el sulfato de amonio generado a partir de la digestión, recibe hidróxido de sodio en exceso para neutralizar la mezcla con una base, liberando amoníaco. El amoníaco es destilado y recibido en el ácido bórico, formándose borato de amonio.

Protocolo de determinación proteica: etapa de Titulación.

14. Titular la solución que contiene el anión borato de amonio, proporcional a la cantidad de nitrógeno, con ácido sulfúrico a 0,1 N de concentración conocida, en una bureta de 25 ml, hasta viraje del indicador de azul a rojo.

Expresión de resultados:

$$\% \text{ Proteínas} = \frac{\text{ml H}_2\text{SO}_4 \times 1,4 \times 6,25}{m1 \times 2}$$

ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = gasto de ácido sulfúrico durante la titulación

1,4 = peso atómico del nitrógeno

6,25 = factor proteínico para huevo

m1 = masa de la muestra en gramos

**Materia grasa.** Para el análisis de materia grasa se utilizaron los sustratos de huevo entero con 4 repeticiones, y yema con 3 repeticiones, para los 4 grupos de tratamiento. Correspondió a un método que extrae la grasa de los alimentos mediante hidrólisis ácida y éter. El procedimiento se fundamentó en lo expuesto por el Instituto de Salud Pública de Chile (1998) y la *Association of Analytical Communities* (1990).

Protocolo de extracción de materia grasa en huevo.

1. Pesar al rededor de 2 g de muestra en balanza analítica, dentro de un tubo.
2. Agregar 2 ml de etanol y agitar para humedecer la partícula.
3. Incorporar 10 ml de ácido clorhídrico (25 + 11), mezclar y poner en baño termostático a 70-80 °C por 30-40 minutos.
4. Adicionar 10 ml de etanol y enfriar.
5. Transferir la muestra a un embudo de separación con llave de teflón, lavando el tubo con 25 ml de éter agregado en tres porciones.
6. Tapar con un tapón y agitar por 1 minuto.
7. Agregar 25 ml de éter de petróleo y agitar por 1 minuto.
8. Dejar decantar hasta que el líquido en la superficie esté claro.
9. Abrir la llave de teflón y dejar caer la fase inferior, con la muestra, a un matraz. Mientras que la fase clara, con grasa, es decantada en un matraz de evaporación, previamente secado en estufa y pesado, a través de un embudo con papel filtro y una porción de sulfato de sodio.
10. Repetir la extracción dos veces más con 15 ml de éter cada vez, reincorporando la muestra recibida en el matraz al embudo de separación y recibiendo nuevamente la grasa en el matraz de evaporación.
11. Evaporar lentamente en equipo Rotavapor®.
12. Secar grasa en estufa a 100 °C por 30 minutos, enfriar en desecador y pesar el matraz con la grasa.

Expresión de resultados:

$$\% \text{ Grasa por hidrólisis ácida} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

m1 = maza del matraz vacío

m2 = maza del matraz más contenido después del secado

m = masa de la muestra en gramos

**Colesterol y ácidos grasos.** En los análisis de colesterol y ácidos grasos se utilizaron los sustratos de yema, de los 4 grupos con 2 repeticiones. La primera etapa de análisis correspondió a un proceso de extracción común para colesterol y ácidos grasos, el que se fundamentó en los protocolos de extracción de lípidos de Bligh y Dyer (1959), consistente en un método que utiliza una mezcla de solventes como etanol y cloroformo.

Protocolo de extracción de lípidos.

1. Homogeneizar la yema con barra ultrasonido Cole-Palmer Instrument Co<sup>®</sup>.
2. Pesar 150 mg de muestra en tubos de ensayo con tapa rosca de 22 ml.
3. Agregar 4 ml de metanol, que contenga 0,75 ml de androstenediona como estándar interno, y homogeneizar con un agitador de tubo Maxi Mix II, Thermolyne<sup>®</sup>.
4. Incorporar 2 ml de cloroformo y agitar por 2 minutos en agitador de tubo.
5. Añadir 2 ml de agua y agitar por 2 minutos.
6. Volver a adicionar 3 ml de cloroformo y volver a agitar, dejar separar las fases por 1 hora.
7. Tomar una alícuota de la fase clorofórmica y diluir 15 veces.

**Colesterol.** La segunda etapa de extracción para el colesterol, se fundamentó en los protocolos de determinación de “colesterol libre en yema de huevo” de Figueroa *et al.* (2002), basado en el uso de cromatografía de capa fina de alto rendimiento (HPTLC) empleando una cámara de desarrollo múltiple automático (AMD).

Protocolo de cromatografía planar (HPTLC AMD).

1. Aplicar la dilución, con aplicador de muestra Linomat IV y ATS III Camag<sup>®</sup>, en una cromatoplaca extra delgada de silicagel, HPTLC 20 x 10 cm, previamente lavada con metanol y activada por 30 minutos en estufa a 105 °C.
2. La cromatoplaca es sometida al desarrollo cromatográfico, en una cámara de desarrollo múltiple automático (AMD) Camag<sup>®</sup>.
3. La visualización de la cromatoplaca, con Dipping Device III Camag<sup>®</sup>, se realiza mediante revelado por inmersión de la placa, en cloruro de magnesio, y posterior calentamiento en estufa, a 110 °C por 10 minutos.
4. La lectura de los resultados se realiza en el espectrofotodensitometro HPTLC Scanner 3 Camag<sup>®</sup>, con Software CATS 4.05, se pueden observar los

densitogramas de barrido de los lípidos, apreciados como manchas fluorescentes en las placas de fondo oscuro, mediante el uso de luz ultravioleta de 366 nm.

**Ácidos grasos.** La segunda etapa de determinación para los ácidos grasos se efectuó utilizando la técnica de esterificación de Fisher y la técnica cromatográfica de Cromatografía Gaseosa Líquida (Figuroa, 2002; McNair y Miller, 2009). La técnica de Fisher se fundamenta en la transformación de los triglicéridos, forma en que se encuentran los ácidos grasos en la yema de huevo, en ácidos grasos libres y metilados, mediante un proceso de hidrolisis alcalina y metilación con etanol (Figuroa, 2002).

Protocolo de cromatografía de Gas.

1. Disolver 10  $\mu$ l de aceite de yema en 300  $\mu$ l de n-Hexano, agitar por 30 segundos.
2. Adicionar 100  $\mu$ l de KOH 2 N en Metanol, agitar en vortex por 3 minutos.
3. Incorporar 1  $\mu$ l de la muestra al Cromatógrafo de Gas Capilar.
4. La cuantificación se efectuó mediante el sistema de normalización interna, siendo el más utilizado en análisis de ácidos grasos por Cromatografía Planar.
5. La identificación de los ácidos grasos en los cromatogramas se efectuó comparándolos con cromatogramas de ácidos grasos individuales, que presentaban las series de ácidos grasos completas con perfiles característicos fácilmente reconocibles.

### **Análisis estadístico**

Los datos de componentes químico nutricionales se sometieron a un análisis de varianza, previa transformación de arcoseno para las medias porcentuales (ceniza, proteína, grasa y ácidos grasos), mediante los factores tipo de ave y tipo de alimentación, así como la interacción entre ambos, utilizando el software estadístico Info Stat®. Además se empleó la prueba de Tukey para comparar promedios de grupos en que el término interacción fue significativo.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cenizas totales

De acuerdo a los resultados obtenidos para ceniza, mostrados en la Tabla 1, sólo se observan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en los tratamientos del sustrato huevo entero. Donde se aprecia un claro efecto producto del tipo de alimentación suministrada, con mayores porcentajes, con medias de 0,9 %, para la alimentación en base a granos y pastoreo.

**Tabla 1.** Porcentajes de ceniza, en huevo entero, albumen y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.

| Variable | Sustrato | N | Medias (%) |      |      |      | P      |         |        |
|----------|----------|---|------------|------|------|------|--------|---------|--------|
|          |          |   | A+C        | A+GP | H+C  | H+GP | R      | A       | RxA    |
| Ceniza   | huevo    | 3 | 0,87       | 0,90 | 0,87 | 0,90 | 0,4564 | <0,0001 | 0,7270 |
|          | albumen  | 3 | 0,67       | 0,66 | 0,73 | 0,68 | 0,0737 | 0,1509  | 0,4007 |
|          | yema     | 3 | 1,77       | 1,72 | 1,77 | 1,71 | 0,3731 | 0,0943  | 0,7032 |

N: repeticiones; R: Factor tipo de ave; A: Factor tipo de alimentación; RxA: Interacción entre factores A+C: Araucana con concentrado; A+GP: Araucana con granos y pastoreo; H+C: Hy-line con concentrado; H+GP: Hy-line con granos y pastoreo  
Fuente: elaboración propia

A partir de lo anterior se puede establecer que sólo es posible encontrar variaciones en los porcentajes de ceniza en huevo entero, y que estas variaciones están influenciadas por el tipo de alimentación suministrada, y no por el tipo de gallina en postura. De este modo, se podría inferir que los huevos de gallinas alimentadas en sistemas rurales de traspatio y alimentadas en base a granos y pastoreo, poseen mayor contenido de minerales como fósforo, calcio y hierro, elementos inorgánicos de elevado valor nutricional para la alimentación humana (Sauveur, 1993).

En cuanto a la ausencia de diferencias, en condiciones normales de alimentación, se pueden atribuir a una condición normal de estabilidad en el contenido de macro minerales (Sauveur, 1993). Sin embargo, en trabajos en los que se han estudiado huevos azules de gallina Araucanas y blancos de la raza White Leghorn se han encontrado diferencias significativas en algunos minerales tales como calcio, zinc y hierro, que dependen directamente del tamaño de la yema (Simmons y Somes, 1985). Esto nos permite inferir que al homogeneizar el tamaño del huevo, y como consecuencia las proporciones de yema y albumen (Sturkie, 1968; Sauveur, 1992; North y Bell, 1993), se obtuvieron porcentajes similares de ceniza para los sustratos yema y albumen en los cuatro tratamientos.

## Proteína

**Tabla 2.** Porcentajes de proteína, en sustrato huevo entero, albumen y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.

| Variable | Sustrato | N | Medias (%) |       |       |       | P       |         |        |
|----------|----------|---|------------|-------|-------|-------|---------|---------|--------|
|          |          |   | A+C        | A+GP  | H+C   | H+GP  | R       | A       | RxA    |
| Proteína | huevo    | 3 | 13,06      | 12,48 | 13,38 | 12,58 | 0,0370  | <0,0001 | 0,2239 |
|          | albumen  | 3 | 11,23      | 11,92 | 12,10 | 11,92 | 0,0004  | 0,0942  | 0,4048 |
|          | yema     | 3 | 16,89      | 15,88 | 15,68 | 15,00 | <0,0001 | <0,0001 | 0,1275 |

N: repeticiones; R: Factor tipo de ave; A: Factor tipo de alimentación; RxA: Interacción entre factores A+C: Araucana con concentrado; A+GP: Araucana con granos y pastoreo; H+C: Hy-line con concentrado; H+GP: Hy-line con granos y pastoreo  
Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los resultados expuestos en la Tabla 2, el sustrato huevo entero muestra diferencias ( $P < 0,05$ ) influenciadas por los factores tipo de ave y tipo de alimentación, observándose porcentajes superiores, con medias de 13,22 %, para los huevos de aves con alimentación en base a concentrado y, medias de 12,98 %, para huevos de aves industriales de la línea Hy-line.

Las diferencias de proteína en el sustrato huevo entero, producto del tipo de alimentación, se podrían explicar por los bajos porcentajes de proteína en las dietas en base a pastoreo, que sumadas a un desequilibrio en los aminoácidos ingeridos, afecta directamente el peso total del huevo y la yema, así como la cantidad y calidad de albumen secretado (Sauveur, 1993). Considerando que el porcentaje de albumen se relaciona directamente con el contenido de proteína (Curtis *et al.*, 1986).

En cuanto a las diferencias de acuerdo al factor tipo de ave, dichos resultados podrían explicarse por los reportes de diferencias significativas en las proporciones de yema/albumen entre huevos azules y huevos de cascarón blanco, generando un efecto dominante de la proteína de albumen en huevos de cascarón blanco (16 %) en comparación con la proteína de yema superior de los huevos azules (11 %) (Simmons y Somes, 1982). Es así como los resultados obtenidos coinciden con estudios, en los que se a utilizando la misma dieta, con reportes inferiores para huevos de la raza Araucanas (111,94 mg/g) y mayores para huevos de White Leghorn (117,44 mg/g) (Simons y Somes, 1985). Otras comparaciones, con aves alimentadas en base a una ración comercial, asocian la proteína total con el color del huevo, señalando que no existe diferencia entre huevos marrones de Sex-links (49,6 %) y blancos de White Leghorn (49,6 %), mientras que los huevos azules de Araucana (47,9 %) evidencian resultados significativamente más bajos (Somes *et al.*, 1977). Sin embargo investigaciones que comparan huevos marrones de la línea Isa Brown y huevos blancos de la línea Lohmann, sin registro etario, criadas en ambientes industriales y con alimentación en base a concentrado, con huevos

azules de la raza Araucana, en ambientes rurales y alimentadas en base a maíz y pastoreo, no mostraron diferencias significativas (15 g/100 g) (Gultemirian *et al.*, 2009).

En cuanto al porcentaje de proteína del sustrato albumen, en la Tabla 2, se observan diferencias ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos, relacionadas sólo con el factor tipo de ave. Con medias de 12,01 %, superiores para el grupo de aves industriales Hy-line.

Estudios, que no reportan antecedentes del tipo de alimentación, no mostraron diferencias en los porcentajes de proteína de albumen entre huevos de gallina Araucana (10,7 %) y White Leghorn (10,8 %) (Cunningham, 1977). Mientras que en estudios donde las razas fueron alimentadas con la misma ración, se observó un contraste entre la ausencia inicial y presencia posterior de diferencias significativas, con mayores porcentajes para White Leghorn (70,08 mg/g) y menores para la raza Araucana (64,78 mg/g) (Simmons, y Somes, 1985). Dichas diferencias podrían asociarse a los cambios en la relación yema/albumen, que genera mayores proporciones de yema asociada a una disminución en los porcentajes de albumen, apreciable en huevos de gallina Araucana, a medida que aumentan las semanas de postura del ave (Simmons y Somes, 1985; Curtis *et al.*, 1986).

Los porcentajes de proteína en el sustrato yema, en la Tabla 2, evidencian la existencia de diferencias ( $P < 0,05$ ) en el factor tipo de ave y el factor tipo de alimentación. De este modo los mayores porcentajes se asocian a los huevos producidos con alimentación en base a concentrado, con medias de 16,28 %, y gallinas de la raza Araucana, con 16,38 %.

De este modo, al comparar los resultados con otros estudios, en los que no se conocía el tipo de alimentación y no se estandarizaron parámetros ambientales ni productivos, se registran resultados de proteína de yema sin diferencias significativas para huevos de White Leghorn versus huevos azules de gallinas Araucanas (16 %) (Cunningham, 1977). Sin embargo otros estudios, en los que se utilizó la misma alimentación para ambos grupos de aves, se aprecian diferencias iniciales con un 7 % más de proteína de yema para White Leghorn y diferencias posteriores con un 11 % más de proteína de yema para huevos de Araucanas (Simmons y Somes, 1985).

### **Materia grasa**

En cuanto a los resultados de materia grasa, en la Table 3, se observan diferencias ( $P < 0,05$ ) en los sustratos huevo entero como en el sustrato yema, de acuerdo al factor raza, sin influencias del tipo de alimentación suministrada. De este modo los huevos azules de gallina Araucana muestran mayor porcentaje de grasa en el huevo entero, con 9,08 %, y los huevos blancos de gallinas Hy-line mayor porcentaje de grasa en la yema, con 28,38 %.

La ausencia de diferencias significativas, relacionadas al factor tipo de alimentación, se podría explicar por la disposición más equitativa, a diferencia de la variable proteína, de la



variable grasa presente en dietas rurales e industriales. Teniendo en cuenta que los ingredientes que conforman los concentrados industriales se encuentran en proporciones suficientes para generar buena fuente de grasa disponible y que las dietas rurales se basan en insumos altamente energéticos, con alta disponibilidad de forrajes, semillas e insectos (Castelló, 1989; Blas y Gonzales, 1991; North y Bell, 1993; Moya, 2004). Considerando que los lípidos de la dieta son utilizados directamente para generar los lípidos de la yema (Sauveur, 1993).

**Tabla 3.** Porcentajes de grasa, en sustrato huevo entero y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.

| Variable | Sustrato | N | Medias (%) |       |       |       | P      |        |        |
|----------|----------|---|------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|          |          |   | A+C        | A+GP  | H+C   | H+GP  | R      | A      | RxA    |
| Grasa    | huevo    | 4 | 9,17       | 9,00  | 8,45  | 8,17  | 0,0130 | 0,5098 | 0,7379 |
|          | yema     | 3 | 25,84      | 24,06 | 28,45 | 28,32 | 0,0267 | 0,4883 | 0,4884 |

N: repeticiones; R: Factor tipo de ave; A: Factor tipo de alimentación; RxA: Interacción entre factores A+C: Araucana con concentrado; A+GP: Araucana con granos y pastoreo; H+C: Hy-line con concentrado; H+GP: Hy-line con granos y pastoreo  
Fuente: elaboración propia

Respecto a las diferencias encontradas, es posible señalar que la mayor proporción de grasa en huevo entero de gallina Araucana, puede deberse a los reportes de mayor tamaño de yema en huevos azules y al mayor tamaño de albumen en huevos de cascarón blanco, como los de raza Leghorn y la línea Hy-line (Somes *et al.*, 1977; Simmons y Somes, 1985; Wang *et al.*, 2009) Lo que indicaría que la mayor proporción de grasa, en huevo entero de gallina Araucana, es producto de la diferencia en la proporción de los componentes internos del huevo, y no así por un mayor contenido de grasa por gramo de yema, ya que la comparación por gramo evidencia mayores valores en huevos de gallinas Hy-line.

Sin embargo la literatura muestra mayores valores de grasa para gallina Araucana, en huevo entero como en yema (11,1 g/100 g de huevo y 35 g/100 g de yema), alimentadas y criadas en sistemas rurales, versus huevos blancos de la línea Lohmann (8,8 g/100 g de huevo y 27,8 g/100 g de yema) y marrones de la línea Isa Brown (5,1 g/100 g de huevo y 19,8 g/100 g de yema), alojadas y alimentadas bajo parámetros de sistemas industriales, (Gultemirian *et al.*, 2009). Otros estudios, en los que no se controlan la edad del ave ni el calibre de los huevos seleccionados, muestran mayores porcentajes para yemas de huevos azules (0,27 g/g de yema) versus huevos marrones de la línea ISA Brown (0,20 g/g de yema) (Pintea *et al.*, 2012). Sin embargo al sumar la falta de control alimentario y ambiental, a los factores anteriormente mencionados, otros estudios reportan la ausencia de diferencias entre grasa de yema de huevos Araucanos (32 %) versus huevos de White Leghorn (Cunningham, 1977). De este modo la falta de estandarización en la proporción de los componentes internos del huevo, mediante la edad, semana de postura y peso del huevo (North y Bell, 1993; Sturkie, 1968; Sauveur, 1992), considerando la constante

tendencia de las ponedoras industriales a generar mayores porcentajes de albumen, vulnera peligrosamente la estandarización de las muestras de huevo, generando distintas proporciones de lípidos por gramo de huevo y yema (Suk y Park, 2001; Millet *et al.*, 2006; Wang *et al.*, 2009).

### Colesterol

Los resultados de la variable colesterol en el sustrato yema, presentes en la Tabla 4, no muestran diferencias significativas ( $P \geq 0,05$ ) entre los niveles de ambos factores. Por lo que podría establecerse que el contenido de colesterol en el huevo no depende del factor tipo de ave ni del factor tipo de alimentación, probablemente debido a algún mecanismo fisiológico que asegure la incorporación de cantidades estables de colesterol para un correcto desarrollo embrionario (Marks y Washburn, 1977; Salma *et al.*, 2007).

**Tabla 4.** Contenido de colesterol, en sustrato yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.

| Variable   | Sustrato | N | Medias (mg/100g) |        |        |        | P      |        |        |
|------------|----------|---|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|            |          |   | A+C              | A+GP   | H+C    | H+GP   | R      | A      | RxA    |
| Colesterol | yema     | 2 | 1292,9           | 1262,2 | 1108,6 | 1184,4 | 0,1217 | 0,7528 | 0,4708 |

N: repeticiones; R: Factor tipo de ave; A: Factor tipo de alimentación; RxA: Interacción entre factores A+C: Araucana con concentrado; A+GP: Araucana con granos y pastoreo; H+C: Hy-line con concentrado; H+GP: Hy-line con granos y pastoreo  
Fuente: elaboración propia

Existen estudios con resultados similares, donde no se encuentran diferencias significativas en los valores de colesterol de la yema, de acuerdo a una comparación de huevos con pesos promedio de 63 g, y gallinas alojadas y alimentadas en distintos sistemas productivos (Anderson, 2011). A estos antecedentes se suman los resultados de diversos autores que confirman la ausencia de diferencias significativas entre huevos azules de gallina Araucana (12 y 14,8 mg/ g de yema y 1,31 % de yema) con huevos blancos de raza Leghorn y huevos marrón de la línea Isa Brown (Cunningham, 1977; Sadjadi *et al.*, 1983; Pinteá *et al.*, 2012). Contrariamente a lo anterior, otro estudio, que comparó el nivel de colesterol de huevo azul de gallinas en jaula y al aire libre, pudo determinar que los valores de colesterol de los huevos azules eran inferiores (9,48 mg/g de yema y 141,62 mg/g de huevo) que los de gallinas convencionales, y que estos eran aún más bajos en los sistemas al aire libre, debido a los mayores tamaños de yema y la mayor actividad física de las ponedoras (Wang *et al.*, 2009). Sin embargo también hay estudios, donde no se controlan eficientemente los factores de alimentación, alojamiento, edad de la hembra, curva de postura y tamaño de huevo, en los que se describen diferencias con mayor colesterol para yemas de gallina Araucana (206 mg/100 g y 14,11 mg/g de yema) versus yemas de huevos de las líneas Isa Brawn (115 g/100 g y 13,3 mg/g de yema) y Lohmann (159 g/100 g y 12,3 mg/g de yema) (Millet *et al.*, 2006; Gultemirian *et al.*, 2009). Otros estudios, donde no se estandariza la semana de postura ni el peso del

huevo, también mostraron diferencias con mayor valor para los huevos azules de gallina Araucana (22,18 – 35,0 mg/g), versus huevo blancos de la raza White Leghorn (20,73 – 33,3 mg/g) y huevos marrón de la línea Sex Link (34,3 mg/g) (Somes *et al.*, 1977; Simons y Somes, 1985).

A partir de las discrepancias mencionadas se puede dilucidar que el factor crítico a controlar debiese ser el peso del huevo, considerando que afecta directamente las proporciones de los constituyentes internos de éste, y como consecuencia las proporciones de materia grasa disponibles (North y Bell, 1993; Sauveur, 1992; Sturkie, 1968). De este modo divergencias en las proporciones de los constituyentes pueden generar yemas de distintos tamaños, que como consecuencia generan diversos contenidos de colesterol, considerando la relación inversa que existe entre el colesterol y el tamaño de la yema (Nichols *et al.*, 1963; Bair, 1978). Esto debido a que huevos más grandes tienden a presentar una menor concentración de colesterol que los huevos más pequeños, desapareciendo la existencia de diferencias a medida que los pesos de huevo son similares (Fenton y Sim, 1991). A dichos antecedentes se suma la resistencia natural del huevo a generar distintos porcentajes de colesterol, lo cual podría diferir ligeramente en el caso de que se administraran altos contenidos de colesterol en la alimentación suministrada (Harris y Wilcox, 1963; Weiss *et al.*, 1967; Fenton y Sim, 1991).

### Ácidos grasos

**Ácidos grasos saturados.** Los porcentajes de los ácidos grasos saturados; mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0), a partir del sustrato yema, se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Porcentajes de ácidos grasos saturados, en huevo entero, albumen y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.

| Variable  | Sustrato | N | Medias (%)         |                     |                   |                    | P      |        |        |
|-----------|----------|---|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|--------|--------|--------|
|           |          |   | A+C                | A+GP                | H+C               | H+GP               | R      | A      | RxA    |
| C 14:0    | yema     | 2 | 0,33               | 0,36                | 0,30              | 0,30               | 0,0072 | 0,0144 | 0,6125 |
| C 16:0    |          | 2 | 24,08 <sup>a</sup> | 24,48 <sup>ab</sup> | 24,7 <sup>b</sup> | 24,17 <sup>a</sup> | 0,1229 | 0,3204 | 0,0065 |
| C 18:0    |          | 2 | 7,59               | 8,00                | 6,96              | 7,84               | 0,1658 | 0,0520 | 0,3541 |
| Total AGS |          | 2 | 32,03              | 32,86               | 32,06             | 32,35              | 0,3831 | 0,0782 | 0,3148 |

N: repeticiones; R: Factor tipo de ave; A: Factor tipo de alimentación; RxA: Interacción entre factores A+C: Araucana con concentrado; A+GP: Araucana con granos y pastoreo; H+C: Hy-line con concentrado; H+GP: Hy-line con granos y pastoreo  
Fuente: elaboración propia

Estos resultados permiten señalar que el ácido graso mirístico (C14:0) presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) de acuerdo al factor tipo de ave, con una media de 0,34 % mayor en huevos de raza Araucana, y al factor tipo de alimentación, con 0,33 % mayor en dietas basadas en granos y pastoreo. En cuanto al ácido graso palmítico

(C16:0), no se observan diferencias de acuerdo a los factores tipo de ave y tipo de alimentación ( $P \geq 0,05$ ), sin embargo se puede apreciar la existencia de interacción ( $P < 0,05$ ) entre factores. En cuanto a la diferencia de medias entre tratamientos, es posible señalar que el tratamiento Hy-line con concentrado genera porcentajes estadísticamente superiores ( $P < 0,05$ ) a Hy-line con granos más pastoreo y Araucaca con concentrado, sin embargo no existen diferencias ( $P \geq 0,05$ ) con el tratamiento Araucana con granos y pastoreo, debido al traslape de este tratamiento con los demás. El ácido graso esteárico (C18:0), así como el total de ácidos grasos saturados, no presentan ( $P \geq 0,05$ ) interacción entre factores ni diferencias entre niveles de cada factor.

Existen estudios de análisis de ácidos grasos en los que sólo se ha considerado el factor tipo de ave, comparando huevos de gallina Araucana en sistemas rurales, con huevos blancos de Lohmann y marrones de Isa Brown en sistemas industriales. Dichos estudios arrojan valores que coinciden con los resultados del ácido palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0), con ausencia de diferencias significativas, sin embargo difieren en los resultados del ácido mirístico (C14:0), donde se reporta ausencia de diferencias (Gulteminian *et al.*, 2009). También existen otros estudios, en los que se han comparado ácidos grasos de huevos de gallina Araucana, Lohmann e Isa Brown, que sí han considerado los factores tipo de ave y tipo de alimentación, pero que no han estandarizado parámetros etarios, productivos, ni físicos del huevo. Sin embargo, al establecer una comparación entre resultados se obtienen coincidencias en el ácido graso mirístico (C14:0), con diferencias para los factores tipo de ave y tipo de alimentación, con mayores valores para huevos de gallina Araucana (1,175 mg/g de yema) y alimentación enriquecida en ácidos grasos (1,188 mg/g de yema), así como en el ácido graso palmítico (C16:0), con ausencia de diferencias para ambos factores. En cuando al ácido esteárico (C18:0) la literatura coincide con la falta de diferencias de acuerdo al factor tipo de alimentación, así como con el factor tipo de ave, donde no se encontraron diferencias entre huevos azules de gallina Araucana (28,1 mg/g de yema) y blancos de gallinas Lohmann (24,0 mg/g de yema), pero difiere si se compara con huevos marrón de la línea Isa Brown (24,0 mg/g de yema) (Millet *et al.*, 2006).

**Ácidos grasos insaturados.** Dentro de los ácidos grasos insaturados, la Tabla 6 presenta el análisis de los ácidos; palmitoleico (C16:1), oleico  $\omega 9$  (C18:1), linoleico  $\omega 6$  (C18:2),  $\alpha$ -linolénico  $\omega 3$  (C18:3), araquidónico  $\omega 6$  (C20:4) y el total de ácidos grasos insaturados.

El ácido graso palmitoleico (C16:1) muestra diferencias ( $P < 0,05$ ) de acuerdo al factor tipo de ave, con promedios de 2,67 % mayores para huevos de gallina Araucana, y el factor tipo de alimentación, con 2,56 % mayor en sistemas basados en el suministro de granos y pastoreo. Además se pudo determinar que existe interacción ( $P < 0,05$ ) entre factores, con una media de 3,09 % estadísticamente superior para el tratamiento de Araucana con granos y pastoreo.

El ácido graso oleico  $\omega 9$  (C18:1) también muestra diferencias ( $P < 0,05$ ) de acuerdo a los factores tipo de ave y tipo de alimentación, con mayores promedios para huevos de gallina Araucana, con 46,13 %, y dietas en base a granos y pastoreo, con 46,96 %. Se pudo determinar una interacción significativa ( $P < 0,05$ ) entre los factores tipo de ave y tipo de alimentación, donde el tratamiento Hy-line concentrado, con medias de 41,35 %, resulta distinto ( $P \geq 0,05$ ) e inferior al compararse con los demás tratamientos.

**Tabla 6.** Porcentajes de ácidos grasos saturados, en huevo entero, albumen y yema, de aves Araucanas y Hy-line W-36 bajo dos dietas diferentes.

| Variable          | Sustrato | N | Medias (%)          |                    |                     |                    | P       |         |         |
|-------------------|----------|---|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------|---------|---------|
|                   |          |   | A+C                 | A+GP               | H+C                 | H+GP               | R       | A       | RxA     |
| C 16:1            |          | 2 | 2,25 <sup>a</sup>   | 3,09 <sup>b</sup>  | 2,03 <sup>a</sup>   | 2,04 <sup>a</sup>  | 0,0004  | 0,0019  | 0,0022  |
| C 18:1 $\omega 9$ |          | 2 | 45,71 <sup>a</sup>  | 46,54 <sup>a</sup> | 41,35 <sup>b</sup>  | 47,38 <sup>a</sup> | 0,0091  | 0,0008  | 0,0023  |
| C 18:2 $\omega 6$ | yema     | 2 | 18,24 <sup>a</sup>  | 15,14 <sup>b</sup> | 22,41 <sup>c</sup>  | 17,14 <sup>d</sup> | <0,0001 | <0,0001 | 0,0019  |
| C 18:3 $\omega 3$ |          | 2 | 0,00 <sup>a</sup>   | 0,61 <sup>b</sup>  | 1,19 <sup>c</sup>   | 1,19 <sup>c</sup>  | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |
| C 20:4 $\omega 6$ |          | 2 | 1,73                | 1,66               | 0,66                | 1,00               | 0,0158  | 0,3698  | 0,2646  |
| Total AGI         |          | 2 | 67,96 <sup>ab</sup> | 67,10 <sup>a</sup> | 67,65 <sup>ab</sup> | 68,84 <sup>b</sup> | 0,0499  | 0,5717  | 0,0164  |

N: repeticiones; R: Factor tipo de ave; A: Factor tipo de alimentación; RxA: Interacción entre factores A+C: Araucana con concentrado; A+GP: Araucana con granos y pastoreo; H+C: Hy-line con concentrado; H+GP: Hy-line con granos y pastoreo  
Fuente: elaboración propia

En cuanto al ácido graso linoleico  $\omega 6$  (C18:2), a diferencia de los ácidos palmitoleico (C16:1) y oleico  $\omega 9$  (C18:1), presenta diferencias ( $P < 0,05$ ) a favor de los sistemas industriales, con mayores valores para huevos de gallinas Hy-line, con medias de 19,77 %, de acuerdo al factor tipo de ave, y mayores valores para alimentación en base a concentrado, con medias de 20,32 %, de acuerdo al factor tipo de alimentación. También se pudo determinar la significancia ( $P < 0,05$ ) de la interacción, con diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) entre las medias de todos los tratamientos, mayores para Hy-line concentrado, con 22,41 %, e inferiores para huevos de Araucana con granos y pastoreo, con 15,14 %.

El ácido graso  $\alpha$ -linolénico  $\omega 3$  (C18:3) muestra un patrón de diferencias ( $P < 0,05$ ) que discrepa con los ya observados, con mayores promedios para huevos de Hy-line, con 1,19 %, de acuerdo al factor tipo de ave, y mayores porcentajes para sistemas con granos y pastoreo, con medias de 0,9 %, de acuerdo al factor tipo de alimentación. Además es posible detectar la existencia de una interacción significativa ( $P < 0,05$ ), con medias estadísticamente inferiores ( $P < 0,05$ ) para el tratamiento de Araucana concentrado, y significativamente iguales y superiores para los tratamientos en que se emplean aves Hy-line.

El ácido araquidónico  $\omega 6$  (C20:4) sólo presenta diferencias ( $P < 0,05$ ) de acuerdo al factor tipo de ave, con mayor porcentaje para huevos de gallina Araucana, con medias de 1,69 %, sin diferencias ( $P \geq 0,05$ ) para el factor tipo de alimentación, así como tampoco para las interacciones.

El total de ácidos grasos insaturados sólo muestra diferencias ( $P < 0,05$ ) de acuerdo al factor tipo de ave, con una media superior para Hy-line, con 68,24 %. En relación a las interacciones, se pudo determinar que existen interacciones significativas ( $P < 0,05$ ), con tratamientos de Hy-line con granos y pastoreo estadísticamente superiores ( $P < 0,05$ ) a Araucana con granos y pastoreo.

Otros estudios presentan resultados en base a la comparación de huevos de gallina Araucana, alojada y alimentada en sistemas rurales, con huevos blancos de gallina industrial Lohmann y huevos marrón de Isa Brown, criadas y alimentadas en base a sistemas industriales. Donde su análisis estadístico se basa sólo en las diferencias entre los tipos de ave, ignorando por completo la alimentación suministrada. De este modo es posible señalar la ausencia de coincidencias en relación a los ácido palmitoleico (C16:1), oleico  $\omega 9$  (C18:1),  $\alpha$ -linolénico  $\omega 3$  (C18:3) y araquidónico  $\omega 6$  (C20:4), donde no se encontraron diferencias entre huevos de gallinas Isa Brown y Lohmann versus Araucana. Sin embargo es posible encontrar coincidencias en los resultados del ácido linoleico  $\omega 6$  (C18:2), donde los huevos de aves industriales, Lohmann (19,71 %) e Isa Brown (20,38 %), presentan mayores porcentajes que los huevos de gallina Araucana (14,01 %) (Gultemirian *et al.*, 2009).

También hay análisis de ácidos grasos donde se consideró la comparación de los factores tipo de ave y tipo de alimentación, sin embargo no se consideró la estandarización de parámetros productivos que permitieran asegurar relaciones yema/albumen similares. De este modo los resultados del ácido graso palmitoleico (C16:1) concuerda con los resultados obtenidos, al presentar diferencias en el factor tipo de ave, con mayores promedios para el grupo Araucano (1,71(trans) y 7,82(cis) mg/ g de yema) versus huevos blancos de la línea Lohmann (1,17(trans) y 7,23(cis) mg/ g de yema), y mayores porcentajes para dietas control (8,13(cis) mg/ g de yema). Los resultados también concuerdan con el ácido oleico  $\omega 9$  (C18:1), encontrándose diferencias en el factor tipo de ave, con mayores porcentajes para huevos azules de Araucana (119,4 mg/g de yema) y marrones de Isa Brown (116,2 mg/g de yema), estadísticamente distintos a los huevos blancos de Lohmann (110,3 mg/g de yema), y el factor tipo de alimentación, con mayor valor para las dietas control (118,2 mg/g de yema). Sin embargo no hay coincidencia en los resultados del ácido linoleico  $\omega 6$  (C18:2), donde no se describen diferencias. Con respecto al ácido graso  $\alpha$ -linolénico  $\omega 3$  (C18:3) se observan diferencias que coinciden de acuerdo al factor tipo de ave, con menores promedios para Araucana (2,15 mg/ g de yema) al compararse con huevos marrón de Isa Brown (2,60 mg/g de yema), pero sin diferencias con huevos blancos de la línea Lohmann (2,40 mg/ g de yema), y de acuerdo al factor tipo de alimentación, con mayor valor en alimentos enriquecidos (2,63 mg/ g de

yema). El ácido graso araquidónico  $\omega 6$  (C20:4) también coincide con las diferencias en el factor tipo de ave, con medias de mayor valor para huevos de Araucanas (4,62 mg/ g de yema), estadísticamente distintos a los valores de Lohmann (4,00 mg/ g de yema) e Isa Brown (3,90 mg/ g de yema), pero no son coincidentes con el factor tipo de alimentación, donde es posible encontrar diferencias con mayor valor para dietas control (5,36 mg/ g de yema) (Millet *et al.*, 2006).

Dentro del análisis general de ácidos grasos es importante considerar, que si bien la composición de ácidos grasos dependen en gran medida de la composición de los ácidos grasos de la dieta, se requiere un estado estacionario de alrededor de 4 a 6 meses en que el animal es alimentado con una dieta constante (Belitz *et al.*, 2009), factor que sí se cumplió en el presente trabajo, pero que no es posible asegurar en investigaciones similares. También es importante tener presente que los ácidos grasos saturados poseen una constitución más constante (Sauveur, 1992), lo que explica la mayor similitud entre los distintos estudios respecto de ácidos saturados. Estudios que buscan la comparación entre aves en distintos ambientes señalan que existen diferencias entre aves en ambientes rurales con acceso a semillas, forrajes e insectos, versus aves en jaulas alimentadas con concentrado (Anderson, 2011). También hay coincidencia con otros resultados, en los que se señala que tanto el tipo de ave como el tipo de alimentación influyen en el contenido de ácidos grasos de la yema (Millet *et al.*, 2006).

La existencia de interacciones entre el factor tipo de ave y tipo de alimentación, para la concentración de algunos componentes químicos nutricionales del huevo (ácidos grasos palmítico (C16:0), palmitoleico (C16:1), oleico  $\omega 9$  (C18:1), linoleico  $\omega 6$  (C18:2),  $\alpha$ -linolénico  $\omega 3$  (C18:3) y el total de ácidos grasos insaturados) es característica de la adaptación de genotipos a determinadas condiciones ambientales (Lynch y Walsh, 1998). Las aves de las líneas industriales han sido seleccionadas para aumentar su eficiencia productiva bajo sistemas de alimentación que están diseñados para adaptarse a esos requerimientos (Groen, 2003). Por otra parte la gallina Araucana se ha desarrollado en ambientes de alimentación en base a pastoreo (Moya, 2004). Aunque los componentes nutricionales del huevo no han sido seleccionados en las líneas industriales y menos en las gallinas Araucanas, la interacción entre ambos factores indica la adaptación de cada uno de los genotipos a distintos ambientes.

## V. CONCLUSIONES

Existen diferencias en la composición químico nutricional de huevos azules de gallina Araucana y blancos de gallinas Hy-line, bajo dos dietas diferentes.

1. Respecto al sustrato huevo entero, los análisis químicos de la variable ceniza y proteína presentan diferencias significativas para el factor tipo de alimentación, con mayor valor para dietas en base a concentrado. Mientras que la variable grasa muestra diferencias de acuerdo al factor tipo de ave, con mayor porcentaje para huevos azules de gallina Araucana.
2. En el sustrato albumen, no se observan diferencias significativas para la variable ceniza, sin embargo la variable proteína evidencia diferencias de acuerdo al factor tipo de ave, con mayor promedio para huevos de aves Hy-line.
3. En cuanto al sustrato yema, la variable ceniza y colesterol no evidencia diferencias significativas, mientras que la variable proteína indica diferencias de acuerdo al factor tipo de ave, con mayor valor para huevos azules de gallina Araucana, y el factor tipo de alimentación, con mayor porcentaje para la alimentación en base a concentrado. La variable grasa muestra diferencias de acuerdo al factor tipo de ave, con una media superior para los huevos de gallinas Hy-line. En cuanto a los ácidos grasos es posible mencionar que no existen diferencias para el total de ácidos grasos saturados, mientras que el total de ácidos grasos insaturados muestra diferencias de acuerdo al factor tipo de ave, mayores para huevos de aves Hy-line, e interacción entre los factores tipo de ave y tipo de alimentación, con mayor valor para huevos Hy-line con granos y pastoreo.

Para algunos componentes nutricionales del huevo, el factor alimentación interactúa con el tipo de ave, generando diferencias debido a problemáticas de la adaptación de ambas razas a sistemas de alimentación muy diferentes.



## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson, K.E. 2011. Comparison of fatty acid, cholesterol, and vitamin A and E composition in eggs from hens housed in conventional cage and range production facilities. *Poult. Sci.* 90: 1600-1608.
2. Anton, M., V. Martinet, M. Dalgalarondo, V. Beaumal, E. David-Briand and H. Rabesona. 2003. Chemical and structural characterisation of low-density lipoproteins purified from hen egg yolk. *Food Chemistry.* 83(2): 175-183.
2. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of AOAC. Internacional (17<sup>th</sup> ed.) Association of Analytical Communities. USA, Gaithersburg, MD.
3. Arthur, J.A., G.A.A. Albers. 2003. Industrial perspective on problems and issues associated with poultry breeding. pp: 1-12. In: W.M. Muir and S.E. Aggrey (Eds.). *Poultry genetics, breeding and biotechnology.* CABI Publishing. Wallingford, UK.
4. Baeza, M.R. 1986. Estudio comparativo de algunas características de calidad física y química de huevos de gallina Araucana (*Gallus inauris*, *Castelloi*) con línea comercial Golden Comet. Tesis de grado, Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias. Valdivia, Chile.
5. Bair, W.B., W.W. Marion. 1978. Yolk Cholesterol in Eggs from Various Avian Species. *Poult. Sci.* 57: 1260-1265.
6. Barter, P. 2005. The role of HDL-cholesterol in preventing atherosclerotic disease. *European Heart Journal Supplements.* 7: 4-8.
7. Belitz, H. D., W. Grosch y P. Schieberle. 2009. *Química de los alimentos* (3<sup>a</sup> ed.) Acribia S.A. Zaragoza. España.
8. Blas, C., G. Gonzales. 1991. *Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras.* Mundi-prensa, Madrid, España.
9. Bligh, E.G., W.J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Phys.* 37(8): 911-917.
10. Bovet, P., D. Faeh, G. Madeleine, B. Viswanathan and F. Paccaud. 2007. Decrease in blood triglycerides associated with the consumption of eggs of hens fed with food supplemented with fish oil. *Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases.* 17(4): 280–287.

11. Castelló, S. 1922. El *Gallus inauris*: gallinas colloncas de aretes chilenas. *Mundo Avíc.* 1(2): 37-39.
12. Castelló, J.A., F.F. González y M. Pontes. 1989. Producción de huevos. Real Escuela de Avicultura. Barcelona, España.
13. Cook, F., G.M. Briggs. 1977. Nutritive value of eggs. pp: 92-108. In: W.J. Stadelman and O.J. Cotterill (Eds.). *Egg Science and Technology*,. AVI Publishing Co., Westport, CT.
14. Cotterill, O.J., A.B. Stephenson, and E.M. Funk. 1962. Factors affecting the yield of egg products from shell eggs. pp: 443—447 *in Proc. 12th World's Poultry Congr.*, Sydney, Australia.
15. Coultate, T. P. 2013. Manual de química y bioquímica de los alimentos (3ª ed.). Acribia S.A. Zaragoza. España.
16. Cunningham, F.E. 1977. Composition of Araucana eggs. *Poult. Sci.* 56(2): 463-467.
17. Curtis, P.A., F.A. Gardner and D.B. Mellor. 1985. A Comparison of Selected Quality and Compositional Characteristics of Brown and White Shell Eggs: II. Interior Quality. *Poultry Science.* 64(2): 302–306.
18. Chi, Y., S. Lin. 2002. Research advance in extraction and application of egg-yolk lecithin. *Food and Fermentation Industries.* 28(5): 50-53.
19. Dawber, T.R., F.E. Moore and G. V. Mann. 2015. II. Coronary heart disease in the Framingham study. *International Journal of Epidemiology.* 44(6): 1767–1780.
20. Eckel, R.H. 2008. Egg consumption in relation to cardiovascular disease and mortality: The story gets more complex. *Am. J. Clin. Nutr.* 87: 799–800.
21. Eckel, R.H., J.M. Jakicic, J.D. Ard, J.M. de Jesús, N.H. Miller, V.S. Hubbard, I.M. Lee, A.H. Lichtenstein, C.M. Loria, B.E. Millen, C.A. Nonas, F.M. Sacks, S.C. Smith, L.P. Svetkey, T.A. Wadden and S.Z. Yanovski. 2014. 2013 AHA/ACC guideline on lifestyle management to reduce cardiovascular risk: a report of the American college of cardiology/American heart association task force on practice guidelines. *Journal of the American College of Cardiology.* 63(25): 2960-2984.

22. Escobar, M. 2014. Comparación de algunas características físicas, entre huevos de gallina Araucana y una línea industrial de postura (Hy Line). Tesis de grado, Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Veterinarias. Concepción, Chile.
23. FAO. 2018. Aplicación del Plan de Acción Mundial sobre los Recursos Zoogenéticos Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <<http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/A5.html>> [Consulta: 26 marzo 2018]
24. FAO. 2007. Plan de acción mundial sobre recursos zoogenéticos y la declaración de Interlaken [en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <<http://www.fao.org/3/a-a1404s.pdf>> [Consulta: 17 enero 2017]
25. FAO. 1989. Animal genetic resources, A global programe for sustainable development. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Gerald Wiener. Roma, Italia.
26. Fenton, M., J.S. Sim. 1991. Determination of egg yolk colesterol content by on-column capillary gas chromatography. J. Chromatogr. A 540:323-329.
27. FIA. 2009a. Resultados y lecciones en selección y manejo de la gallina Mapuche productora de los huevos azules. Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario N°68. Fundación para la Innovación Agraria. Santiago, Chile.
28. FIA. 2009b. Mejoramiento genético participativo gallina mapuche. [en línea]. Fundación para la Innovación Agraria. <[http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145537/mejoramiento\\_genetico\\_participativo\\_gallina\\_mapuche.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/145537/mejoramiento_genetico_participativo_gallina_mapuche.pdf?sequence=1&isAllowed=y)> [Consulta: 15 de agosto 2017]
29. Figueroa, C. 2002. Modificación del perfil lipídico en huevos de aves de postura alimentadas con dietas en base de algas marinas (*Gracilaria chilensis* y *Ulva lactuca*) y Amaranto (*Amaranthus caudates*). Tesis de grado, Magister en Ciencias Farmacéuticas. Universidad de Concepción, Facultad de Farmacia, Chile.
30. Figueroa, C.E., H.V. Mario, F.S. Roberto, G.G. Ríos y H. Rodríguez. 2002. Análisis de la fracción lipídica de la yema de huevos por AMD-HPTLC [en línea]. Bol. Soc. Chil. Quím. 47(1). <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-16442002000100011](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-16442002000100011)>. [Consulta: 25 noviembre 2017].

31. Gardner, F.A., L.L. Young. 1972. The influence of dietary protein and energy levels on the protein and lipid content of the hen's egg. *Poultry Sci.* 51:994-997
32. Griffin, H.D. 1992. Manipulation of egg yolk cholesterol: A physiologist's view. *World's Poultry Science Journal.* 48(2): 101–112.
33. Groen, A.F. 2003. Breeding objectives and selection strategies for layer production. pp: 101-112. In: W.M. Muir and S.E. Aggrey (Eds.). *Poultry genetics, breeding and biotechnology.* CABI Publishing. Wallingford, UK.
34. Gultemirian, M. L., N.C. Van, C.A. Pérez and M.C. Apella. 2009. Physical and chemical characterization of eggs from Araucana hens of free range fed in Argentina. *The Journal of the Argentine Chemical Society.* 97: 19–30.
35. Harris, P.C., F.H. Wilcox. 1963. Studies on egg yolk cholesterol. 3. Effect of dietary cholesterol. *Poult. Sci.* 42:186-189.
36. Hy-Line. 2016. Hy-Line W-36: manual de estándares de rendimiento [en línea]. Hy-Line, International. <[http://www.hyline.com/userdocs/pages/36\\_COM\\_SPN.pdf](http://www.hyline.com/userdocs/pages/36_COM_SPN.pdf)>. [Consulta: 15 diciembre 2017].
37. INIA, 2007. Sector Agropecuario de la VIII Región del Bío-Bío, Documento Informativo y de Análisis de Contexto para Apoyar Propuestas y Acciones de Investigación y Desarrollo Productivo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile.
38. ISP. 1998. Manual Métodos de Análisis Físico-Químico de Alimentos, Aguas y Suelos. Ministerio de Salud. Instituto de Salud Pública de Chile.
39. Kuang, H., F. Yang, Y. Zhang, T. Wang and G. Chen. 2018. The Impact of Egg Nutrient Composition and Its Consumption on Cholesterol Homeostasis. *Cholesterol.* 1–22.
40. Kushi, L.H., R.A. Lew, F.J. Stare, C.R. Ellison, M. el Lozy, G. Bourke, L. Daly, I. Graham, N. Hickey and R. Mulcahy. 1985. Diet and 20-Year Mortality from Coronary Heart Disease: The Ireland–Boston Diet–Heart Study. *The New England Journal of Medicine.* 312(13): 811–818.
41. Lewis, N. M., K. Schalch and S.E. Scheideler. 2000. Serum lipid response to n-3 fatty acid enriched eggs in persons with hypercholesterolemia. *Journal of American Dietetic Association.* 100: 365–367.
42. Lordelo, M., E. Fernandes, R.J.B. Bessa and S.P. Alves. 2016. Quality of eggs from different laying hen production systems, from indigenous breeds and specialty eggs. *Poultry Science.* 0: 1-7.

43. Lynch, M., B. Walsh. 1998. *Genetics and Analysis of Quantitative Traits*. Sinauer Associates. Sunderland.
44. Marion, W. W., A. W. Nordskog, H. S. Tolman, and R. H. Forsythe, 1964. Egg composition as influenced by breeding, egg size, age and season. *Poultry Sci.* 43:255-264.
45. Mark, H.L., W. Washburn. 1977. Divergent selection for yolk cholesterol in laying hens. *British Poultry Science.* 18: 179–188.
46. McNair, H.M. and J.M. Miller. 2009. *Basic Gas Chromatography*. (2a. ed.). Wiley. Hoboken, New Jersey.
47. Mennicken, L., S. Ponsuksili, E. Tholen, N. Thi Kim Khang, K. Steier, J. Petersen, K. Schellander and K. Wimmers. 2005. Divergent selection for  $\omega$ 3: $\omega$ 6 polyunsaturated fatty acid ratio in quail eggs. *Archiv Tierzucht Dummerstorf.* 48: 527–534.
48. Millet, S., K. De Ceulaer, M. Van paemel, K. Raes, S. De Smet and J.P.L Janssens. 2006. Lipid profile in eggs of Araucana hens compared with Lohmann selected Leghorn and ISA Brown hens given diets with different fat sources. *British Poultry Science.* 47: 294–300.
49. Mine, Y. (2002). Recent advances in egg protein functionality in the food system. *World's Poultry Science Journal*, 58(01), 31–39.
50. Moya, R. 2004. Gallina de huevos azules: contribuciones a la elaboración de un protocolo [en línea]. Cet Sur, Chile. <<http://www.cetsur.org/wp-content/uploads/gallina-de-huevos-azules-contribuciones-a-la-elaboracion-de-un-protocolo.pdf>>. [Consulta: 14 enero 2017].
51. Moreno, J., J.L. Osorno. 2003. Avian egg colour and sexual selection: Does egg shell pigmentation reflect female condition and genetic quality. *Ecol. Lett.* 6:803–806.
52. Muñoz, J.P. 2007. Determinación de la percepción de calidad y valor económico del huevo azul de gallina tipo Araucana en los consumidores. Memoria de título, Médico Veterinario. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Veterinarias. Chillán, Chile.
53. Nagaoka, S., M. Masaoka, Q. Zhang, M. Hasegawa, and K. Watanabe. 2002. Egg ovomucin attenuates hypercholesterolemia in rats and inhibits cholesterol absorption in Caco-2 cells. *Lipids.* 37(3): 267-272.

54. Nichols, E. L., W. W. Marion, and S. L. Balloun. 1963. Effect of egg yolk size on yolk cholesterol concentration. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 112: 378-380.
55. North, M.O., D.D. Bell. 1993. *Manual de producción avícola. (3a. ed.). El Manual Moderno.* México D.F., México.
56. Orellana, E.M. 1993. Análisis de características reproductivas en gallinas Araucanas asociadas a la calidad del huevo. Memoria de título, Médico Veterinario. Universidad de Concepción, Facultad de Medicina Veterinaria. Chillán, Chile.
57. Orozco, F., J.L. Campo. 1978. Situación de la mejora genética avícola en la C. E. E. y en España, Programas de mejora genética. XVI Symposium de la Sección Española de la WPSA. Burgos, 11 – 19 Octubre.
58. Ostör, E., A. Jánosi, Z. Adám, G. Bárczy, S. Borbás, B. Dávid, I. Gallai, M. Podmaniczky and T. Ruzsányi. 2003. Secondary prevention of coronary disease--at the turn of the millennium in light of the Hungarian data of the EUROASPIRE I-II. *Studies. Orvosi Hetilap.* 144(49): 2399–2404.
59. Pinteá, A., F. Dulf, A. Bunea, C. Matea and S. Andrei. 2012. Comparative analysis of lipophilic compounds in eggs of organically raised ISA Brown and Araucana hens. *Chemical Papers.* 66(10): 955–963.
60. Punnet, R.C. 1933. Genetic studies in poultry. IX. The blue egg. *J. Genet.* 27(3): 465-470.
61. Rodríguez, K.E. 2007. Caracterización de rasgos fenotípicos de la gallina tipo Araucana (*Gallus inauris*, *Castelloi*) en Chile. Memoria de título, Médico Veterinario. Universidad de Concepción, Facultad de Medicina Veterinaria. Chillán, Chile.
62. Rubilar, M. 2015. Comparación del tamaño y forma entre huevos de gallina Araucana y una línea de postura industrial (Hy-Line). Tesis de grado, Medicina Veterinaria. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Veterinarias. Concepción, Chile.
63. Rye K.A., P.J. Barter. 2014. Cardioprotective functions of HDLs. *Journal of Lipid Research.* 55(2): 168–179.
64. Sadjadi, M., J.A. Renden, F.H. Benoff and J.A. Harper. 1983. Effects of the Blue Egg Shell Allele (O) on Egg Quality and Other Economic Traits in the Chicken. *Poultry Science,* 62(9): 1717–1720.

65. Salma, U., A. G. Miah, K. M. Tareq, T. Maki, and H. Tsujii. 2007. Effect of dietary *Rhodobacter capsulatus* on egg-yolk cholesterol and laying hen performance. *Poult. Sci.* 86: 714–719.
66. Sauveur, B. 1992. Reproducción de las aves. Ediciones Mundi-Prensa / Aedos. Madrid, España.
67. Sauveur, B. 1993. El huevo para consumo: bases productivas. Ediciones Mundi-Prensa / Aedos. Madrid, España.
68. Scheideler, S. E., D. Jaroni and G. Froning. 1998. Strain and age effects on egg composition from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. *Poultry Science*: 77: 192–196.
69. Scott, H.M., D. Warren. 1941. The relationship of total weight and the weight of component parts of the egg to hatching power. *Poultry Sci.* 20: 75-78.
70. Shekelle R., J. Stamler. 1989. Dietary cholesterol and ischaemic heart disease. *The Lancet.* 333(8648): 1177–1179.
71. Silva, W. A., A.H.N. Elias, J.A. Aricetti, M.I. Sakamoto, A.E. Murakami, S.T.M. Gomes, J.V. Visentainer, N.E. de Souza and M. Matsushita. 2009. Quail egg yolk (*Coturnix coturnix japonica*) enriched with omega-3 fatty acids. *Food Science and Technology.* 42: 660–663.
72. Simmons, R.W., R.G. Somes. 1982. Physical characteristics of Araucana chicken eggs. *Poult. Sci.* 61(9): 1777-1781.
73. Simmons, R.W., R.G. Somes. 1985. Chemical characteristics of Araucana chicken eggs. *Poult. Sci.* 64(7): 1264-1268.
74. Simopoulos, A. P. 2002. The importance of the ratio of omega- 6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy.* 56: 365–379.
75. Somes, R.G., P.V. Francis and J.J. Tlustohowicz. 1977. Protein and cholesterol content of Araucana chicken eggs. *Poult. Sci.* 56(5): 1636-1640.
76. Sturkie, P.D. 1968. *Fisiología Aviar.* (2a. ed.). Acribia. Zaragoza, España.
77. Sturkie, P.D. 2015. *Avian Physiology.* (6a. ed.). Elsevier. Wisconsin, USA.
78. Suk, Y.O., C. PARK. 2001. Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. *Poultry Science.* 80: 855-858.

79. Surai, P. F., B.K. Speake, R.C. Noble and M. Mezes. 1999: Species-specific differences in the fatty acid profiles of the lipids of the yolk and of the liver of the chick. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79: 733–736.
80. Thiex, N.J., H. Manson, S. Anderson and J.A. Persson. 2002. Determination of Crude Protein in Animal Feed, Forage, Grain, and Oilseeds by Using Block Digestion with a Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid: Collaborative Study. *AOAC Int.* 85(2): 309-317.
81. USDA. 2015. National Nutrient Database for Standard Reference. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Nutrient Data Laboratory. Beltsville, MD, USA.
82. Wang, X. L., J.X. Zheng, Z.H. Ning, L.J. Qu, G.Y. Xu and N. Yang. 2009. Laying performance and egg quality of blue-shelled layers as affected by different housing systems. *Poultry Science*. 88(7): 1485-1492.
83. Wang, Z., L. Qu, J. Yao, X. Yang, G. Li, Y. Zhang, J. Li, X. Wang, J. Bai, G. Xu, X. Deng, N. Yang and C. Wu. 2013. An EAV-HP Insertion in 59 Flanking Region of SLCO1B3 Causes Blue Eggshell in the Chicken [en línea]. *PLOS Genetics* 9(1). <<http://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.1003183>>. [Consulta: 24 octubre 2016].
84. Wang, Z.P., R. F. Liu, A. R. Wang, J. Y. Li and X. M. Deng. 2011. Expression and activity analysis reveal that heme oxygenase (decycling) 1 is associated with blue egg formation. *Poult. Sci.* 90: 836-841.
85. Washburn, K. W. 1990. Genetic variation in egg composition. pp. 781–804. In: R.D. Crawford (Ed.). *Poultry Breeding and Genetics*. Elsevier, Amsterdam.
86. Weiss, J.F., R.M. Johnson and E.C. Naber. 1967. Effect of some dietary factors and drugs on cholesterol concentration in the egg and plasma of hen. *J. Nutr.* 91:119–128.
87. Wilhelm, O. 1953. La gallina Araucana: estudios genéticos 1ª comunicación. *Bol. Soc. Biol. Concepción* 28: 119-127.
88. Wilhelm, O. 1963. Observaciones acerca de la gallina Araucana (*Gallus inauris* Castelloi, 1914): 2ª comunicación. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 55: 93-107.



89. Wragg, D., J.M. Mwacharo, J.A. Alcalde, C. Wang, J.-L. Han, J. Gongora, D. Gourichon, M. Tixier-Boichard and O. Hanotte. 2013. Endogenous retrovirus EAV-HP linked to blue egg phenotype in Mapuche fowl [en línea]. *PloS One* 8(8). <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0071393>>. [Consulta: 24 octubre 2016].
90. Yang F., G. Chen, M. Ma, N. Qiu, L. Zhu, and J. Li. 2018a. Egg-Yolk Sphingomyelin and Phosphatidylcholine Attenuate Cholesterol Absorption in Caco-2 Cells. *Lipids*. 53(2): 217–233.
91. Yang F., G. Chen, M.Ma, N. Qiu, L. Zhu, and J. Li. 2018b. Fatty acids modulate the expression levels of key proteins for cholesterol absorption in Caco-2 monolayer. *Lipids in health and disease*. 17(1): 32.
92. Zaho, R., G.-Y. Xu, Z.-Z. Liu, J.-Y. Li and N. Yang. 2006. A Study on Eggshell Pigmentation: Biliverdin in Blue-Shelled Chickens. *Poult. Sci*. 85: 546-549.
93. Zhang, W., P.Y. Li, X. Hu, F. Zhang, J. Chen and Y. Gao. 2011. Omega-3 polyunsaturated fatty acids in the brain: metabolism and neuroprotection. *Frontiers in Bioscience*. 16: 2653-2670.



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que el trabajo presentado es personal e inédito, que cada una de las citas bibliográficas son correctas y están debidamente reconocidas, que no contiene copias totales ni parciales de otras investigaciones excepto citas aceptadas como trabajos científicos, que no afectan los derechos de autor y que se mantiene dentro del marco ético de trabajos científicos de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción.

---

Makarena Aurora Rubilar Quezada

