



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LA YEMA, LA CLARA Y LA  
CÁSCARA DE HUEVO BLANCO EN PLANTELES AVÍCOLAS COMERCIALES  
EN CHILE**

**Francesco Manetti Sanguineti**

Memoria para optar al  
Título Profesional de Médico  
Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal

**PROFESOR GUÍA: MARCELO ANÍBAL HIDALGO CONCHA**

Financiamiento interno

**SANTIAGO, CHILE**  
**2019**



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y PECUARIAS**  
**ESCUELA DE CIENCIAS VETERINARIAS**

**CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LA YEMA, LA CLARA Y LA  
CÁSCARA DE HUEVO BLANCO EN PLANTELES AVÍCOLAS COMERCIALES  
EN CHILE**

**Francesco Manetti Sanguineti**

Memoria para optar al  
Título Profesional de Médico  
Veterinario  
Departamento de Fomento de la  
Producción Animal

**Nota final: .....**

**FIRMA**

Prof. Guía: Marcelo Aníbal Hidalgo Concha

.....

Profesor Corrector: Carolina Valenzuela Venegas

.....

Profesor Corrector: Carlos Alvear Suitt

.....

## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

En primer lugar, a mi familia, quien cada uno a su manera me apoyó y ayudó del mejor modo que podría haber deseado.

Luego, a Marcelo Hidalgo, quién más allá de profesor, fue un guía tanto académico y profesional como personal durante los últimos 5 años.

A DSM Nutritional Products y al Departamento de Fomento de la Producción Animal de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile por permitirme desarrollar y llevar a cabo este trabajo.

A mis amigos entrañables, esos de toda la vida, que supieron comprender el proceso de mi tesis, y a los compañeros más cercanos con quienes compartí esta hermosa carrera.

A Vitto y Emma, por su incondicional amor y compañía.

## ÍNDICE DE CAPÍTULOS

	<i>Página</i>
Resumen ejecutivo .....	iii
<i>Abstract</i> .....	v
Introducción .....	1
Revisión bibliográfica .....	3
Objetivo general y Objetivos específicos .....	8
Materiales y métodos .....	9
Resultados .....	12
Discusión .....	21
Conclusiones .....	30
Bibliografía .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

	<i>Página</i>
Tabla N° 1. Peso, resistencia al quiebre y grosor de la cáscara de huevos según productor, expresados como promedio junto a su desviación estándar y coeficiente de variación .....	12
Tabla N° 2. Altura de albúmina, Unidades Haugh y pigmentación de la yema de huevos según productor, expresados como promedio junto a su desviación estándar y coeficiente de variación .....	13
Tabla N° 3. Peso, resistencia al quiebre y grosor de cáscara según rango etario de las aves, expresados como promedio junto a su desviación estándar y coeficiente de variación .....	13
Tabla N° 4. Altura de albúmina, Unidades Haugh y pigmentación de la yema de huevos según rango etario, expresadas como promedio junto a su desviación estándar y coeficiente de variación .....	14
Tabla N° 5. Coeficientes de determinación y correlación lineal entre las distintas variables y la edad de las aves .....	18
Tabla N° 6. Resultados promedio del peso, resistencia y grosor de la cáscara entre el estudio de Arenas (2016) y el presente .....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
Figura N° 1. Peso de huevo según productor en función de la edad de las aves .....	15
Figura N° 2. Resistencia al quiebre de los huevos según productor en función de la edad de las aves .....	15
Figura N° 3. Grosor de la cáscara de los huevos según productor en función de la edad de las aves.....	16
Figura N° 4. Altura de la albúmina de los huevos según productor en función de la edad de las aves .....	16
Figura N° 5. Unidades Haugh de los huevos según productor en función de la edad de las aves.....	17
Figura N° 6. Pigmentación de los huevos según productor en función de la edad de las aves.....	17
Figura N° 7. Comparación del peso de los huevos entre los valores de los manuales genéticos y productores nacionales .....	19
Figura N° 8. Comparación de la resistencia al quiebre de los huevos entre manuales genéticos y productores nacionales .....	19
Figura N° 9. Comparación de las Unidades Haugh de los huevos entre manuales genéticos y productores nacionales .....	20

## **RESUMEN EJECUTIVO**

La industria avícola constituye una importante fuente para satisfacer la creciente demanda de proteínas de la población y se distribuye a través de todo el país.

La producción y el consumo de huevos a nivel nacional ha ido en constante aumento durante los últimos 10 años y, particularmente, existe una marcada preferencia por el consumo de huevos blancos. En el marco de la producción nacional, no se cuenta con abundante información sobre los niveles y parámetros de la calidad de los huevos.

En este contexto se buscó caracterizar la calidad interna y externa del huevo blanco en una serie de planteles avícolas comerciales de la zona central de Chile a través de la medición de diferentes parámetros a lo largo del ciclo de postura de las aves. Se solicitó a 8 productores 15 huevos blancos que hubieran sido puestos por aves en cada uno de los siguientes rangos de edades al momento del muestreo: 20, 40, 60, 80, 100 y 120 semanas.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los productores para todas las variables analizadas. En cuanto a los atributos de calidad externa de los huevos se pudo constatar que, en promedio, el peso del huevo aumentó con el transcurso de las semanas desde los 52,3 g en la semana 20 hasta 65,6 g en la semana 80; luego, 64,4 g en la semana 100 y disminuyó a 62,4 g en la semana 120; la resistencia al quiebre disminuyó constantemente desde los 4,5 kg la semana 20 hasta 3,2 kg en la 120; y el grosor de la cáscara no presentó tendencia alguna con el aumento de la edad de las aves variando solo 0,01 mm entre las distintas semanas (0,40 mm – 0,41 mm).

En cuanto a los parámetros de calidad interna no se establece un patrón en relación a la altura de la albúmina y las Unidades Haugh con el transcurso de las semanas de edad, ya que disminuyen los valores de ambas variables entre las semanas 20 a 60, luego en la 80 y 100 aumentan, para finalmente volver a disminuir en el último rango de semanas (los valores mínimos de la altura de la albúmina y Unidades Haugh fueron 5,8 mm y 72,2 U.H y los máximos fueron 6,8 mm y 83,7 U.H, respectivamente). De igual manera, en la pigmentación de la yema no se establece un patrón, comenzando los valores en 8,6 (según abanico colorimétrico de DSM “YolkFan”) y termina en 8,6.

Se observaron discrepancias entre los resultados de las semanas 100 y 120 de este estudio y lo expuesto en la literatura debido a que los valores de las variables disminuyeron a pesar de que luego de la pelecha se espera que aumenten.

Se determinó que no existe una relación lineal entre las variables de este estudio y la edad de las aves. Se observaron marcadas diferencias entre los valores propuestos por los manuales comerciales de las distintas estirpes y el promedio de los valores obtenidos por los productores que las utilizaban.

**Palabras clave:** caracterización, calidad externa, calidad interna, huevos blancos, Chile.

## **ABSTRACT**

*The nation-wide distributed poultry industry is crucial to cover the growing protein demand of the population in Chile.*

*In fact, the domestic production and consumption of eggs shows a straight-line increase during the past 10 years, with a particular preference for white eggs consumption. In terms of local production, there is not sufficient information about the levels and parameters related to the quality of eggs.*

*In this context, the objective of the work was to describe in detail the internal and external quality of white eggs in a series of poultry farms in the central zone of Chile through the measurement of different quality parameters throughout the laying cycle of hens. Thus, eight producers have been requested to provide 15 white eggs in each of the following age ranges: 20, 40, 60, 80, 100 and 120 weeks.*

*Findings confirmed significant statistical differences among producers for all the variables analyzed. Regarding the external quality attributes of eggs, it was found that, on average, the weight increased in the course of weeks from 52.27 g in week 20 to 65.57 g in week 80 and 64.4 g in week 100; decreasing afterwards to 62.41 g in week 120. Resistance to breakage decreased steadily from 4.53 kg in week 20 to 3.23 kg in week 120; and thickness of shells did not present any trend related with the age of hens, varying only 0.01 mm between the different weeks (0.40 mm - 0.41 mm).*

*Concerning the internal quality parameters eggs, there is no pattern established regarding the height of albumin and the Haugh Units over time, since values of both variables decreased between weeks 20 to 60, then increased in 80 and 100, and finally decreased again in the last range of weeks (minimum values of albumin height and Haugh Units were 5.81 mm and 72.24 UH, and the maximum were 6.76 mm and 83.67 UH in height of albumin and Haugh Units, respectively). Likewise, there is no pattern defined in the pigmentation of yolk, starting at 8.57 (according to DSM "YolkFan" colorimetric range) and ending at 8.60.*

*The results of weeks 100 and 120 of this study differ from findings described in literature, as the values of the variables decreased. However, they are expected to increase after the moult. Consequently, it was determined that there is no linear relationship between the*

*variables of this study and the age of hens. There are clear differences between the values proposed by commercial manuals for each strain and the average of values obtained by producers who used them.*

**Key words:** *characterization, external quality, internal quality, white eggs, Chile.*

## **INTRODUCCIÓN**

La industria avícola juega un rol fundamental en la conversión de granos y otros productos en huevos y carne. Constituye, por lo tanto, una importante fuente para satisfacer la creciente demanda de proteínas de la población.

La industria del huevo se distribuye a través de todo el país, desde una producción casera o de traspatio, para consumo familiar o venta local en ferias, hasta productores comerciales que poseen entre 150 y 10.000 gallinas, con instalaciones básicas que les permiten desarrollar la actividad, y grandes empresas que abastecen una parte mayoritaria del mercado interno (Covacevic y Esnaola, 2008).

De acuerdo a información del Instituto Nacional de Estadística (INE), en Chile habría un total de 147 empresas que producen huevos, de las cuales 136 tendrían más de 1.000 gallinas ponedoras. Los principales productores son 11 empresas, que generan alrededor del 60% de la producción industrial de huevos en el país (Covacevic y Esnaola, 2010).

La producción de huevos ha mostrado un constante aumento tanto a nivel nacional como internacional. Aunque a nivel mundial es poco competitiva, en Chile la industria avícola se ubica entre los rubros de mayor importancia con relación a la producción pecuaria. La Asociación de Médicos Veterinarios Especialistas en Avicultura de Chile (AMEVEA) indica que, de acuerdo a los antecedentes del Instituto Nacional de Estadísticas, la producción de huevos ha crecido a un ritmo relativamente regular del 2,6% anual, lo que coincide con el aumento del consumo, entre otras cosas (AMEVEA, 2014).

En Chile la mayor parte del mercado está orientado a la producción de huevos blancos y se ubica principalmente en las regiones Metropolitana y de Valparaíso. A partir de datos de la Asociación Gremial de Productores de Huevos de Chile (CHILEHUEVOS), Covacevic y Esnaola (2008) estiman que aproximadamente el 73% de la producción de huevos corresponde a huevos blancos. Debido a lo anterior y al crecimiento que se mencionó al inicio de esta introducción, la industria avícola ha cobrado particular importancia y, junto a esto, lógicamente es de relevancia también la calidad del producto final, en este caso, el huevo.

A la hora de evaluar la calidad de un huevo (sin considerar la parte meramente nutricional) se analizan una serie de características que, si bien están estrechamente relacionadas, se

pueden diferenciar entre: características externas, como el peso, la forma, el color, la resistencia y el espesor de la cáscara y su grado de limpieza; y características internas directamente relacionadas con el grado de frescura y envejecimiento del huevo, donde se encuentra el color de la yema (y su relación con la aceptación organoléptica), el espesor de la clara y la altura de la clara expresada en Unidades Haugh.

En este contexto y mediante el presente estudio se buscó caracterizar la calidad interna y externa del huevo blanco en una serie de planteles avícolas comerciales de la zona central de Chile, a través de la medición de diferentes parámetros de calidad en la yema, la clara y la cáscara del huevo a lo largo del ciclo de postura de las aves. En consecuencia, se generó una base de datos estructurada y organizada que permitió recuperar la información de los resultados obtenidos de manera sencilla y veloz.

Por último y a modo general, se busca con este estudio generar información de utilidad sobre los atributos de calidad interna y externa del huevo para la toma de decisiones de la industria en áreas donde, si bien la información existe, no se ha organizado ni aprovechado a cabalidad.

## **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### *Mercado de los huevos*

La producción avícola en Chile incluye dos grandes áreas de actividad económica: carne y huevos. Existen en el país alrededor de 47,7 millones de aves con fines productivos, de las cuales el 26,7% corresponde a productoras de huevos para consumo (12,7 millones de gallinas). La industria del huevo en Chile está en manos de aproximadamente 300 productores (considerando pequeños, medianos y grandes productores), de los cuales 57 concentran el 90% de la producción y se ubican principalmente en la zona central del país. La producción nacional de huevos está conformada por un gran sector industrial que aporta alrededor de 3.200 millones de huevos al año y la producción de traspatio (pequeños productores), cuya producción es menos relevante para la economía nacional pero cumple un rol socioeconómico importante en la economía doméstica (ODEPA, 2013).

El sector avícola es posiblemente el de mayor crecimiento y el más flexible de todos los sectores de la ganadería. Impulsado principalmente por una fuerte demanda, se ha expandido, consolidado y globalizado en los últimos 15 años en países de todos los niveles de ingreso (FAO, 2013).

Los huevos y la carne de ave de corral están ampliamente disponibles, son de costos relativamente bajos y pueden ser de vital importancia para ayudar a cubrir la carencia de nutrientes esenciales, en particular en el caso de las personas de escasos recursos. Los huevos, en particular, constituyen un óptimo medio para enriquecer la dieta humana con determinados minerales alimentarios importantes (FAO, 2013).

La producción mundial de huevos entre 2000 y 2013 se ha incrementado en 32,8%, a una tasa anual promedio de 2,2%. Esta evolución también se aprecia a escala continental, en donde Asia contribuía con el 56,5% de la producción total al comienzo del período mencionado (América 20,5%, Europa 8,6%, África 3,7% y Oceanía 0,4%). Sin embargo, en 2013, Asia aumentó su participación a casi el 60% (Europa 16%, Norteamérica 9%, Sudamérica 6,5%, y África 4,5%) (Giacomozzi, 2014).

De acuerdo con la información que entrega CHILEHUEVOS la producción industrial alcanzó 3,21 billones de unidades en 2013, proyectándose un incremento de 5,9% para 2014 y así alcanzar a 3,4 billones de unidades. Las aves de postura (incluyen a las aves

adultas y de crianza) totalizaron 14,31 millones a fines del primer semestre de 2014, lo que significó un aumento de 12,3% con respecto al mismo período del año anterior. Del total de ponedoras, 84% correspondió a aves adultas, lo que representó un incremento de 14,1% con respecto al primer semestre de 2013 (Giacomozzi, 2014).

Cabe destacar que, según el Instituto Nacional de Estadísticas, durante el transcurso de los años 2010 a 2014 predominó siempre la producción de huevos blancos por sobre los de color, alcanzando en 2014 un porcentaje aproximado del 73% del total de los huevos producidos (INE, 2015).

Hoy en día la graduación y estandarización de las distintas características del huevo permiten evitar confusiones e incertidumbres a la hora de evaluar y comparar los atributos de calidad. Esto es de importancia principalmente por el sistema de comercialización de huevos, que se caracteriza por ser un sistema en constante funcionamiento, dinámico y de gran escala. Esta estandarización viene a facilitar la eficiencia y distribución en respuesta a la creciente demanda de huevos (USDA, 2000).

A grandes rasgos, la formación del huevo ocurre bajo un preciso control de mecanismos fisiológicos. Las aves comerciales modernas son capaces de poner huevos prácticamente cada 24 horas, alcanzando una producción anual de unos 320 huevos. La yema se produce en aproximadamente 10 días a partir de precursores sintetizados en el hígado, luego el ovocito es liberado desde el ovario hacia el oviducto. Esta ovulación se lleva a cabo poco tiempo después de que el huevo anterior es expulsado desde la parte distal del oviducto (ovoposición). Durante el viaje a través del oviducto, el óvulo adquiere la albúmina en el magnum, las membranas de la cáscara en el istmo y finalmente la cáscara en el útero (glándula de la cáscara), demorándose este último proceso 18 horas aproximadamente. Antes de la ovoposición, el cascarón adquiere la pigmentación y las cutículas (Travel *et al.* 2011).

### Calidad interna

La calidad de los huevos depende de los atributos químicos y físicos de sus partes constituyentes. Debido a la potencial diversidad de los usos de los huevos y las consiguientes demandas de los consumidores, definir la calidad del huevo se ha vuelto cada

vez más complicado. Los problemas asociados al huevo incluyen problemas en el cascarón o bien en el interior, que pueden categorizarse en tres grandes grupos: defectos que afectan la calidad de la yema, los que afectan la albúmina y los que afectan la calidad general (Chukwuka, 2011).

Comparando diversos métodos de medición de calidad interna y considerando diversos factores, como la estandarización, la complejidad del procedimiento y la fidelidad de los resultados, Wesley y Stadelman (1959) concluyeron que el cálculo de las Unidades Haugh es el método más simple y efectivo. Las Unidades Haugh corresponden al logaritmo de la altura de la albúmina, corregida para un huevo estándar. Valores mayores de Unidades Haugh indican una mayor calidad en la clara de los huevos (Stadelman y Cotteril, 1973).

Una importante medida en la calidad del huevo es la altura de la albúmina, que es muy importante en los mercados donde el consumo de huevo crudo es habitual. También se utilizan las Unidades Haugh (para expresar la altura de la albúmina) como un indicador de la frescura del huevo. Los huevos con mayor altura de albúmina pueden almacenarse por más tiempo manteniendo su apariencia fresca para el consumidor (Navarro, 2000).

La consistencia del albumen va decreciendo inexorablemente con el paso del tiempo tras la ovoposición debido a un incremento del pH, que conlleva la degradación de la unión de las proteínas ovomucina y lisozima, que hacen que el albumen se haga cada vez más fluido. La calidad del albumen también decrece sensiblemente con la edad de las aves, así como con la aparición de brotes de ciertas enfermedades como pueden ser la bronquitis infecciosa o la enfermedad de Newcastle (Cavero, 2016).

Hoy en día existen medidores digitales de Unidades Haugh que utilizan haces paralelos de luz para realizar las medidas. La puntuación de la Unidad Haugh es calculada de forma instantánea basada en el peso del huevo y la altura de la albúmina.

Sin embargo, los huevos de mayor tamaño tienen una mayor altura de albumen, por lo que es práctica habitual realizar una pequeña corrección en base al peso del huevo sobre la altura de albumen (Cavero, 2016). De esta forma, a partir de una fórmula que considera la altura de la albúmina densa, el peso del huevo y un factor de corrección, se obtienen las Unidades Haugh (UH), que van desde el 20 al 120:

$$\mathbf{U.H. = 100 \cdot \log (H - 1,7W^{0,37} + 7,6)}$$

*H (mm) = la altura de albumen denso*  
*W (gramos) = el peso del huevo*

La calidad de la yema es determinada, entre otras cosas, por su color y firmeza. Si bien el color de la yema es un factor clave en cualquier encuesta que se realice a consumidores con respecto a la calidad del huevo, las preferencias son muy subjetivas y varían ampliamente entre un país y otro. El principal determinante del color de la yema son las xantófilas contenidas en la dieta consumida por las aves. Es posible manipular el color de las yemas de los huevos mediante la adición de este pigmento, sea natural o sintético. La posibilidad de manipular dicho color puede ser una ventaja para cubrir las demandas del mercado, sin embargo, la facilidad con la cual se logra alterar el color puede llevar a cambios indeseados de la pigmentación (Ahmadi y Rahimi, 2011).

#### Calidad externa

Se conocen muchos factores que se relacionan con la calidad del cascarón, incluyendo: la nutrición, problemas sanitarios, manejo y prácticas, condiciones ambientales y genética. La mayoría de los cascarones de huevos comerciales contienen 2,2 gramos de calcio en forma de carbonato de calcio. En promedio, contienen también un 0,3% de fósforo, 0,3% de magnesio y cantidades traza de sodio, potasio, zinc, manganeso, hierro y cobre. Si se remueve el calcio de la cáscara, resta la matriz orgánica. La organización de esta matriz orgánica durante la formación de la cáscara influye en la resistencia del cascarón (Butcher y Miles, 2015).

Si se desea evaluar más a fondo la calidad de la cáscara, se pueden aplicar diferentes metodologías. La evaluación puede ser directa (determinando las propiedades mecánicas del huevo, midiendo la resistencia de la cáscara a la rotura de diferentes maneras: por impacto o compresión, etc.) o indirecta (evaluando la gravedad específica o la capacidad de deformación sin destrucción del huevo). La resistencia a la rotura se suele medir por medio de compresión cuasi estática, donde el huevo se comprime en condiciones controladas hasta romperlo, dando como valor de resistencia la fuerza a la que dicha rotura ocurre (Ortiz y Mallo, 2013).

El grosor de la cáscara es considerado como uno de los principales parámetros indirectos para medir la calidad externa del huevo. Existe una correlación positiva entre el grosor del cascarón y la resistencia al quiebre, de la misma manera que la presencia de grietas en los huevos también se correlaciona positivamente con la resistencia al quiebre (Sun *et al.*, 2012).

A nivel mundial existen múltiples estudios que se enfocan en determinar la calidad de los huevos a través de sus diferentes atributos. En Chile, en cambio, a nivel académico no se encuentran disponibles muchos artículos que detallen esta información. La mayoría de los estudios están enfocados más en el punto de vista del consumidor y sus preferencias, como el de Araneda (2006), o bien en el efecto de distintos factores que pueden incidir en los diferentes atributos del huevo, como los estudios de Navarro (2000) y Cornejo *et al.* (2008), por mencionar algunos, pero no referidos a la medición de su calidad propiamente tal.

En respuesta a lo anterior, surge la necesidad de llevar a cabo el presente estudio porque si bien las publicaciones de otras partes del mundo existen, no necesariamente son extrapolables a la producción de Chile. Este estudio tiene un enfoque más similar al de Arenas (2016), donde se busca caracterizar la calidad de los huevos propiamente tal, de manera de reflejar la situación nacional actual, incluyendo parámetros no solo de calidad externa, sino también, de la calidad interna de los huevos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la calidad interna y externa del huevo blanco en los principales planteles productores de Chile.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Caracterizar y comparar las diferencias entre las distintas características de la calidad del huevo y los diversos productores que representan el segmento de mayor producción nacional.
2. Confrontar la edad de las gallinas con las diferentes características de calidad a lo largo del ciclo productivo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para cubrir el **objetivo general** de este estudio se contactaron 8 productores entre los cuales se encuentran los más grandes del país y que, en su conjunto, representan aproximadamente al 50% de la producción nacional de huevos. Estos productores fueron escogidos por su ubicación y sobre todo por su participación en el mercado nacional. Cuentan con una masa de animales aproximada que va desde las 200.000 aves los más pequeños hasta 1.800.000 los más grandes. Por lo tanto, los productores fueron seleccionados luego de haber realizado una segmentación en la que se estimó cuáles serían los óptimos para participar en base a los criterios mencionados anteriormente y, además, se consideró la trayectoria de trabajo en conjunto a lo largo de los años que agregaba un factor de confianza en la calidad con la que se llevarían a cabo los distintos trabajos.

El muestreo de este estudio y su modelo estadístico se basó en el realizado en la memoria de Carolina Arenas Norambuena: *Caracterización de la calidad de cáscara de huevo blanco en planteles avícolas comerciales en Chile y su relación con determinados factores de producción* (2016).

En base a lo anterior, a las 8 unidades experimentales se les solicitó 15 huevos blancos por cada rango de edad, a partir de ponedoras que tuvieran las siguientes edades: 20, 40, 60, 80, 100 y 120 semanas (con un margen de aceptación de  $\pm 3$  semanas). Estos huevos fueron recolectados directamente desde el galpón de postura (obtenidos desde diferentes puntos) y en base a los resultados expuestos por Chingal (2015) donde se observó que las alteraciones significativas de la mayoría de los atributos comenzaban a verse afectadas entre los 4 y 8 días de almacenamiento, se decidió que los huevos del presente estudio fueran analizados en un plazo no superior a los 5 días para así poder llevar a cabo tanto el muestreo como el análisis en un período que no altere significativamente los atributos a caracterizar.

En conjunto con la solicitud de los huevos se entregó a los productores un “Formulario de Muestreo Huevos” para que lo completaran con información pertinente, entre la que se solicitó obligatoriamente comunicar el nombre de la empresa, la estirpe de las aves, la edad, la fecha de recolección de los huevos, la identificación del galpón de postura y si las aves habían sido pelechadas (en el caso en que la respuesta fuera SÍ, deberían detallar cuándo).

La recolección de los huevos se llevó a cabo por personal médico veterinario previamente instruido en cuanto a la metodología, de manera que la recolección fuera llevada a cabo aleatoriamente para evitar sesgos al momento de la selección de huevos para el muestreo.

Debido a que era posible que algunos productores no contaran con aves de las edades solicitadas al momento del muestreo, se destinó un plazo de 3 meses para poder cubrir la mayor cantidad de semanas posibles. No obstante y a pesar de esto, existía la posibilidad de que ciertos productores no pudieran cubrir todas y cada una de las semanas solicitadas.

Con el fin de analizar todos los huevos y así obtener los resultados que serían necesarios para cumplir con ambos objetivos específicos de este estudio, todos los huevos fueron analizados en las dependencias de DSM Nutritional Products con el Medidor Digital de Huevo DET600 marca NABEL Co ® (fabricado en Japón), que permite realizar las mediciones bajo condiciones ambientales estables y de forma inmediata para todas las variables, que en este caso fueron las siguientes:

- Peso (expresado en gramos)
- Altura de la albúmina (expresado en milímetros)
- Pigmentación (configurado en base a la escala del abanico colorimétrico de DSM “YolkFan”, que va desde el 1 al 15)
- Calidad interna (expresada en Unidades Haugh)
- Resistencia de quiebre (expresada en kilogramos)
- Grosor de la cáscara (expresada en milímetros)

En relación al primer objetivo, las características que fueron evaluadas (peso, altura de la albúmina, pigmentación, Unidades Haugh, resistencia de quiebre y grosor de la cáscara) se compararon entre los diferentes productores. Para ello, primero se determinó la normalidad de los datos con una prueba de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ).

Dependiendo del resultado de la determinación de normalidad de los datos se procedió a identificar qué prueba se aplicaría para continuar con el análisis. En el caso de que las muestras resultaran normales, se realizaría un análisis de varianza (ANOVA) y luego una

prueba de Tukey, con el fin de determinar si existían diferencias con significancia estadística utilizando una probabilidad de  $p \leq 0,05$ .

En cambio, si se determinaba que las muestras no pertenecían a una distribución normal, se analizarían mediante la prueba de Kruskal-Wallis más pruebas de múltiples comparaciones ( $p \leq 0,05$ ).

De manera adicional y con el fin de profundizar la caracterización y la comparación propuestas en el primer objetivo, se calcularon las regresiones lineales y los coeficientes de correlación de Pearson entre el promedio de los productores y la edad de las aves para cada variable.

Los datos fueron procesados utilizando el software Excel de Microsoft y para su análisis se utilizó el software Statistix 8<sup>®</sup> (Analytical Software 2003, Tallahassee, FL).

La información de los valores propuestos por las diferentes líneas comerciales fue obtenida directamente desde los respectivos manuales de manejos de Hy-Line (2016), Lohmann Tierzucht (2012) e ISA (2010) y se utilizó para poder comparar el desempeño de aquellos productores que utilizaban cada línea comercial en relación a lo estipulado por su respectivo manual de producción.

## RESULTADOS

Con el fin de proteger los intereses de cada productor, se codificó el nombre de cada uno de ellos en una letra aleatoriamente asignada entre la A y la L. Se analizaron un total de 570 huevos blancos, provenientes de 8 productores que participaron del estudio. A través del formulario que se solicitó al momento del muestreo se recopiló la siguiente información: del total de los productores (8, equivalente al 100%), 5 de ellos (62,5%) utilizan gallinas pertenecientes a la línea comercial Hy-Line W36; 2 (25%) Lohmann LSL-Lite; y 1 (12,5%) Bovans White. Además, todos utilizan métodos automáticos de recolección de huevos.

Los resultados que se exponen en este estudio responden a los objetivos planteados en el mismo, y se exhiben en forma cuantitativa para permitir comprender la situación nacional en lo que a la calidad de los huevos respecta. Se detallan los resultados de las mediciones que se realizaron para poder comparar tanto los productores entre sí, como el comportamiento de los atributos de los huevos con el paso de las semanas del ciclo de postura de las aves.

En las Tablas N°1 y N°2 se resumen, respectivamente, los promedios del peso, la resistencia al quiebre y el grosor de la cáscara de los huevos según productor y los valores promedio de la altura de la albúmina, Unidades Haugh y pigmentación de la yema también según productor.

**Tabla N°1. Peso, resistencia al quiebre y grosor de la cáscara de huevos según productor, expresados como promedio junto a su desviación estándar y coeficiente de variación**

Productor	Peso (g)			Resistencia (kg)			Grosor (mm)		
	Promedio	D.E	C.V.(%)	Promedio	D.E	C.V.(%)	Promedio	D.E	C.V.(%)
<b>A</b>	60,4 <sup>a</sup>	± 7,4	12	3,8 <sup>a</sup>	± 0,36	10	0,39 <sup>ab</sup>	± 0,02	4
<b>C</b>	60,0 <sup>a</sup>	± 2,8	5	3,6 <sup>a</sup>	± 0,42	12	0,39 <sup>ab</sup>	± 0,02	5
<b>D</b>	63,9 <sup>b</sup>	± 5,7	9	4,9 <sup>c</sup>	± 0,54	11	0,43 <sup>ef</sup>	± 0,01	3
<b>E</b>	62,4 <sup>ab</sup>	± 3,4	5	4,5 <sup>bc</sup>	± 0,42	10	0,43 <sup>f</sup>	± 0,00	1
<b>F</b>	61,8 <sup>ab</sup>	± 6,4	10	3,9 <sup>ab</sup>	± 0,39	10	0,39 <sup>bc</sup>	± 0,02	5
<b>H</b>	60,7 <sup>a</sup>	± 5,0	8	4,7 <sup>c</sup>	± 0,36	8	0,41 <sup>cd</sup>	± 0,02	6
<b>J</b>	60,9 <sup>ab</sup>	± 6,2	10	4,6 <sup>c</sup>	± 0,66	15	0,41 <sup>de</sup>	± 0,02	4
<b>L</b>	60,6 <sup>a</sup>	± 3,5	6	3,6 <sup>a</sup>	± 0,36	10	0,38 <sup>a</sup>	± 0,01	3

*Letras en la misma columna con diferentes superíndices indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).*

**Tabla N°2. Altura de albúmina, Unidades Haugh y pigmentación de la yema de huevos según productor, expresados como promedio junto a su desviación estándar y coeficiente de variación**

Productor	Altura albúmina (mm)			Unidades Haugh (U.H)			Pigmentación (DSM Yolk Fan)		
	Promedio	D.E	C.V.(%)	Promedio	D.E	C.V.(%)	Promedio	D.E	C.V.(%)
<b>A</b>	6,9 <sup>cd</sup>	± 0,3	5	82,4 <sup>c</sup>	± 4,0	5	7,2 <sup>b</sup>	± 0,8	11
<b>C</b>	5,8 <sup>ab</sup>	± 0,4	7	73,9 <sup>a</sup>	± 3,8	5	11,2 <sup>d</sup>	± 0,4	4
<b>D</b>	6,2 <sup>abc</sup>	± 0,4	7	76,7 <sup>a</sup>	± 1,8	2	8,7 <sup>c</sup>	± 0,5	6
<b>E</b>	7,0 <sup>d</sup>	± 1,1	16	81,9 <sup>bc</sup>	± 7,1	9	8,8 <sup>c</sup>	± 0,9	10
<b>F</b>	6,1 <sup>ab</sup>	± 1,3	21	75,1 <sup>a</sup>	± 9,0	12	6,3 <sup>a</sup>	± 0,4	7
<b>H</b>	6,1 <sup>ab</sup>	± 0,9	14	75,7 <sup>a</sup>	± 7,6	10	11,6 <sup>d</sup>	± 0,6	5
<b>J</b>	6,4 <sup>bcd</sup>	± 0,6	9	77,7 <sup>ab</sup>	± 5,4	7	7,6 <sup>b</sup>	± 1,6	21
<b>L</b>	5,6 <sup>a</sup>	± 0,2	4	73,2 <sup>a</sup>	± 2,6	4	6,1 <sup>a</sup>	± 0,5	8

*Letras en la misma columna con diferentes superíndices indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ).*

En todas las variables analizadas se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre algunos productores. La mayor cantidad de diferencias entre productores se produjo en el grosor de la cáscara y la menor corresponde al peso de los huevos. En el caso de las Unidades Haugh, el Productor A fue muy diferente a la mayoría del resto de los productores, salvo por el productor E.

El resultado promedio del peso, resistencia al quiebre y grosor de la cáscara del huevo según rango etario de las aves al momento de la postura se muestran en la Tabla N° 3, y las variables altura de la albúmina, Unidades Haugh y pigmentación de la yema según rango etario se muestran en la Tabla N° 4.

**Tabla N°3. Peso, resistencia al quiebre y grosor de cáscara según rango etario de las aves, expresados como promedio junto a su desviación estándar y coeficiente de variación**

Edad	Peso (g)			Resistencia (kg)			Grosor (mm)		
	Promedio	D.E	C.V.(%)	Promedio	D.E	C.V.(%)	Promedio	D.E	C.V.(%)
<b>20</b>	52,3	± 4,1	8	4,5	± 0,59	13	0,40	± 0,02	5
<b>40</b>	59,5	± 1,9	3	4,4	± 0,71	16	0,40	± 0,02	6
<b>60</b>	61,4	± 2,0	3	4,3	± 0,56	13	0,41	± 0,02	6
<b>80</b>	65,6	± 4,5	7	4,2	± 0,57	13	0,41	± 0,02	5
<b>100</b>	64,4	± 2,4	4	4,0	± 0,52	13	0,40	± 0,03	6
<b>120</b>	62,4	± 2,2	4	3,2	± 0,14	4	0,37	± 0,01	4

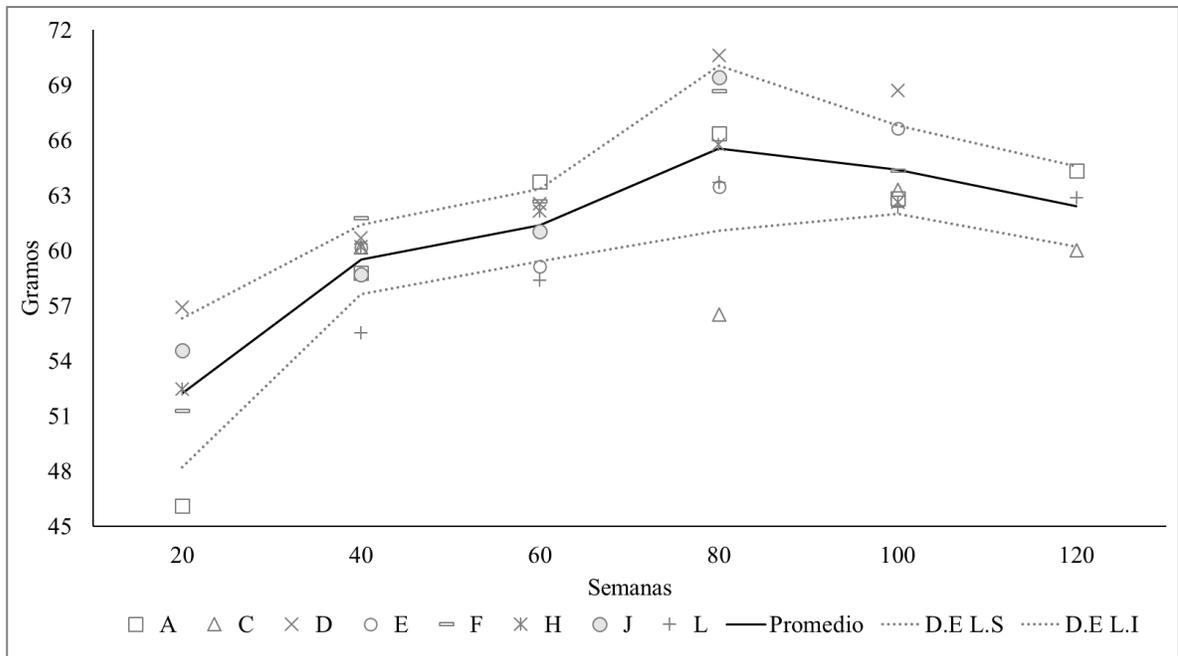
**Tabla N°4. Altura de albúmina, Unidades Haugh y pigmentación de la yema de huevos según rango etario, expresadas como promedio junto a su desviación estándar y coeficiente de variación**

Edad	Altura albúmina (mm)			Unidades Haugh (U.H)			Pigmentación (DSM Yolk Fan)		
	Promedio	D.E	C.V.(%)	Promedio	D.E	C.V.(%)	Promedio	D.E	C.V.(%)
<b>20</b>	6,8	± 0,72	11	83,7	± 5,9	7	8,6	± 2,2	26
<b>40</b>	6,4	± 0,87	14	79,0	± 6,0	8	8,0	± 1,9	24
<b>60</b>	5,8	± 0,74	13	74,2	± 5,7	8	8,2	± 2,4	30
<b>80</b>	6,3	± 0,76	12	76,1	± 5,4	7	8,4	± 2,0	24
<b>100</b>	6,5	± 0,67	10	78,1	± 4,5	6	8,8	± 2,3	26
<b>120</b>	5,6	± 0,74	13	72,2	± 5,3	7	8,6	± 2,8	32

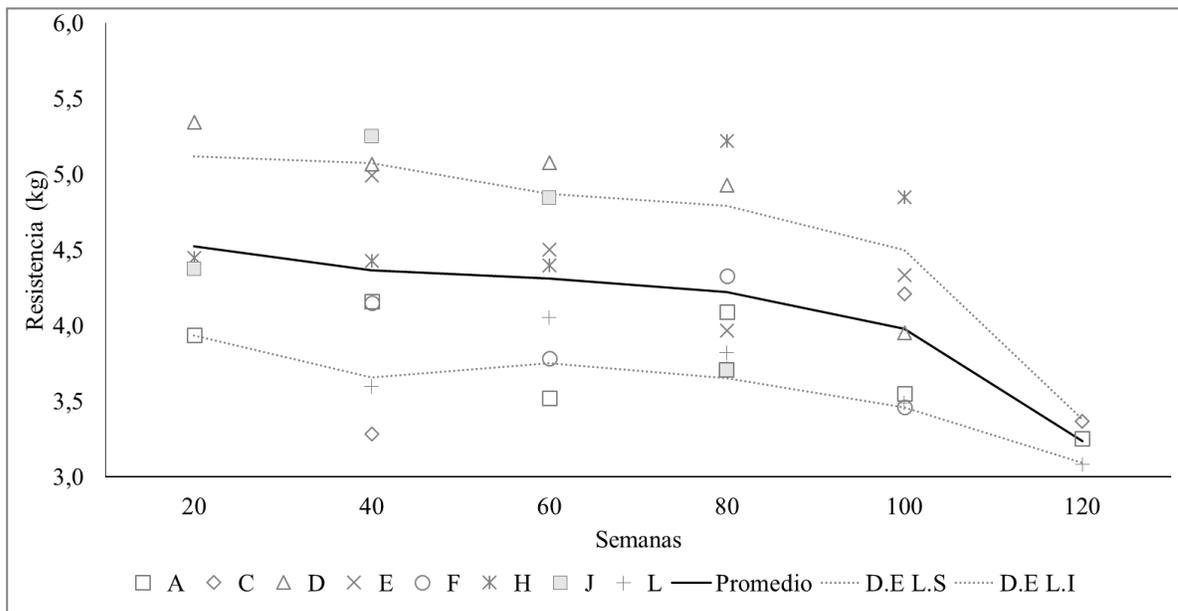
El peso del huevo aumentó desde la semana 20 hasta la 80, donde comenzó a disminuir. La resistencia al quiebre fue disminuyendo constantemente desde la semana 20 hasta la 120. El grosor de la cáscara no varió sustancialmente a lo largo del ciclo salvo en los huevos puestos por aves de 120 semanas de edad, donde se observa un valor inferior al resto de las semanas.

A la hora de evaluar el comportamiento de la altura de la albúmina, las Unidades Haugh y la pigmentación de la yema no se distingue ningún patrón a través del paso de las semanas. A modo general, las mayores diferencias se observan entre las semanas 100 y 120 para las distintas variables.

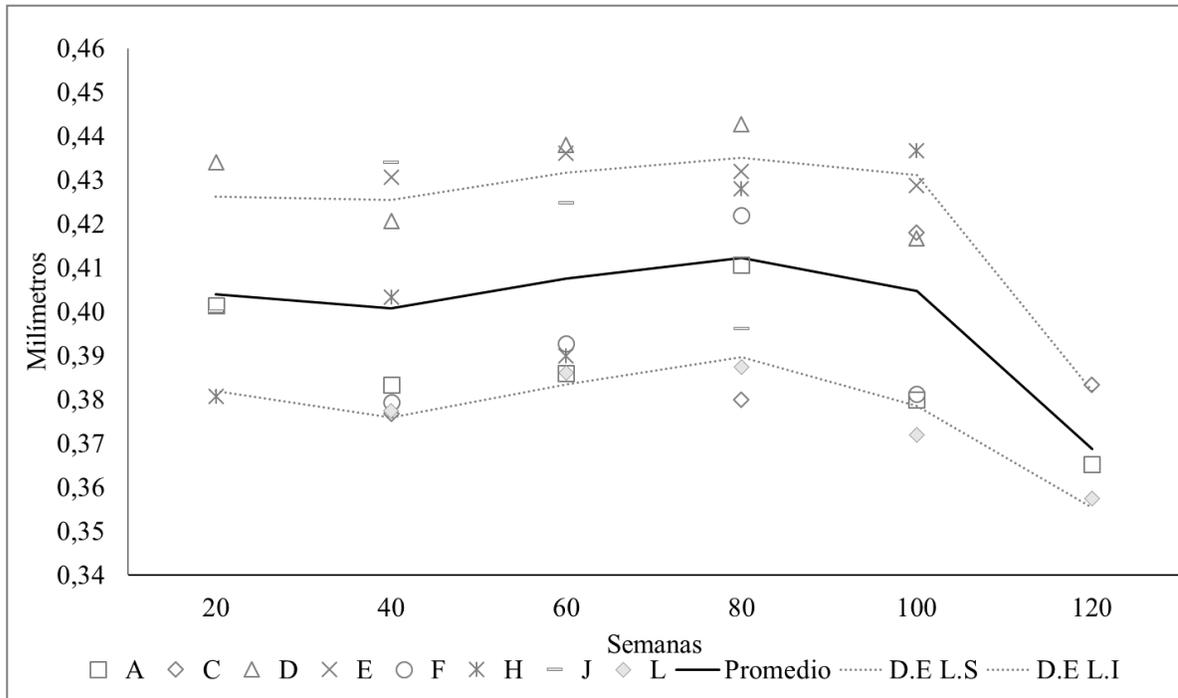
Los resultados de cada variable provenientes de cada productor en función de la edad de las aves se exponen a continuación en las Figuras N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6, donde las variables son peso del huevo, resistencia al quiebre, grosor de la cáscara, altura de la albúmina, Unidades Haugh y pigmentación de la yema, respectivamente.



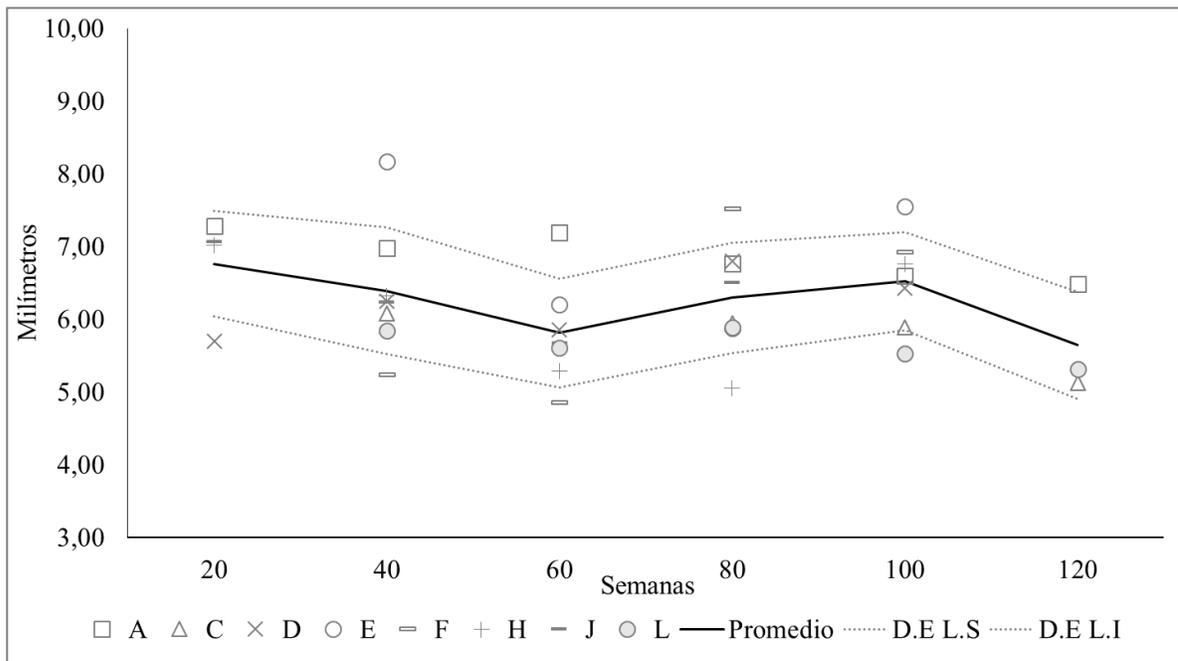
**Figura N°1. Peso de huevo según productor en función de la edad de las aves**  
*(Las líneas punteadas indican el límite de la desviación estándar superior e inferior)*



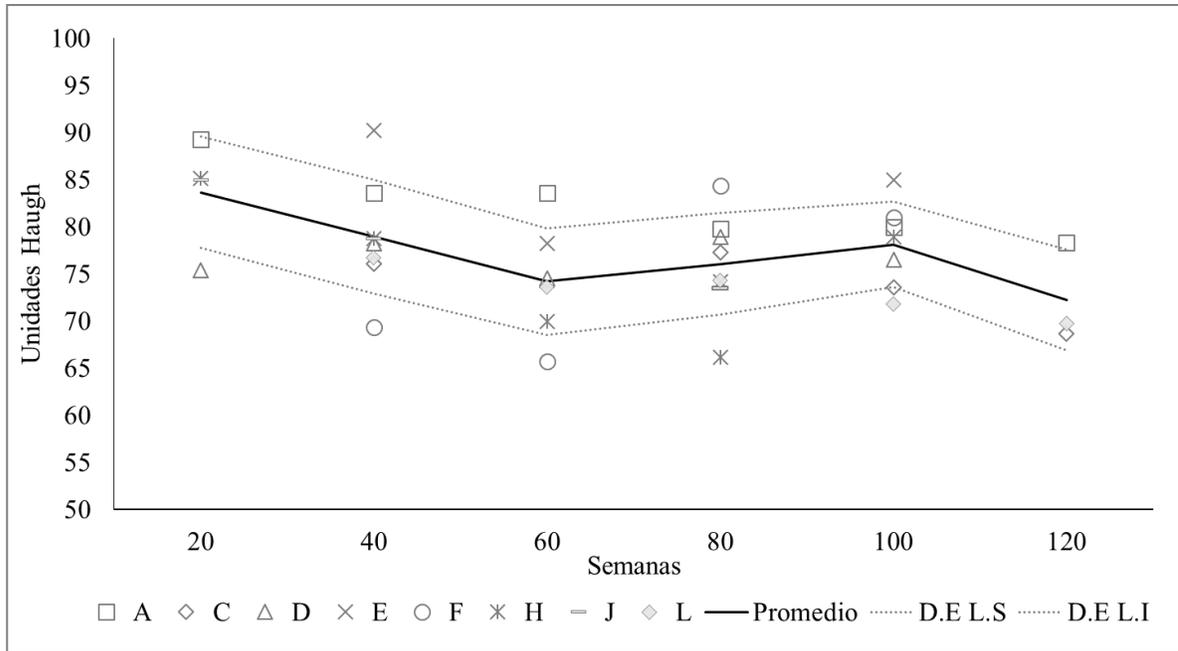
**Figura N°2. Resistencia al quiebre de los huevos según productor en función de la edad de las aves**  
*(Las líneas punteadas indican el límite de la desviación estándar superior e inferior)*



**Figura N°3. Grosor de la cáscara de los huevos según productor en función de la edad de las aves**  
*(Las líneas punteadas indican el límite de la desviación estándar superior e inferior)*

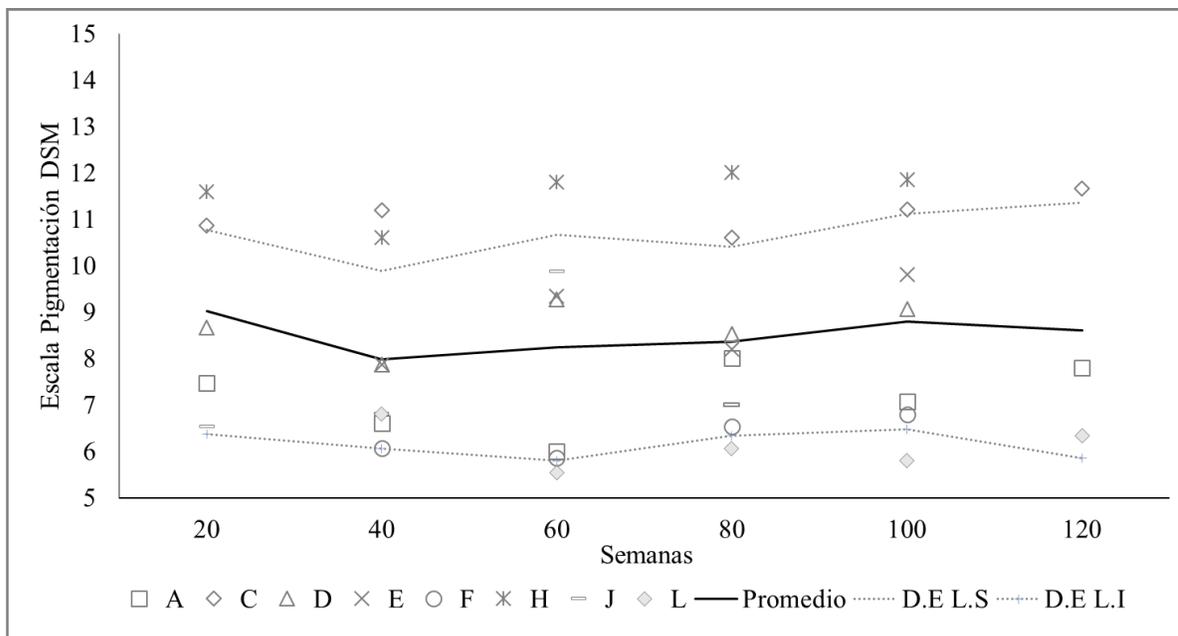


**Figura N°4. Altura de la albúmina de los huevos según productor en función de la edad de las aves**  
*(Las líneas punteadas indican el límite de la desviación estándar superior e inferior)*



**Figura N°5. Unidades Haugh de los huevos según productor en función de la edad de las aves**

*(Las líneas punteadas indican el límite de la desviación estándar superior e inferior)*



**Figura N° 6. Pigmentación de los huevos según productor en función de la edad de las aves**

*(Las líneas punteadas indican el límite de la desviación estándar superior e inferior)*

El comportamiento de cada productor en las distintas variables a lo largo del ciclo productivo se puede recuperar a partir de la observación de las Figuras anteriormente expuestas. La inclusión de los límites superiores e inferiores de la desviación estándar permite establecer un valor de referencia para estimar la variación general de cada variable.

El Productor E obtuvo valores promedio por sobre la media en todas las variables consideradas en este estudio. Por el contrario, el Productor L se encontró por debajo de la media en todas las variables a lo largo del ciclo de postura.

El mayor margen de diferencia entre la desviación estándar y el valor promedio de una variable se observó en la pigmentación de la yema, donde la diferencia entre la desviación estándar y el promedio correspondía a un 32,04% en la semana 120 de edad de las aves de postura. Por otra parte, el menor margen de diferencia se encontró en el peso del huevo, donde la diferencia correspondía a un 3,16% del promedio durante la semana 40 de edad.

A través del cálculo de regresiones lineales y coeficientes de correlación de Pearson se evaluaron las relaciones entre el promedio de todos los productores para cada variable y la edad de las aves. Los resultados de los coeficientes de correlación ( $r$ ) y los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) se detallan en la Tabla N° 5 a continuación.

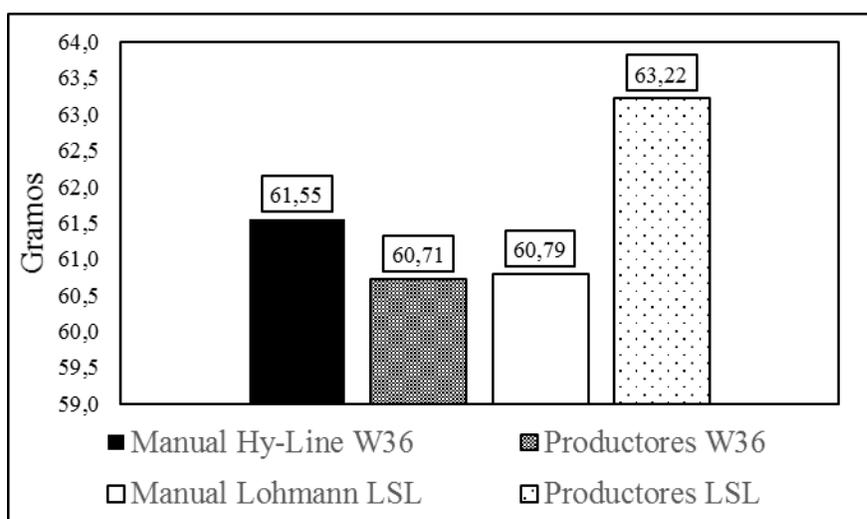
**Tabla N°5. Coeficientes de determinación y correlación lineal entre las distintas variables y la edad de las aves**

<b>Variable</b>	<b>Coefficiente correlación</b>	<b>Coefficiente determinación</b>
<b>Peso</b>	0,78	0,612
<b>Resistencia</b>	-0,89	0,790
<b>Grosor</b>	-0,54	0,296
<b>Altura albúmina</b>	-0,59	0,345
<b>Unidades Haugh</b>	-0,77	0,591
<b>Pigmentación yema</b>	-0,07	0,004

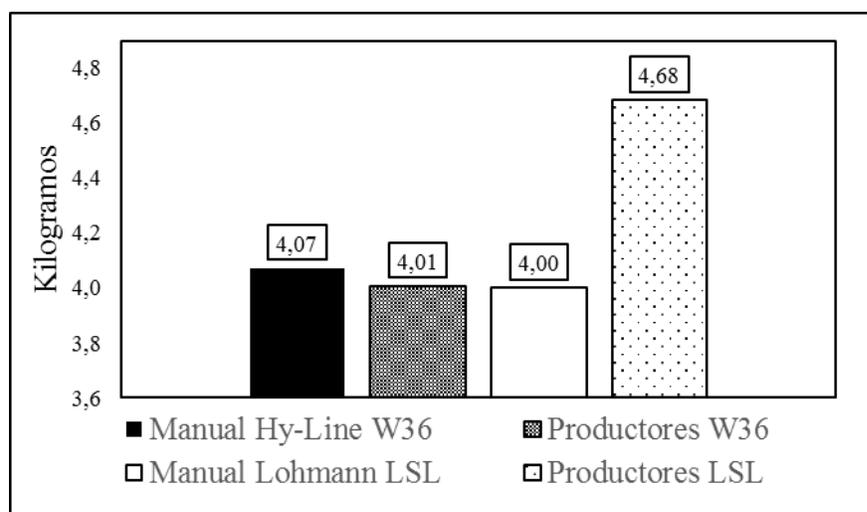
En las Figuras N° 7, 8 y 9 se presentan respectivamente los valores promedios del peso, resistencia al quiebre y las Unidades Haugh que se compararon entre lo esperado según los manuales de las líneas comerciales Hy-Line W36 y Lohmann LSL White y los valores obtenidos de los productores que utilizan dichas líneas comerciales. Para proteger los

intereses de los productores no se incorporaron los valores del manual de la línea comercial Bovans White ni los resultados de este estudio de dicha línea, ya que sólo un productor utiliza esta estirpe.

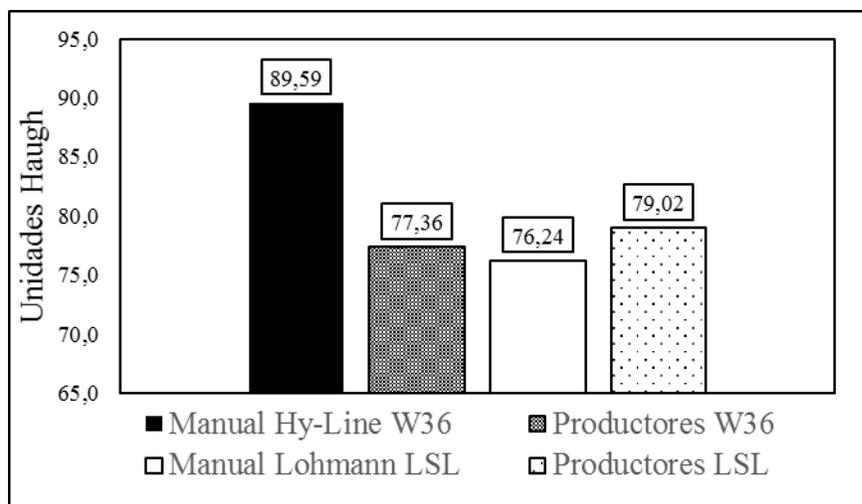
Sólo se graficaron las variables peso, resistencia al quiebre y Unidades Haugh ya que son las únicas cuyos valores se especifican en los manuales productivos de las distintas líneas comerciales.



**Figura N° 7. Comparación del peso de los huevos entre los valores de los manuales genéticos y productores nacionales**



**Figura N° 8. Comparación de la resistencia al quiebre de los huevos entre manuales genéticos y productores nacionales**



**Figura N° 9. Comparación de las Unidades Haugh de los huevos entre manuales genéticos y productores nacionales**

Para todas las variables consideradas en esta comparación, los valores indicados por los manuales de aves estirpe Hy-Line W36 fueron superiores a aquellos esperados para los huevos de aves de Lohmann LSL, observándose la mayor diferencia en las Unidades Haugh. Por otra parte, los promedios de los productores de Lohmann LSL fueron superiores a aquellos de Hy-Line W36 en todas las variables, e incluso por encima de lo estipulado por el manual de dicha línea en todas las variables.

El valor promedio de productores de huevos de aves Hy-Line W36 estuvo por debajo de lo indicado en el manual comercial de su respectiva estirpe en todas las variables, encontrándose más cerca del promedio esperado para las aves Lohmann LSL.

Finalmente, se generó una base de datos completa con todos los antecedentes recopilados de los distintos productores y los resultados obtenidos de los análisis de todos los huevos con las respectivas variables. Este documento quedó a disposición de DSM Nutritional Products para que se pueda utilizar a futuro en la elaboración de informes y tener una sólida base de datos que permita contar con parámetros de comparación y evaluación de la calidad de huevos a futuro. A dicha base de datos se le podrán ingresar más datos a medida que se realicen más análisis, permitiendo de esta manera mantener los valores actualizados a la realidad del momento.

## DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio fue caracterizar la calidad interna y externa de huevos blancos en los principales planteles productivos del país, entendiéndose caracterizar como la presentación o descripción de algo con sus rasgos característicos de la manera más clara posible. Con tal fin, se analizaron las distintas variables y se obtuvieron los resultados anteriormente expuestos, los cuales a continuación son evaluados en detalle.

Una de las ventajas en cuanto al análisis de los atributos en este estudio en comparación a muchos de otros estudios realizados con objetivos similares, tales como los llevados a cabo por Lordelo *et al.* (2017) y Rath *et al.* (2015) por ejemplo, es que en este caso, salvo las mediciones del grosor de la cáscara, todos los atributos se analizan completamente por el Medidor Digital de Huevo DET600 marca NABEL Co ®, lo que permite eliminar la subjetividad y el sesgo de la interacción humana a la hora de realizar los análisis.

Varios autores, como Ledvinka *et al.* (2012) y Roberts (2004) coinciden en que la calidad de los huevos es afectada por una serie de factores de naturaleza interna (influencia genética, edad de las aves y etapa del ciclo de postura) y externa (nivel nutricional, calidad del agua, parámetros del microclima y sistema productivo). Teniendo en cuenta esto, es esperable que se observe una diferencia significativa entre los distintos productores a la hora de evaluar los diferentes atributos, ya que todos tienen, entre otras cosas, distintos sistemas productivos en lo que respecta a formulación de raciones y estirpes de aves. Además, provienen de sectores con ciertas diferencias geográficas, por lo que están expuestos a diferentes condiciones lo que, inevitablemente, implica diferencias ambientales.

De esta forma, se observaron diferencias en la pigmentación de la yema, la cual según Karunajeewa *et al.* (1984), puede variar dependiendo de la utilización de pigmentos (sintéticos o naturales), la genética de las aves, el sistema productivo (con o sin jaulas), la absorción de lípidos y antioxidantes a nivel intestinal, las cantidades excesivas de vitamina A y calcio en las dietas y, por último, la utilización de antibióticos y otros fármacos. Todos estos factores se siguen considerando relevantes hasta el día de hoy y es esperable que varíen en mayor magnitud entre productores debido a los distintos protocolos de producción, tratamientos, formulación de raciones y factores ambientales, a diferencia de lo

que ocurre con otros atributos, como el peso del huevo, ya que si bien están sujetos a las mismas variaciones mencionadas anteriormente, el producto final varía en un rango de diferencia menor a lo que lo hace el color de la yema.

Luego de analizar 5.763 huevos, Silversides y Scott (2001) determinaron que el peso de los huevos aumentaba significativamente durante las primeras 60 semanas de edad de las aves en dos líneas comerciales diferentes. Estos resultados se corresponden con los obtenidos por Shalev y Pasternak (1993) que luego de recopilar los datos de 3 años en diferentes aves comerciales también establecieron que el peso del huevo aumentaba constantemente a medida que aumentaba la edad de las aves independiente de la estirpe, desde la semana 20 hasta la 70. Ambos trabajos coinciden con los resultados expuestos en este estudio, donde se observa un aumento del peso promedio de los huevos que va desde los 52,27 g en la semana 20 hasta los 61,39 g en la semana 60 e incluso 65,57 g en la semana 80. Luego de este rango de semanas, se asume un impacto de la pelecha en las aves sobre el peso del huevo por lo que no se compararon los resultados con los estudios recién mencionados.

Menezes *et al.* (2012), tras analizar 528 huevos de gallinas ponedoras, encontraron que la altura de la albúmina disminuía en el transcurso de las semanas hasta la semana 50, resultados que se corresponden a los de este estudio donde el valor de la altura de la albúmina pasa de 6,76 mm a 5,81 mm en las semanas 20 y 60 respectivamente.

De igual manera, Menezes *et al.* (2012) determinaron que, independiente de las condiciones de almacenamiento de los huevos, siempre había una disminución de las Unidades Haugh. Al igual que en el caso de la altura de la albúmina, los resultados de la medición de Unidades Haugh en este estudio también coincidieron con su trabajo, ya que pasaron de 83,67 en la semana 20 hasta un 74,18 para la semana 60.

Acorde a la literatura, Giampietro-Ganeco *et al.* (2012) explican que la disminución de la calidad interna de los huevos (altura de la albúmina y Unidades Haugh) está vinculada principalmente a la pérdida de agua y dióxido de carbono, lo que ocurre desde la postura y durante todo el período de almacenamiento, siendo además proporcional al aumento de temperatura ambiental. Este aumento de temperatura acelera las reacciones fisicoquímicas que llevan a la degradación de las proteínas estructurales presentes en albumen denso.

Producto de estas reacciones el agua unida a las proteínas se transfiere a la clara por osmosis con la consecuente alteración de la altura.

Williams (1992) destaca que, de los atributos propios de las aves, salvo las enfermedades, la edad es el principal factor que influye en las Unidades Haugh. Las diferencias entre estirpes, si bien se han observado, son comparativamente menores y de pequeño impacto. Las condiciones ambientales sobre las aves durante la postura, incluso el estrés térmico, parecieran no tener un impacto directo en la calidad del albumen, pero la temperatura sí influiría directamente sobre el huevo entre el momento de la postura y la recolección.

En distintos estudios se expone que el grosor de la cáscara disminuye a medida que aumenta la edad de las aves. De esta misma manera, Roland (1979) demostró que el grosor del cascarón disminuía desde los 0,67 mm a las 32 semanas hasta 0,35 a las 70 semanas.

Con relación a lo anterior, Rodríguez-Navarro *et al.* (2002) mencionan que de acuerdo a la literatura está claro que, tal como exponen Sun *et al.* (2012), en la mayoría de los casos, existe una relación lineal entre el grosor del cascarón y la resistencia al quiebre del mismo, lo cual se explica debido a variables como el tamaño del huevo o su curvatura. Postula además en su estudio que la resistencia al quiebre no se debe solo a esto sino de manera importante a la ultraestructura del huevo y las características cerámicas del cascarón. Obtuvo, concordantemente con el presente estudio, que la resistencia al quiebre disminuye a medida que las aves envejecen. Se obtuvo así que la resistencia al quiebre de los huevos disminuyó constantemente desde la semana 20 hasta la 120, con valores de 4,53 kg hasta 3,23 kg, respectivamente.

En este estudio no se observa tendencia alguna en cuanto a la variación de la pigmentación de la yema con relación al transcurso de las semanas del ciclo de postura. Esto coincide con lo expuesto por Karunajeewa *et al.* (1984), quienes no mencionan la edad como un factor determinante en el nivel de pigmentación de la yema de los huevos.

De acuerdo a Giacomozzi (2014), según los datos elaborados por ODEPA, INE y CHILEHUEVOS durante los últimos años, la producción nacional de huevos ha registrado una tasa de crecimiento promedio anual del 2,8%. Los factores que explicarían este crecimiento son la incorporación de nuevas tecnologías, el manejo genético (mejor conversión de alimento, mayor productividad por ave), las inversiones en infraestructura, y

el mejoramiento continuo de la sanidad de las aves. Esta información, junto a lo planteado por Ledvinka *et al.* (2012) y Roberts (2004), que hace relación a los factores que influyen en los atributos de los huevos, permite comprender las diferencias de comportamiento entre las distintas variables de los huevos producidos por diferentes productores a lo largo de las semanas del ciclo de postura, observación que se deduce de las Figuras N° 1, 2, 3, 4, 5 y 6, ya que al considerar la cantidad de factores que inciden en la calidad de los huevos es esperable que cada productor, sujeto a sus propias capacidades, tecnologías, manejos y ambiente, obtenga resultados significativamente diferentes.

Ahmadi y Rahimi (2011) afirman que dentro de los diferentes componentes que determinan la calidad interna del huevo está la coloración de la yema (en este estudio medido como pigmentación de la yema) y que la preferencia de la coloración varía considerablemente dependiendo de la parte del mundo donde se comercialicen los huevos. Por ejemplo, en Australia prefieren huevos con una yema de color grado 11 utilizando la misma escala que la que se utilizó en este estudio. En base a lo anterior y en conjunto a los resultados de este estudio, que muestran que el valor promedio de coloración de la yema es de 8,37, se podría inferir que el mercado nacional tiene una preferencia de yemas más clara que la de Australia.

Con relación a lo anterior, Jacob *et al.* (2000) comentan que la pigmentación de la yema depende de la dieta que reciban las aves, dependiendo también de la inclusión de pigmentos artificiales o naturales. De todas formas, en cualquier encuesta de calidad de huevos que se haga a los consumidores, el grado de preferencia de la coloración dependerá del país donde se realice, yendo desde mercados que prefieren yemas claras hasta otros que aprecian una yema de coloración naranja oscuro. Al no existir una normativa en Chile (ni en la mayoría de los países) que regule los grados de coloración de la yema, queda en manos de los productores decidir qué niveles desean alcanzar y qué estrategias de comercialización utilicen (objetivos de mercado por ejemplo). Por lo tanto, es comprensible el amplio margen de variación entre los distintos niveles de pigmentación de la yema que existe entre los diferentes productores, información expuesta en la Figura N° 6.

Travel *et al.* (2011) explican que, en la naturaleza, las aves pasan por un período de muda donde renuevan su plumaje y el tracto reproductivo realiza un proceso de regresión.

Actualmente, en Estados Unidos (al igual que en Chile) es una práctica habitual inducir la muda en aves comerciales entre las semanas 60 y 80 de edad. Esto permite alargar la vida productiva de un ave de postura hasta los 110 días o incluso 140 si se realiza una segunda muda. Esto es posible debido a que después del período de la muda, en las aves ocurre una reactivación del tracto reproductivo, donde alcanzan niveles productivos similares a los de aves jóvenes.

Bell (2003) expone que la principal diferencia en el rendimiento de las aves de postura comparando los ciclos de postura se observan en el peso de los huevos, donde los huevos pesan en promedio 57,4 g a las 30 semanas del primer ciclo, pero 63,4 g en el segundo. En el presente estudio no se compararon los resultados de los productores post-muda, sin embargo, en la Tabla N° 3 y la Figura N° 1, se puede observar que los pesos de los huevos alcanzaron el *peak* en la semana 80 de edad, pero a partir de este momento disminuyeron.

Esto puede deberse a varios motivos. Existen distintos tipos de protocolos e intensidades para llevar a cabo la muda forzada de las aves, los cuales pueden variar no sólo entre los que se utilicen en Chile o en Estados Unidos, sino que también entre los productores del mismo país. Por otro lado, Travel *et al.* (2011) explican que el proceso de la muda por parte de las aves es un proceso altamente complejo que involucra al sistema endocrino, tejido reproductivo, tejido linfóide y al sistema inmune y, por lo tanto, es posible que existan resultados diferentes en los segundos ciclos de posturas realizados, obteniendo diferentes resultados, en este caso más livianos, en relación al peso de los huevos.

Respecto al resto de los niveles de calidad del huevo, la mayoría disminuye a medida que avanza la edad de las aves, pero generalmente la mejoría de estos mismos es notoria tras la muda y en los resultados del segundo ciclo, explica Bell (2003). De igual manera a lo sucedido con el peso de los huevos estudiados en el presente trabajo, si se compararan los resultados de la resistencia al quiebre y el grosor de la cáscara entre las semanas 80 y 100 donde deberían reflejarse los resultados de los huevos del segundo ciclo, se observan resultados menores en ambos parámetros. Sólo la altura de la albúmina y las Unidades Haugh marcaron un leve aumento entre las semanas mencionadas, pero ya en la semana 120 vuelve a reflejarse un valor drásticamente menor a la semana 80. La explicación a esto podría ser la misma a la explicada en el párrafo anterior.

Si bien el objetivo de este estudio no fue determinar qué función se ajusta mejor para representar los datos, los promedios de todos los productores entre las distintas variables consideradas en este estudio y la edad de las aves al momento de la postura se evaluaron a través de regresiones lineales y coeficientes de correlación de Pearson para establecer si existía o no una relación lineal entre las variables. Se obtuvo así el valor del coeficiente de determinación para cada variable (Tabla N° 5) tras realizar una regresión lineal entre cada variable y la edad de las aves. Todos los coeficientes de determinación resultaron en  $R^2 < 0,80$ , por lo que se determinó de esta manera que no existe una relación lineal entre las distintas variables y la edad de las aves. La resistencia al quiebre en función de la edad resultó en un coeficiente de determinación de  $R^2 = 0,79$ , considerándose también, en este caso, que no existe una relación lineal entre ambos parámetros. Salvo esta variable, todas las demás arrojaron resultados muy por debajo de lo necesario para establecer una relación lineal, ya que el valor que le sigue corresponde al peso, con un  $R^2 = 0,61$ , y por último la pigmentación de la yema con un  $R^2 = 0,004$ .

Los resultados de los coeficientes de correlación y determinación entre la edad de las aves y el peso de los huevos, por un lado, y entre la edad y la resistencia al quiebre, por el otro, se pueden comparar con los obtenidos en el estudio de Arenas (2016). En este caso los resultados de ambos estudios no coinciden, ya que Arenas (2016) determinó que tanto el peso como la resistencia al quiebre estaban relacionados linealmente con la edad de las aves y en el presente estudio, en cambio, no se obtuvo la misma condición. En cuanto al resto de las variables, no se encontraron estudios en productores de Chile que determinen estos coeficientes entre las variables de calidad del huevo y la edad de las aves.

De esta manera, las discrepancias entre los resultados obtenidos entre el estudio de Arenas (2016) y el presente, sumadas al hecho de que ninguna variable se ajustó de manera lineal a la edad de las aves, se pueden atribuir al hecho de que se incorporaron huevos puestos por aves de 120 semanas, mayores que las del estudio de Arenas (2016) y esto habría incidido en que la marcada variación de los resultados obtenidos de estos datos no haya permitido un ajuste lineal.

Si se observa el comportamiento del valor promedio de cada variable a través del paso de las semanas de edad de las aves desde la Figura N° 1 a la Figura N° 6 se puede apreciar

que, efectivamente, no se comporta en ninguno de los casos como una recta constante a lo largo del tiempo y, por lo tanto, es entendible que no sea una función lineal aquella que mejor se ajusta en cada variable.

En base a los resultados expuestos en las Figuras N° 7, 8 y 9 se decidió comparar los parámetros generales de producción postulados por ambos manuales productivos correspondientes al de Hy-Line (2016) y al de Lohmann Tierzucht (2012) en cuanto a: huevos por ave alojada a las 60 y 90 semanas; porcentaje de mortalidad de las aves; peso promedio de las aves a las 20, 40, 60 y 80 semanas; y requerimientos nutricionales (energía y gramos por ave/edad). No se encontró ninguna diferencia significativa ni tendencia entre los parámetros.

Debido al carácter general del Formulario Muestreo de Huevos, no es posible determinar qué factores incidieron para que se hayan obtenido los resultados expuestos en este trabajo, ya que los antecedentes recopilados solo correspondían a información relacionada a la identificación de los huevos.

Es llamativa la diferencia entre los desempeños entre ambas estirpes en base a los resultados de los productores nacionales. Si bien es comprensible que existan diferencias en los resultados debido a la gran variedad de factores que inciden en los desempeños productivos, se hubiera esperado que la diferencia existente fuera menor entre las diferentes estirpes, ya que en base a lo que postulan los mismos manuales, los resultados deberían ser más similares que lo que se encontró en este estudio. Sin embargo está expuesto literalmente en los manuales que es esperable que existan diferencias entre lo sugerido por los manuales de las líneas comerciales y los resultados propios de cada productor, que como ya se mencionó, están inmersos en distintas realidades.

Aunque el objetivo del presente estudio no es comparar variables entre productores chilenos en dos años diferentes, se elaboró la siguiente Tabla N°6 con el fin de poder contrastar a grandes rasgos los resultados obtenidos en el estudio de Arenas (2016) y el presente, ya que son los resultados obtenidos de la fuente más similar posible a aquella utilizada en este estudio.

**Tabla N° 6. Resultados promedio del peso, resistencia y grosor de la cáscara entre el estudio de Arenas (2016) y el presente**

Edad	Peso (g)		Resistencia (kg)		Grosor (mm)	
	A	B	A	B	A	B
<b>20</b>	52	52	4,75	4,53	0,34	0,40
<b>40</b>	60	60	4,77	4,37	0,35	0,40
<b>60</b>	63	61	4,03	4,31	0,35	0,41
<b>80</b>	66	66	4,28	4,22	0,34	0,41
<b>100</b>	67	64	3,77	3,98	0,35	0,40

*A: Resultados de Arenas (2016). B: Resultados del presente estudio.*

Respecto a esta comparación, se destaca que en 3 de los 5 rangos de semanas los pesos coinciden exactamente en ambos estudios. En cuanto a la resistencia, se distingue la misma tendencia hacia la disminución de los valores a medida que aumentan las semanas de edad, encontrándose valores relativamente similares entre ambos estudios. Por último, en el caso del grosor del cascarón, coincide que en ambos estudios los valores no fluctúan más allá de 0,01 mm de grosor entre las distintas semanas de edad.

Se distingue una diferencia en la variación de los resultados entre las semanas 80 y 100 de edad entre ambos estudios. En el presente, todos los resultados disminuyen en la semana 100, a diferencia del estudio de Arenas (2016) donde el peso y el grosor del cascarón aumentaron en la semana 100 en relación con la 80 y sólo la resistencia disminuyó en las mismas semanas mencionadas.

Las diferencias observadas entre los resultados de Arenas (2016) y el presente estudio pueden atribuirse a varios factores, entre ellos, la incorporación de tecnologías nuevas en los últimos 3 años, las diferencias estacionales entre un estudio y otro, las diferencias entre los períodos de almacenamiento de los huevos previo al análisis, y las variaciones de las patologías presentes al momento del estudio que hayan podido ser de impacto a nivel nacional.

Mediante la evaluación de las distintas variables del huevo se pudo apreciar el comportamiento de los distintos productores a lo largo del ciclo de postura de las aves. Se pudo establecer de esta forma el desempeño de cada productor de forma individual y su ubicación precisa dentro del mercado en el que se encuentra actualmente. Esta información es de vital relevancia para la toma de decisiones por parte de cada productor, ya que pueden

analizar su situación actual y proyectar cambios o modificaciones a su sistema para modificar o mejorar su desempeño. El presente estudio sirve de esta manera como una aplicación tipo *benchmarking* para cada productor.

Las variables que se decidió examinar en este trabajo siguen siendo de utilidad en el rubro hasta el día de hoy. Se han desarrollado nuevas tecnologías (espectrometrías, cálculos de nuevos índices y otras tecnologías) que se espera tengan una potencia analítica y predictiva cada vez mejor. Se espera que los resultados de este estudio puedan servir también para comparar dicha efectividad entre los métodos que se deseen probar a futuro y aquellos utilizados en el presente trabajo, que hasta el día de hoy son considerados de utilidad contemporánea y sin el sesgo humano a la hora de obtener los resultados.

## CONCLUSIONES

Al comparar los resultados de este estudio con aquellos obtenidos por diferentes autores y publicados en varios artículos científicos, se pudo corroborar que el comportamiento de los resultados de este trabajo se corresponde con aquellos del resto de los estudios.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre todos los productores para todas las variables analizadas y los resultados promedio se detallan a continuación.

El peso del huevo aumentó con el transcurso de las semanas desde los 52,27 g en la semana 20 hasta 65,57 g en la semana 80; luego disminuyó a 64,4 g en la semana 100 y a los 62,41 g en la semana 120. La resistencia al quiebre disminuyó constantemente desde los 4,53 kg la semana 20 hasta 3,23 kg en la 120. El grosor de la cáscara no presentó tendencia alguna con el aumento de la edad de las aves variando solo 0,01 mm entre las distintas semanas (0,40 mm – 0,41 mm). No se establece un patrón en cuanto la altura de la albúmina, las Unidades Haugh y el transcurso de las semanas de edad, ya que disminuyen los valores de ambas variables entre las semanas 20 a 60, luego en la 80 y 100 aumentan, para finalmente volver a disminuir en el último rango de semanas (valores mínimos de la altura de la albúmina y Unidades Haugh fueron 5,81 mm y 72,24 U.H., respectivamente, y los máximos en cambio fueron 6,76 mm y 83,67 U.H. entre altura de la albúmina y Unidades Haugh, respectivamente). De igual manera, en la pigmentación de la yema no se establece un patrón, comenzando los valores en 8,57 (según abanico colorimétrico) y terminando en 8,60.

En la mayoría de las variables analizadas, salvo en la pigmentación de la yema, los productores presentaron resultados regulares a lo largo de la mayoría del ciclo de postura (hasta la semana 80) y que se corresponden también con otros estudios presentados en artículos científicos. En el caso de la pigmentación de la yema, no se observó un comportamiento relacionado a la edad de las aves ni un valor estándar entre la mayoría de los productores.

Los resultados del presente estudio sólo presentan diferencias con lo expuesto en la bibliografía para los últimos dos rangos de semanas evaluadas (100 y 120). Estas diferencias se podrían atribuir a la influencia de la muda o pelecha realizada en las aves para prolongar el ciclo productivo, que tal como se explicó con anterioridad, al estar sujeta

a muchos factores de incidencia, se pueden obtener distintos resultados. Además, luego de repasar la gama de elementos que juegan un rol fundamental en la producción de huevos, podrían considerarse otras posibilidades, como el impacto de patologías en los planteles productivos asociados o no a la estacionalidad o a la condición sanitaria nacional, la modificación de manejos de todo tipo, y otras opciones. Como no se incluyó en los objetivos de este trabajo, sería interesante realizar un estudio particularmente enfocado en determinar el impacto de la muda sobre los atributos cuantitativos de los huevos producidos en el país.

Además de las diferencias encontradas entre los últimos dos rangos de semanas de edad analizadas en este estudio (80 y 100), no se determinan los motivos de la variación encontrada entre los productores y las diferentes estirpes de aves que utilizan, ya sea la diferencia entre los productores y su línea comercial correspondiente como entre productores de diferentes líneas comerciales.

Sería necesario llevar a cabo más estudios enfocados en comparar los desempeños entre productores y también entre los resultados de los productores y lo propuesto por los manuales comerciales, de tal manera de poder establecer los motivos que explicarían las diferencias observadas en el presente trabajo.

La información generada en el presente estudio podría ser utilizada para compararse en nuevos análisis que se realicen para evaluar la calidad externa e interna de los huevos, pudiendo establecer diferencias estacionales, variación e impacto de los tiempos de almacenamiento previo al análisis, y enfocar los estudios futuros en el impacto de la pelecha sobre las distintas variables de calidad de los huevos. Incluso podría considerarse la variación no solo estacional sino regional de los productores de Chile para evaluar el impacto de la zona geográfica donde se producen los huevos. Por último, sería interesante utilizar los datos de este estudio y aquellos que se puedan obtener a futuro para correlacionar estadísticamente las distintas variables no sólo en función de la edad, de modo de establecer correctamente las relaciones entre los atributos que caracterizan al huevo.

Todo lo mencionado en el párrafo anterior sería información de valiosa utilidad tanto para el ámbito académico como para el rubro productivo del país.

A lo largo de la búsqueda bibliográfica para temas relacionados a este estudio, fue posible encontrar varios artículos científicos que datan de 1980 hacia atrás, pero a pesar de esto siguen siendo citados y considerados vigentes en los estudios más recientes, lo que de alguna manera valida la incorporación de dichos artículos en el presente estudio, ya que se asume que la información proveniente de estos sigue siendo confiable.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AHMADI, F.; RAHIMI, F.** 2011. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: a review. *World Appl. Sci. J.* 12(3):372-84.

**AMEVEA (ASOCIACIÓN DE MÉDICOS VETERINARIOS ESPECIALISTAS EN AVICULTURA DE CHILE).** 2014. El sector de huevo en Chile, 2014. [en línea] <<http://www.ameveachile.cl/cms/noticias/?mod=MTI=>> [consulta 10-11-2018]

**ARANEDA, R.** 2006. Percepción de calidad de huevo vista por un grupo de consumidores del gran Santiago. Título Profesional de Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 28 p.

**ARENAS, C.** 2016. Caracterización de la calidad de cáscara de huevo blanco en planteles avícolas comerciales en Chile y su relación con determinados factores de producción. Título Profesional de Médico Veterinario. Santiago, Chile. U. Chile, Fac. Cs. Veterinarias y Pecuarias. 12 p.

**BELL, D.** 2003. Historical and current molting practices in the U.S. table egg industry. *Poult. Sci.* 82(6):965-970.

**BUTCHER, G.; MILES, R.** 2015. Concepts of Eggshell Quality. [en línea] EDIS University of Florida IFAS Extension. <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/VM/VM01300.pdf>> [consulta: 08-03-2018].

**CAVERO, D.** 2016. Calidad huevo: La calidad interna en el punto de mira. [en línea]. *AviNews América Latina*. Febrero 2016: 61-72. <<https://avicultura.info/calidad-huevo-en-el-punto-de-mira-calidad-interna/>> [consulta: 08-03-2018].

**CHINGAL, R.** 2015. Evaluación física, química y microbiológica de huevos comerciales de gallina, durante su almacenamiento (32 días), bajo diferentes condiciones ambientales. Título Profesional de Químico de Alimentos. Quito, Ecuador. U. Cent. Ecuador. Fac. Cs. Químicas. 44 p.

**CHUKWUKA, O.** 2011. Egg quality defects in poultry management and food safety. *Knowledge Review, Malaysia. Asian. J. Agric. Res.* 5(1):1-16.

**CORNEJO, S.; HIDALGO, H.; ARAYA, J.; POKNIAK, J.** 2008. Suplementación de dietas de gallinas de postura comercial con aceites de pescado de diferentes grados de

refinación: efectos productivos en las aves y en la calidad organoléptica de los huevos. Arch. Med. Vet. 40(1):45-50.

**COVACEVIC, G.; ESNAOLA, V.** 2008. Producción de huevos (situación y perspectivas). [en línea]. ODEPA. <<http://www.odepa.cl/articulo/produccion-de-huevos-situacion-y-perspectivas-2/>> [consulta: 29-03-2017].

**COVACEVIC, G.; ESNAOLA, V.** 2010. Producción de huevos. [en línea]. ODEPA. <[http://www.colegioveterinario.cl/adjuntosNoticias/informe\\_huevos\\_odepa.pdf](http://www.colegioveterinario.cl/adjuntosNoticias/informe_huevos_odepa.pdf)> [consulta: 08-03-2018].

**FAO.** 2013. Revisión del desarrollo avícola. [en línea] <<http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>> [consulta: 08-03-2018].

**GIACOMOZZI, J.** 2014. Panorama y actualización del mercado del huevo. [en línea] (ODEPA). <[http://www.odepa.cl/wp-content/files\\_mf/1418835552huevos.pdf](http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1418835552huevos.pdf)> [consulta: 29-09-2017].

**GIAMPIETRO-GANECO, A.; SCATOLINI-SILVA, A.; BORBA, H.; BOIAGO, M.; LIMA, T.; SOUZA, P.** 2012. Comparative study of quality characteristics of egg stored in domestic refrigerators. Ciênc. Agrotec. 28(2):100-104.

**HY-LINE.** 2016. Guía de Manejo Ponedoras Comerciales W-36. [en línea] <[https://www.hyline.com/userdocs/pages/36\\_COM\\_SPN.pdf](https://www.hyline.com/userdocs/pages/36_COM_SPN.pdf)> [consulta: 25-03-2019]

**INE (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS).** 2015. Octubre. Informe anual agropecuario 2014. INE. Santiago. 160 p.

**ISA.** 2010. Bovans White, Guía de Manejo de la Nutrición de Ponedoras Comerciales. Boxmeer, Holanda. 11 p.

**JACOB, J.; MATHER, F.; MILES, P.; RICHARD, D.** 2000. Egg quality. Coop. Ext. Ser. 24: 5 p.

**KARUNAJEEWA, H.; HUGHES, R.; MCDONALD, M.; SHENSTONE, F.** 1984. A review of factors influencing pigmentation of egg yolks. World. Poult. Sci. J. 40(1):52-65.

**LEDVINKA, Z.; ZITA, L.; KLESALOVA, L.** 2012. Egg quality and some factors influencing it: a review. Sci. Agric. Bohem. 1:46-52.

**LOHMANN TIERZUCHT.** 2012. Lohmann LSL-Lite layers, management guide, North American edition, cage housing. [en línea] <[http://www.hylinena.com/UserDocs/products/Lohmann\\_LSL-Lite.pdf](http://www.hylinena.com/UserDocs/products/Lohmann_LSL-Lite.pdf)> [consulta: 25-03-2019]

**LORDELO, M.; FERNANDES, E.; BESSA, R.; ALVES, S.** 2017. Quality of eggs from different laying hen production systems, from indigenous breeds and specialty eggs. *Poult. Sci.* 96(5):1485-1491.

**MENEZES, P.; LIMA, E.; MEDEIROS, J.; OLIVEIRA, W.; NETO, J.** 2012. Egg quality of laying hens in different condition of storage, ages and housing densities. *R. Bras. Zootec.* 41(9):2064-2069.

**NAVARRO, M.** 2000. Estudio de factores de calidad de huevos en ponedoras Isa Brown y Shaver Cross sometidas a diferentes dosis de Esparteína y alcaloides totales de lupino. Tesis grado de Licenciado en Medicina Veterinaria. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 14 p.

**ODEPA (OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS).** 2013. Huevos [en línea] <<http://www.odepa.cl/rubro/huevos/>> [consulta: 29-03-2017].

**ORTIZ, A.; MALLO, J.** 2013. Factores que afectan a la calidad externa del huevo. *Albéitar.* 170:18-19.

**RATH, P.; MISHRA, P.; MALLICK, B.; BEHURA, N.** 2015. Evaluation of different egg quality traits and interpretation of their mode of inheritance in White Leghorns. *Vet. World.* 8(4):449-452.

**ROBERTS, J.** 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *J. Poult. Sci.* 41(3):161-177.

**RODRIGUEZ-NAVARRO, A.; KALIN, O.; NYS, Y.; GARCIA-RUIZ, J.** 2002. Influence of the microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. *Br. Poult. Sci.* 43(3):395-403.

**ROLAND, A.** 1979. Factors influencing shell quality of aging hens. *Poult. Sci.* 58(4):774-777.

- SHALEV, B.; PASTERNAK, H.** 1993. Increment of egg weight with hen age in various commercial avian species. *Br. Poult. Sci.* 34(5):915-924.
- SILVERSIDES, F.; SCOTT, T.** 2001. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poult. Sci.* 80(8):1240-1245.
- STADELMAN W.; COTTERIL, O.** 1973. *Egg Science and Technology*. Avi Pub. Co. Wesport, Connecticut, U.S.A. 314 p.
- SUN, C.; CHEN; S.; XU; G.; LIU; X.; YANG; N.** 2012. Global variation and uniformity of eggshell thickness for chicken eggs. *Poult. Sci.* 91 (10):2718–2721.
- TRAVEL, A.; NYS, Y.; BAIN, M.** 2011. *Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products*. Woodhead Publishing Series. Glasgow, United Kingdom. 300 p.
- USDA.** 2000. *Egg-Grading Manual, Agricultural Handbook Number 75*. 15 p.
- WESLEY, R.; STADELMAN, W.** 1959. Measurements of Interior Egg Quality. *Poult. Sci.* 38:474-481.
- WILLIAMS, K.** 1992. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh Unit score. *Worlds. Poult. Sci. J.* 48(1):5-16.