



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

**¿Y CUÁLES SON LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA DIVERSIFICAR EL  
CONSUMO DE HUEVO?**

**KAREN SAMIRA AVILA JAIMES**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Bogotá D.C, Colombia

2019



**¿Y CUÁLES SON LAS TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA DIVERSIFICAR EL  
CONSUMO DE HUEVO?**

**KAREN SAMIRA AVILA JAIMES**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

Director (a):

Héctor Suárez Mahecha MSc PhD

Línea de Investigación:

Diseño y desarrollo de nuevos productos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Bogotá D.C, Colombia

2019



*A Dios por permitirme escoger esta vida;  
A mis padres por enseñarme a vivirla;  
A mis hermanos por acompañarme en esta  
travesía;  
Y al amor por inspirarme cada día.*



## Resumen

El desconocimiento frente a las nuevas tendencias y formas de producción primaria del huevo de gallina para consumo humano, limita el consumo por parte de la población. Sin embargo, es importante dar a conocer a los consumidores, que hoy por hoy, tanto en la producción primaria como a escala industrial, se han venido aplicando estrategias que mitiguen los riesgos de consumir huevo y por el contrario multipliquen sus propiedades nutricionales y benéficas para la salud humana. Esto se da porque, la industria avícola ha venido creciendo exponencialmente en los últimos años, lo que ha hecho que se generen nuevas estrategias de mercado para hacer más llamativo el producto final y ofrecerle al consumidor diferentes opciones para complementar su dieta con otro tipo de proteína de origen animal. Este documento presenta resultados sobre el mercado del huevo en lo relacionado con nuevos productos, huevo pasteurizado y huevo deshidratado o liofilizado. En lo referente a fortificación de huevos de gallina se demuestra que el contenido nutricional del huevo es directamente proporcional al tipo de dieta y producción que reciben las gallinas, entre más nutrientes benéficos haya, el huevo aportara propiedades funcionales. En lo referente a tendencias en biocompuestos se ha encontrado que entre más compuestos orgánicos se investiguen, mejores serán las capacidades del huevo para ser un alimento funcional, conservando sus características nutricionales; como con la incorporación del polen apícola, que hasta el momento ha arrojado datos en los que participa en procesos antibióticos, antimicóticos y antiinflamatorios.

En conclusión, el huevo no solo es nutritivo sino funcional para el ser humano y a medida que la tecnología en el desarrollo de nuevos productos siga avanzando, existirán más tendencias que diversifiquen aún más el consumo de huevo de gallina.

**Palabras clave: Huevo, fortificación, tendencias, nutrición, alimento funcional.**

## Abstract

The lack of knowledge about new trends and forms of primary production of chicken eggs for human consumption limits consumption by the population. However, it is important to inform users that nowadays, both primary production and industrial scale have been applying strategies that mitigate the risks of consumption. On the contrary multiply their nutritional and beneficial properties to human health, This is because, the poultry industry has been growing exponentially in recent years, has been generated, new strategies have been created in the market to make the final product more striking and offer consumers the options to complement the diet with another type of protein of animal origin. This document presents results in the egg market in relation to new products, Pasteurized egg and Dehydrated or freeze-dried egg. Regarding Fortification of chicken eggs, the nutritional content of the egg is directly proportional to the type of diet and production obtained by the hens, the more beneficial nutrients there are, the egg will provide functional properties. Regarding Trends in bio composites, using other organic compounds, improved the egg's capabilities to be a nutraceutical food, preserving its nutritional characteristics; because of the incorporation of the bee pollen, until now, data have been published on the processes of antibiotics, antifungals and anti-inflammatories. In conclusion, the egg is not only nutritious but functional for the human being and a measure that technology in the development of new products continues to advance, there will be more trends that further diversify the consumption of chicken eggs.

**Keywords: Egg, fortified, trends nutrition, functional food.**

# Contenido

	Pág.
<b>1. Capítulo 1. El Huevo .....</b>	<b>5</b>
1.1 Antecedentes .....	5
1.2 Estructura.....	7
1.3 Contenido nutricional.....	9
1.3.1 Macronutrientes.....	10
1.3.2 Micronutrientes .....	13
1.4 Compuestos carotenoides.....	17
<b>2. Capítulo 2. Mercado del huevo .....</b>	<b>19</b>
2.1 Nuevos productos .....	26
2.2 Huevo pasteurizado .....	28
2.3 Huevo deshidratado o liofilizado.....	31
<b>3. Capítulo 3. Fortificación de huevos de gallina .....</b>	<b>35</b>
3.1 Fortificación en la producción primaria .....	35
3.1.1 Fortificación del contenido de carotenoides .....	37
3.1.2 Fortificación de ácidos grasos.....	40
3.1.3 Fortificación con micro-nutrientes .....	42
3.2 Fortificación en el sector industrial .....	46
<b>4. Capítulo 4. Tendencias en biocompuestos .....</b>	<b>49</b>
4.1 Contenido de carotenoides.....	51
4.2 Ácidos grasos.....	58
4.3 Micronutrientes.....	62
4.4 Polen de abejas .....	63
<b>5. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>67</b>
5.1 Conclusiones.....	67
5.2 Recomendaciones.....	68

## Lista de gráficas

	<b>Pág.</b>
<i>Gráfica 1. Producción de huevos (millones de unidades).....</i>	20
<i>Gráfica 2. Precios huevo rojo AA \$ por unidad.....</i>	20
<i>Gráfica 3. Clasificación de los huevos de gallina según su peso.....</i>	21
<i>Gráfica 4. Proceso de elaboración de los ovoproductos.....</i>	27
<i>Gráfica 5. Temperaturas de pasteurización y ultrapasteurización en ovoproductos .....</i>	29
<i>Gráfica 6. Metabolismo Vitaminas.....</i>	56

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<i>Gráfica 1. Producción de huevos (millones de unidades) .....</i>	20
<i>Gráfica 2. Precios huevo rojo AA \$ por unidad .....</i>	20
<i>Gráfica 3. Clasificación de los huevos de gallina según su peso .....</i>	21
<i>Gráfica 4. Proceso de elaboración de los ovoproductos .....</i>	27
<i>Gráfica 5. Temperaturas de pasteurización y ultrapasteurización en ovoproductos.....</i>	29
<i>Gráfica 6. Metabolismo Vitaminas .....</i>	56

## Lista de tablas

	Pág.
<i>Tabla 1. Composición de la yema, la clara y el huevo entero</i> .....	8
<i>Tabla 2. Composición nutricional de huevo</i> .....	10
<i>Tabla 3. Composición lipídica de la yema de huevo</i> .....	11
<i>Tabla 4. Proteínas de la albúmina del huevo</i> .....	12
<i>Tabla 5. Requisitos mínimos de calidad para el huevo fresco de gallina</i> .....	22
<i>Tabla 6. Presentación tradicional de huevos en el mercado nacional</i> .....	23
<i>Tabla 7. Presentación en el mercado de huevos funcionales</i> .....	23
<i>Tabla 8. Presentación huevos en el mundo</i> .....	24
<i>Tabla 9. Venta de huevos por especie de ave</i> .....	25
<i>Tabla 10. Huevos por tipo de producción</i> .....	25
<i>Tabla 11. Requisitos bromatológicos para los ovoproductos líquidos y deshidratados</i> .....	28
<i>Tabla 12. Características sensoriales del producto</i> .....	29
<i>Tabla 13. Requisitos fisicoquímicos para los ovoproductos líquidos pasteurizados o ultra-pasteurizados</i> .....	30
<i>Tabla 14. Presentaciones huevo líquido (Entero, Claras, Yemas)</i> .....	30
<i>Tabla 15. Equivalencia de los ovoproductos</i> .....	33
<i>Tabla 16. Requisitos fisicoquímicos para los productos deshidratados</i> .....	33
<i>Tabla 17. Usos del huevo en la industria alimentaria</i> .....	34
<i>Tabla 18. Aporte relativo de nutrientes derivados del consumo de dos huevos grandes según las recomendaciones (RDA) diarias para un adulto</i> .....	49
<i>Tabla 19. Contenido de nutrientes de huevos comunes y huevos fortificados</i> .....	60
<i>Tabla 20. Composición de ácidos grasos en huevos regulares y enriquecidos con PUFA <math>\Omega</math>3</i> .....	61

## Lista de abreviaturas

### Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>ALA</i>	Ácido $\alpha$ -linolénico
<i>DHA</i>	Ácido docosahexaenoico
<i>EPA</i>	Ácido eicosapentaenoico
<i>HDL</i>	Lipoproteínas de alta densidad
<i>LA</i>	Ácido linoleico
<i>LDL</i>	Lipoproteínas de baja densidad
<i>MUFA</i>	Ácido graso mono insaturado
<i>PUFA</i>	Ácido graso poliinsaturado
<i>SE</i>	Selenio

XI  
V

¿Y cuáles son las tecnologías emergentes para diversificar el consumo del huevo?

---

# Introducción

La avicultura en el mundo y a nivel nacional se ve impulsada por factores como mejoramiento genético, manejo animal y nutricional, lo que genera un crecimiento debido a la oferta de productos, que facilita su acceso a carne de buena calidad y huevo como un alimento de los más completos en la canasta familiar (MINAGRICULTURA, 2016)

La situación en Colombia ha generado que aumente progresivamente el consumo per cápita del pollo y el huevo. Para el año 2013, la participación de la cadena avícola dentro de la pecuaria fue de un 36.8%. En donde las cifras aportadas por la carne de pollo fueron del 71.9% y de huevo 28.1%; al 2018 las cifras arrojaron un consumo de 293 unidades de huevo y 33.8 kilogramos de carne por persona (Fenavi, 2018).

“Colombia ocupa el puesto 28 en la producción mundial de huevo, con una participación marginal de apenas el 0,6 %. Los principales productores son China y Estados Unidos que concentran el 51% de la producción mundial, frente a la producción estimada de ponedoras en Latinoamérica, Colombia está en el tercer lugar, detrás de México y Brasil” (Bohórquez, 2014).

Aguilera (2014) menciona que entre el año 2000 y 2013 el consumo de huevo per cápita en Colombia aumentó aproximadamente en 6 huevos, pasando de 160 a 236 unidades por persona año, debido a que es la proteína más barata del mercado y el segundo producto de mayor venta en las tiendas. Factores como el crecimiento de la población, industrialización e incluso capacidad adquisitiva, hacen proyectar la industria del huevo en mediano plazo.

De hecho, para el 2018 se registró una tasa de crecimiento del 4.8% en la producción del sector avícola, en donde aumento un 5.6% respectivamente para el mercado del huevo; lo que significa que está consolidado como un sector maduro y su desarrollo ha permitido a través del tiempo posicionarse con escalas de crecimiento (Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI), 2019).

Entonces, los productores de huevo, no solo buscan potencializar la producción del mismo, sino ofrecer variedad de productos que sean agradables y que atraigan diferentes mercados, de esta manera han implementado estrategias como complementar a las aves de

postura de manera tal que el aporte nutricional en el huevo sea con unas características específicas en el mismo (Angarita et.al, 2012).

Estos no solo generan un valor agregado en sus productos, sino que además poseen características funcionales que atraen todo tipo de consumidor que, en vez de guiarse por el valor nutricional para adquirir el producto, también lo hacen desde el punto de vista funcional, en el que pueden mejorar algún aspecto de salud.

Pero, qué pasa cuando en el mundo se encuentra un sinfín de opciones para disfrutar el huevo de gallina día a día de diferentes presentaciones, el desconocimiento hacia este es tan grande que los consumidores optan por buscar una fuente de proteína distinta; es ahí cuando se hace importante indagar sobre el huevo y todo lo que puede aportar a los seres humanos, para que ya no huyan de los “efectos negativos” y por el contrario sea aún más apetecido por sus bondades para la salud de las personas. Entonces, teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, ¿cuáles son las tecnologías emergentes para diversificar el consumo del huevo?

## JUSTIFICACIÓN

La industria avícola ha sido de las que más crecimiento ha tenido en los últimos años, esto debido a que el consumo per-cápita tanto en el pollo como en el huevo ha aumentado. “Adicionalmente, existe un potencial de crecimiento para el sector derivado, tanto de las posibilidades de expansión en el mercado interno, como del resultante de la apertura de nuevos mercados en el exterior y de los avances logrados en materia de productividad” (CONPES, 2009)

Además, en Colombia y en el mundo hay un crecimiento en la oferta de productos benéficos para la salud humana, existen alimentos a los que se les adiciona fibra, probióticos, prebióticos entre otros, no solo para darles un valor agregado sino en busca de nuevos mercados y hacer parte del “boom” de lo funcional.

Por esta razón los productores de diferentes cadenas alimenticias buscan la manera de crear productos pensados en los diferentes consumidores, que claro, son quienes al final, escogen el producto. De esta manera han surgido alimentos que son llamativos y que ofrecen especificidad en cuanto a su funcionalidad (Gil, Barroeta, & Garcés, 2016).

De manera que la importancia de esta monografía radica en que se desarrollará con el fin de hacer una actualización investigativa en cuanto a la avicultura enfocada a la oferta en las diferentes presentaciones del huevo, ya que en la actualidad existen múltiples estrategias para diversificar el producto en pro de llegar a todos los consumidores posibles, lo cual hace necesario que el sector, tanto primario como el de transformación de alimentos, estén a la vanguardia en la innovación del producto.

De manera que la importancia de esta monografía radica en la pertinencia de realizar una actualización investigativa, en cuanto a las diversas presentaciones tecnológicas como alimento funcional del huevo, ya que en la actualidad existen múltiples estrategias para diversificar el producto en pro de llegar a todos los consumidores posibles, lo cual hace necesario que el sector, tanto primario como el de transformación de alimentos, estén a la vanguardia en la innovación del producto.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Analizar las nuevas tendencias aplicadas a la diversidad de oferta de ovoproductos, mejoramiento composicional y nutricional del huevo de gallina apto para consumo humano.

### **Objetivo específicos**

- Describir las diferentes presentaciones de ovoproductos en el mercado, su calidad y composición nutricional.
- Investigar acerca de las tendencias actuales para la fortificación del huevo de gallina en el sector primario.
- Indagar sobre la composición y los beneficios en la salud, del huevo con distintas fortificaciones.



# Resultados y discusión

## 1. Capítulo 1. El Huevo

### 1.1 Antecedentes

A través de los años, para el hombre, consumir alimentos de origen animal ha tenido fundamentos muy importantes en cuanto a lo nutricional, cultural y de hecho desde la domesticación de las aves, el consumo de huevos ha sido primordial. Esto dado que posee un gran valor nutricional, es versátil, tiene un bajo costo, es un ingrediente básico y es fácil de preparar.

Hace aproximadamente 8000 años la avicultura vio sus inicios, debido a que, en regiones como la India, China, y algunas otras del sudeste de Asia dieron inicio a la domesticación de aves que se encontraban en la jungla. “Las tribus nómadas en sus viajes hasta Grecia, llevaban las gallinas en los primeros años; ya después fueron los celtas que en su paso hacia la colonización dejaban núcleos de población que permitieron la propagación de las mismas a lo largo de Europa” (Instituto de Estudios del Huevo, 2009).

Chambers et al., (2017) comentan que “al inicio, las aves eran utilizadas para pelea de gallos o sacrificios religiosos; con el pasar del tiempo las razas avícolas fueron utilizadas para la comida en especial para la producción de huevos, incluso, las razas con plumaje extravagante eran utilizadas para exhibiciones a lo largo de Europa, es decir eran utilizados de acuerdo a las necesidades y el lugar. De hecho, la incubación artificial del huevo era una práctica ya realizada en la antigua China y Egipto, sin embargo, este proceso no se comenzó a utilizar a escala comercial sino hasta la época de 1870.

A mediados del siglo XIX hacia 1803-1873 debido al aporte de Von Liebig en cuanto a que “la proteína animal es indispensable para el crecimiento”, se hace necesario la mejora de la producción en cuanto a carne y por supuesto huevo; así que de esta manera comienza a hacerse expansivo su consumo y sobre todo recomendado por ser catalogado como un “alimento protector” (Carbajal, 2014). Ya hacia mediados del siglo diecinueve la industria avícola emergió en Europa y en América, esto con productores que querían optimizar la producción de carne y huevos. Y las investigaciones en nutrición, reproducción y manejo

en aves incentivaron el rápido desarrollo de la industria desde aproximadamente el año de 1930 (FAO, 2010).

Hacia la segunda guerra mundial, debido a que la carne de res y de cerdo no estaban en su mejor momento y había deficiencia de dicha proteína, los productos de la avicultura incrementaron significativamente, por esta razón desde el año de 1945 se comenzaron a mejorar las condiciones de distribución y almacenamiento de carne de pollo y huevos lo que ha servido para estimular el consumo de dichos productos (Instituto de Estudios del Huevo, 2009a).

Par el año 1957 la publicidad para el huevo era mundial y se basó en que “un huevo al desayuno era buena fuente proteínas y la mejor manera de comenzar el día”; lo que conllevó a que en 1960 el consumo per cápita estaba en casi 5 huevos por persona semanalmente (Ruxton, et. al , 2010).

Wu (2014) menciona que para la década de 1970 los Estados Unidos era el productor de huevo más grande a nivel mundial aportando acerca del 20% de la producción y que desde los años 80 la producción de huevo en el mundo ha crecido alrededor de un 203.2%, debido al aumento en la demanda por proteínas a nivel mundial.

Hoy en día la producción de huevos se realiza a escala industrial en donde las gallinas de postura alcanzan a poner hasta 300 huevos al año y más de 500 huevos a lo largo de su etapa productiva (Kaspers, 2016).

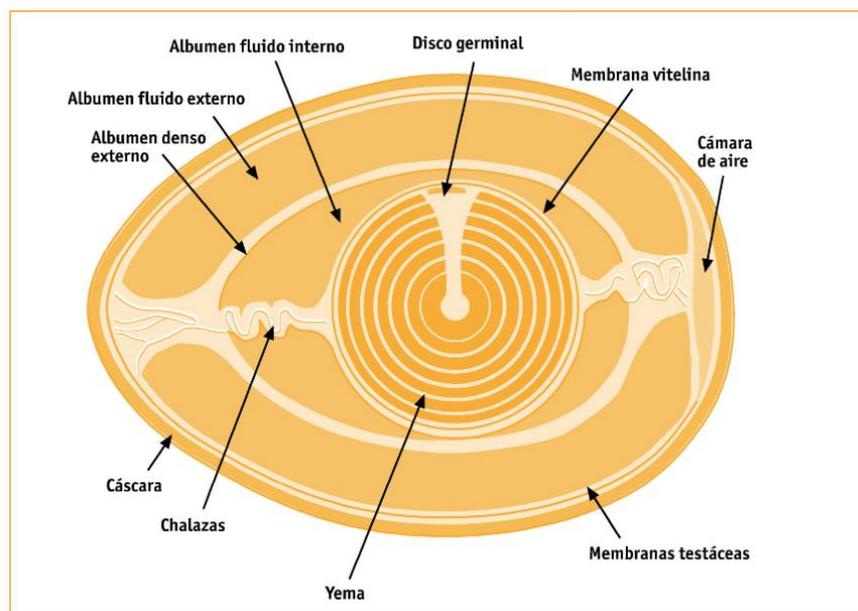
Es decir, el huevo como alimento, ha sido un ingrediente habitual en la dieta del ser humano desde tiempos antiguos. El (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2011) define el huevo como “el producto de forma ovoide , proveniente de la ovoposición de la gallina, constituida por la cáscara, membranas, cámara de aire, clara, chalazas, yema y germen”; mientras que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2009); dentro del Codex alimentarius, define el huevo como “el producto destinado a ser vendido dentro de su cáscara al consumidor final y sin haber recibido ningún tratamiento que modifique considerablemente sus propiedades”.

## 1.2 Estructura

El huevo (figura 1), se encuentra primeramente rodeado por una capa gruesa, calcárea y porosa denominada “cáscara”; la cual es aproximadamente de 0.2 a 0.4mm de gruesa. La función de esta es mantener la integridad física del huevo, revestir y proteger al embrión durante el desarrollo y actuar como una barrera contra agentes patógenos (Us Poultry, 2008).

La cáscara posee entre 7000 y 15000 poros los cuales permiten el intercambio gaseoso entre el interior y el exterior del huevo; aunque se encuentren a lo largo de la cáscara, la mayor cantidad se encuentran en la zona ancha del huevo donde se haya la cámara de aire (Kaspers, 2016).

*Figura 1. Corte transversal del huevo y sus partes*



Fuente: (Instituto de Estudios del Huevo, 2009a)

Justo después se sitúan las 2 membranas testáceas, una interna dispuesta hacia la clara y la otra externa, hacia la cáscara. Su función es la protección del albumen actuando como barrera protectora (Grosch, 2008).

La cámara de aire es una bolsa de aire formada por la separación de las membranas testáceas, las cuales se encuentran adheridas entre sí al momento de la ovoposición; pero al enfriarse el huevo (temperatura de 39° a la puesta), su contenido se contrae a causa del aire ingresado por los poros de la zona ancha separando dichas membranas. Básicamente es un indicador de frescura para el consumidor, mientras que para un huevo fertilizado es un suministro de aire para el pollo justo antes de la eclosión (American Egg Board, 2012).

Las chalazas son pequeñas estructuras como cordones densos ubicados a ambos extremos del huevo, las cuales mantienen la yema en el centro del huevo. Estos son engrosamientos que vienen del albumen y también sugieren frescura (Gairal, 2015).

Ahora bien, la clara según su densidad está dividida en albumen fluido y denso. El albumen fluido es el que se encuentra próximo a la cáscara y aumenta a medida que el huevo envejece. El albumen denso, es el que rodea la yema donde están concentradas la mayor parte de las proteínas de la albumina y también la Riboflavina; además es un indicador de calidad (Hy-Line International, 2017).

La membrana vitelina es una capa que redondea a la yema, y la protege de romperse; además actúa como membrana que separa la yema de la clara (Instituto de Estudios del Huevo, 2009a).

Y por último se encuentra la yema, que es la parte central y naranja del huevo. En su interior está ubicado el disco germinal o blastodisco, que a simple vista se observa como un círculo blanco en la yema y es el encargado de la división celular en caso de fertilización (Kaspers, 2016).

La composición del huevo de gallina es consistente en cuanto lípidos totales, fosfolípidos, aminoácidos esenciales, proteína total; aunque pequeñas variaciones pueden deberse al estrés, la edad de la gallina o condiciones ambientales; mientras que componentes como ácidos grasos, minerales, vitaminas, colesterol, antioxidantes y carotenoides son influenciados directamente por la dieta ofrecida a la gallina, por lo que tienden a ser variables dependiendo del sistema de producción de huevo (Chambers et al., 2017). Por esta razón, la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI) (2015) sintetiza en la tabla 1 la composición en macronutrientes de un huevo entero, la clara y la yema.

*Tabla 1.* Composición de la yema, la clara y el huevo entero

	%	Agua	Proteína	Grasa	Carbohidratos
<b>Entero</b>	100	74,6	12,1	11,2	1,2
<b>Clara</b>	58	88,0	10,1	0,2	0,8
<b>Yema</b>	31	48,0	16,4	32,9	2,0

Fuente: FENAVI, 2015

### 1.3 Contenido nutricional

El huevo se caracteriza por ser una de las proteínas alimentarias perfectas de la naturaleza y que además posee otros nutrientes de gran valor; incluso son de fácil digestión y aportan gran cantidad de nutrientes requeridos para el mantenimiento de los órganos y sus funciones (Grosch, 2008). Además, es claro que el huevo es un alimento saludable cuando es consumido dentro de una dieta balanceada, por ejemplo las vitaminas y minerales ayudan en la función cerebral, y algunas investigaciones sugieren que el consumo de dos huevos diarios no tienen efecto en los niveles de colesterol total (Ruxton et al., 2010)

Los huevos de gallina se identifican por ser un producto asequible de bajo valor comercial y por ser un ingrediente de primera necesidad en cualquier cocina a nivel mundial (Gil et al., 2016). Wu (2014) asegura también que son una excelente fuente de nutrientes, especialmente proteínas de alta calidad, lípidos, vitaminas y minerales.

Romero (2015), menciona que conocer las características y el valor nutricional del huevo es importante para relacionar el aporte nutritivo de cada una de sus partes. Se empieza por tener en cuenta que el peso promedio de un huevo es entre 50-60 gramos, entonces la cáscara que es aproximadamente el 10% serían 5-6 gramos, de 32-36 gramos la clara (58-60%) y 16-18 gramos restantes para la yema (30-32%). Es decir; el huevo es de los alimentos más complejos que ofrece la naturaleza, tanto por la variedad de nutrientes y por su elevado grado de utilización en el organismo (Santana, 2008).

La composición nutricional del huevo es bastante completa; en la tabla 2 se encuentra la densidad nutricional de un huevo de 58 gramos.

*Tabla 2. Composición nutricional de huevo*

<b>Componente</b>	<b>Cantidad de huevo mediano (58g/ unidad)</b>
Energía	78 Kcal
Proteína	6,5 g
Colesterol	227 mg
Grasas saturadas	1,7 g
Grasas monoinsaturadas	2,3 g
Vitamina D	0,9 µg
Riboflavina	0,24 µg
Vitamina B12	1,3 µg
Selenio	6 µg
Fósforo	103 µg
Hierro	1 mg
Folato	26 µg
retino	98 µg

Fuente: Dussailant, et al, 2017

### 1.3.1 Macronutrientes

Los componentes nutritivos del huevo se encuentran distribuidos entre la yema y la clara. Los macronutrientes presentes son muy pocos hidratos de carbono y su contenido de lípidos son mayormente ácidos grasos monoinsaturados (Dussailant et al., 2017).

La yema, al cual es una emulsión aceite en agua, está compuesta por 51% de agua, 32.6% de lípidos, 16% de proteínas, 1.7% minerales y 0.6% carbohidratos; y en su contenido de materia seca corresponde a lipoproteína de baja densidad (LDL, por sus siglas en inglés) (68%), proteínas de alta densidad (16%), proteínas globulares (10%), fosfoproteínas (4%) (Wu, 2014).

Los lípidos de la yema, como se mencionó anteriormente, son el 32% y la composición se encuentra detallada en la tabla 3. Esta composición lipídica consiste en distintos tipos de lípidos (algunos en forma de lipoproteínas), ácidos grasos y por supuesto, los triglicéridos, que representan alrededor de dos tercios del total de los lípidos (Grosch, 2008).

*Tabla 3. Composición lipídica de la yema de huevo*

<b>Composición lipídica</b>	<b>Porcentaje</b>
Triglicéridos	63%
Fosfolípidos	31%
Colesterol	4%
Otros (incluye vitaminas liposolubles)	2%
<b>Composición de ácidos grasos</b>	<b>Porcentaje</b>
Ácidos grasos saturados	35-45%
Ácidos grasos insaturados	55-65%
Ácidos grasos monoinsaturados	35-50%
Ácido linoleico	10-20%
Ácidos grasos poliinsaturados	3-5%

Fuente: Poultry CRC, 2018

Entonces, en cifras, el colesterol en el huevo es cerca de 200mg, lo que ha deprimido el consumo de huevo a lo largo del tiempo, aunque hoy en día los científicos se centran en demostrar que el colesterol es importante para muchas funciones en el organismo y que el consumo de huevo no se asocia al riesgo de sufrir una enfermedad cardiovascular (Chambers, et. al, 2017). Healthline (2016), menciona que esto es debido a que el huevo contiene “colesterol bueno” (HDL), y que las personas que en su dieta ingieren normalmente este tipo de colesterol tienen menos riesgo de enfermedades cardíacas o accidentes cerebrovasculares, ya que el comer huevos, aumenta en la sangre el nivel de HDL hasta en un 10%.

En adición, el índice AGI/AGS, (la relación entre ácidos grasos insaturados y saturados) que existe en el huevo es aceptable y recomendada nutricionalmente; con 1.8 g de ácidos grasos monoinsaturados, 0.8 g de ácidos grasos poliinsaturados y 1.4 g de ácidos grasos saturados (Instituto de Estudios del Huevo, 2009a). Más aún, Ruxton et al., (2010) destaca

el papel del ácido oleico ya que reduce el riesgo de sufrir enfermedades cardiacas por el papel que desempeña en los vasos sanguíneos y hace mención a los fosfolípidos que satisfacen las necesidades de dos ácidos esenciales que el organismo no puede sintetizar, el linoleico y linolénico.

Por otro lado, en la clara se encuentra agua (mayormente en un 88%) y proteínas como la ovoalbúmina (11%); sin embargo, la composición de la clara de huevo aún no está detallada, aunque se compone de enzimas como al lisozima, glicosidasa, catalasa, peptidasa y esterasa; inhibidores como ovoinhibidor, avidina y algunos anticuerpos (Badui, 2006). Kaspers (2016) menciona que la albúmina, es conocida como la clara de huevo, y existen dos tipos de esta:

- Albumina gruesa: La cual se encuentra más cerca de la yema, caracterizada por ser la porción más densa de la albúmina, inclusive, esta es aún más gruesa en huevos más frescos.
- Albúmina delgada: La parte más “líquida” de la clara de huevo.

Los principales componentes se encuentran en la tabla 4, junto con sus características.

*Tabla 4. Proteínas de la albúmina del huevo*

<b>Fracción</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Características</b>
Ovoalbúmina	54%	Fosfoglicoproteína
Ovotransferrina	13%	Acompleja hierro
Ovomucoide	11%	Inhibidor tripsina
Ovomucina	3.5%	
Lisozima (Globulina g1)	3.4%	
Globulina G2	4%	
Globulina G3	4%	
Ovoinhibidor	1.5%	Inhibe tripsina y quimotripsina
Ovoglucopeptidasa	1%	
Ovoflavoproteína	0.8%	Une Riboflavina
Ovomacroglobulina	0.5%	
Avidina	0.05%	Une biotina

Fuente: Wu, 2014

Ahora bien, la mayor proteína presente en la clara es la ovoalbúmina, seguida de la ovotransferrina (Tabla 4); estas juntas a las demás presentes, podrían cobrar importancia en procesos antiinflamatorios, y además podrían tener actividad inmunoprotectora, antimicrobiana, antioxidante e incluso antihipertensiva (Dussailant et al., 2017b).

La ovotransferrina se conoce como la proteína que liga o quela el hierro, de ahí su nombre, actúa impidiendo que los microorganismos patógenos puedan captar este metal; lo que la hace antimicrobiana contra un amplio espectro de bacterias tanto Gram-positivas como Gram-negativas; aunque también contra hongos, levaduras, parásitos y virus (Sandun & Douglas, 2017).

Aunque muchos de las proteínas presentes en la clara del huevo son conocidas por sus beneficios en el organismo del ser humano, otros componentes son proteínas activas en la albúmina de huevo y su actividad contribuye a prolongar la vida útil del huevo, como la lisozima, ovoinhibidor y el ovomucoide; lo que explica el hecho de que sean beneficiosas para la salud (Miranda et al., 2015).

Todo lo anterior es el preámbulo para decir que el huevo es considerado como el alimento de mejor calidad proteica, justo después de la proteína de la leche humana; y por esta razón es tomada como referencia por otros alimentos, para evaluar su calidad proteica (Sayar, 2009). Sin embargo, Badui (2006) advierte que aunque tenga un excelente valor proteico, hay que tener cuidado porque las proteínas de la clara son consideradas como alérgenos cuando reaccionan con inmunoglobulinas IgE..

### **1.3.2 Micronutrientes**

Entonces, el huevo, además de poseer los macronutrientes anteriormente mencionados, también es un alimento que contiene hasta 18 vitaminas y minerales también, dicha composición se ve afectada por factores como la raza de las gallinas, el tipo de alimentación, factores ambientales y la edad, tanto de las gallinas como del huevo (Miranda et al., 2015).

Este alimento contiene todas las vitaminas, exceptuando la vitamina C; y estas se encuentran distribuidas a lo largo del huevo dependiendo de su afinidad con el agua o las grasas. Las vitaminas liposolubles como la K, D, E y A, se encuentran en la yema, que es

donde están los componentes lipídicos del huevo; mientras que las vitaminas hidrosolubles se encuentran mayoritariamente en el albumen (Gil et al., 2016).

La vitamina A, la cual funciona como soporte del sistema inmune, la salud visual y el crecimiento celular; los alimentos de origen vegetal son precursores de la vitamina A, mientras que los de origen animal aportan esta vitamina preformada. Incluso se dice que el huevo es uno de los alimentos que ofrece esta vitamina en mayor cantidad (Bovšková, Míková, & Panovská, 2014)

Con respecto a la vitamina D, el huevo es, superado por los aceites de pescado, la segunda fuente de colecalfiferol y de su metabolito y según Rodríguez, et. al, (2013) el consumir huevo aporta alrededor del 15% de la ingesta total de esta vitamina, y podría ser de vital importancia para personas cuyo acceso a la luz es limitado. La vitamina D trabaja en sinergia con el calcio ayudando a proteger huesos y previniendo la osteoporosis o las fracturas (Lewin, 2018).

La vitamina E es un antioxidante que actúa a nivel celular, protegiendo las membranas celulares de la oxidación, aunque también es conocida por ser un factor de anti esterilidad (Badui, 2006). No se conocen cuáles son los efectos en un exceso de este tocoferol, mientras que la deficiencia o malabsorción puede causar nacimientos prematuros, degeneración tubular renal, distrofia muscular o necrosis hepática (Bash, 2015).

La vitamina K viene de la palabra alemana “*Koagulation*” por ser un factor antihemorrágico. Es decir, es fundamental para provocar la coagulación sanguínea y prevenir sangrados y además está relacionada con la formación de la vaina de mielina, la cual es la capa que protege las neuronas (Clayton et al., 2017).

Dentro de las vitaminas hidrosolubles, se encuentran todas las pertenecientes al complejo B las que incluyen tiamina (B1), Riboflavina (B2), niacina (B3), piridoxina (B6), biotina (B7), ácido fólico (B9) y cobalamina (B12), y la colina (Elika, 2013).

La tiamina (B1), es utilizada para el metabolismo de los nutrientes, y para el correcto funcionamiento del sistema nervioso, músculos y corazón; además para la liberación de energía de los carbohidratos; ya que para cada función que realiza usa glucosa como su fuente de energía (Sayar, 2009).

La Riboflavina (B2), aportando aproximadamente el 20% (250 µg) de la cantidad diaria recomendada la cual es utilizada en la producción de glóbulos rojos y el crecimiento, así como en diferentes rutas metabólicas (Instituto de Estudios del Huevo, 2009a).

La niacina (B3) la cual es indispensable para dos coenzimas, nucleótido de adenina y nicotinamida (NAD) y su derivado fosfatado (NADP) (Badui, 2006). Ésta actúa formando parte de estas coenzimas para el metabolismo energético de la célula y reparación del ADN; además ayudan a eliminar del cuerpo algunas sustancias tóxicas y en la producción de hormonas sexuales y del estrés (Nimalaratne, et al., 2016).

Vitamina B6, también conocida como piridoxina es vital para el metabolismo de las proteínas, la transmisión a través del sistema nervioso por medio de la síntesis de neurotransmisores y apoya a las proteínas en la función inmunoprotectora. Su deficiencia puede ser por medio de la complicación de cualquier enfermedad (Bash, 2015).

La biotina (B7) la cual se asocia al mantenimiento de funciones corporales por hacer de coenzima en reacciones de carboxilación y transcarboxilación en la síntesis de ácidos grasos y aminoácidos y va de la mano con la protección de la piel (Gil et al., 2016). Su ingesta recomendada diariamente es de 30 µg por día, de los cuales aporta entre un 30-40% (Department of Health and Human Services, 2017) .

La importancia del ácido fólico (B9) radica en que es muy utilizado durante la gestación, previniendo defectos de nacimiento o el daño del ADN durante la división celular. La recomendación de ingesta diaria es de 200µg para un adulto, valor que se duplica para la mujer en estado de lactancia o gestación. El huevo podría aportar 50µg (Gil et al., 2016).

La cianocobalamina (B12) trabaja como soporte de la digestión normal y la correcta función de las células nerviosas, mantiene las neuronas saludables y participa en la replicación del ADN y del material genético (National Institutes of Health, 2016). Un huevo posee aproximadamente 2.5 µg de vitamina B12 lo que en ocasiones constituye aproximadamente un 9.3% de la ingesta diaria recomendada (Chambers et al., 2017).

Además de las vitaminas del complejo B, se encuentra la colina la cual es denominada vitaminoide (falsa vitamina) que actúa en la formación de los centros de memoria y del sistema nervios (Healthline, 2016). Ponirovskaya (2012) comenta que el organismo produce colina, pero no es suficiente, por eso se deben buscar otras fuentes; ya que la

ingesta diaria requerida es de 550 mg al día; y que un huevo puede aportar 280mg de la misma. Sus funciones van desde prevenir defectos al nacimiento, promover la salud cerebral y de la memoria en la comunidad infantil y hasta el transporte de nutrientes a través del organismo (Instituto de Estudios del Huevo, 2009a).

Pero estos no son los únicos micronutrientes presentes en el huevo, ya que también hace aporte a algunas recomendaciones de ingesta diaria de elementos como el hierro (10.5%), selenio (9.7%), zinc (4.7%), y calcio (3.9%) (Santana, 2008).

El hierro se encuentra en la yema del huevo y es de tipo Hemo el cual es de buena disponibilidad; este es necesario para transportar oxígeno a través del cuerpo y está envuelto en la regulación del crecimiento celular y la inmunidad (Chambers et al., 2017).

El selenio cobra mucha importancia en el organismo, ya que regula las funciones de la glándula de la tiroides, además es un potente antioxidante que previene el rompimiento de los tejidos y además trabaja en sinergia con la vitamina E para proteger el organismo contra enfermedades crónicas (Bash, 2015).

El zinc, el cual se encarga de mantener el sistema inmune y reparar tejidos, es indispensable en el embarazo ya que interviene en el desarrollo y crecimiento durante la gestación y la niñez, interviene en los sentidos del olfato y el gusto, en la madurez sexual y actúa contra las infecciones; asimismo el zinc que es aportado por el huevo es de mejor absorción que el aportado por alimentos de origen vegetal (Clayton et al., 2017).

El fósforo se asocia con el calcio y se ubica en los dientes y en los huesos, actuando como amortiguador el pH, interviene en metabolismo de macronutrientes, el normal funcionamiento del corazón, los músculos y el sistema nervioso; incluso para la producción de energía en el cuerpo. (Rodríguez, 2016).

El calcio es el elemento más abundante en el ser humano encontrándose el 99% en estructuras óseas. Adultos y niños en crecimiento necesitan de 800mg, mientras que mujeres gestantes y lactantes necesitan un 50% más. Su función, construye y mantiene fuertes el sistema óseo y los dientes, además de participar en la función nerviosa, la contracción de los músculos y la coagulación de la sangre (Peña, Castro, & Martínez, 2011).

## 1.4 Compuestos carotenoides

Los carotenoides son compuestos esenciales en la dieta de cualquier animal (incluido el ser humano), en unos por su función pigmentaria y en otros por el rol que juega dentro de la salud; al ser precursores de la vitamina A y ser conocidos también por su alto poder antioxidante y anti carcinogénico (Schweigert et.al, 2011).

Zaheer (2017), hace referencia a que el huevo de gallina es un alimento único y con un gran e importante contenido de lípidos solubles bioactivos carotenoides conocidos como Luteína y zeaxantina; aunque el perfil carotenoide presente en la yema de huevo va relacionado directamente con la composición nutricional ofrecida a la gallina. Estos dos componentes (luteína y zeaxantina) son carotenoides xantófilos encontrados en algunas plantas y compuestos nutricionales para animales. Y juegan un papel bastante importante en la salud humana, particularmente relacionada con la salud visual y con la disminución del riesgo de degeneración de la macula y presencia de cataratas, resultados encontrados por Akhtar et.al, (2017).

“La luteína y la zeaxantina son pigmentos de color amarillo, solubles en grasa y se concentran en la macula, que es la parte central de la retina y nos permite tener visión aguda” (Rasmussen et.al, 2012). Son pigmentos carotenoides no pro vitamínicos encontrados en las lipoproteínas presentes en la yema del huevo, estos a su vez esta implicados en la apariencia y color característico del huevo amarillo/naranja (Parra et al., 2017).

La yema de huevo de gallina es la principal fuente donde se encuentran albergados este tipo de carotenoides, aun en comparación con frutas y vegetales, esto es debido a su gran tasa de biodisponibilidad por el contenido de lípidos presentes en el huevo. Aunque cabe aclarar que el consumo de huevo ha demostrado un incremento en los niveles de luteína y zeaxantina, estos no son directamente proporcionales al aumento de la grasa sérica (López et.al, 2015).

(García et.al, 2012) mencionan en su estudio que este tipo de carotenoides encontrados en el huevo son derivados del  $\beta$ -caroteno que es el carotenoide más común presente en las dietas de los animales, el cual es transformado en vitamina A la cual está directamente relacionada con la especie animal (unas son más eficientes que otras). La gallina es el animal doméstico más eficiente, de ahí su gran concentración dentro del huevo.

Todas estas características lo hacen un alimento valioso que contribuye a una dieta saludable y balanceada con bajo aporte calórico (en promedio 75 calorías por huevo). Incluso Ruxton et al., (2010) comentan que hay evidencia que los huevos se asocian con saciedad, manejo del peso, y una mejor calidad en la dieta; es decir que el consumo de huevo se relaciona con buena nutrición y beneficios a la salud.

## 2. Capítulo 2. Mercado del huevo

Gracias a los avances en genética y tecnología, tanto a nivel mundial como nacional, la avicultura presenta un gran crecimiento. Lo cual mejora la oferta del producto y facilita el acceso al consumo de uno de los alimentos con un nivel de proteína de alto valor biológico y de los más completos en la nutrición humana, el huevo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), & Sistema de Información de precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA), 2013).

El crecimiento y la producción de huevos van de la mano con la demanda, que claramente depende del poder adquisitivo de las personas, el mercado objetivo y el consumidor final. Hacia el 2011 la tasa de producción promedio del huevo fue de 2.1% con 70.5 millones de toneladas (Zuluaga et.al, 2014). A nivel mundial la última década presentó un crecimiento del 24% según la FAO, pasando de una producción de 1007 millones de huevos en el 2002 a 1249 millones en el 2012 y para Colombia, en comparación con el 2012, el 2013 fue un año que significó un crecimiento del 4.9% (11.127 huevos) (Cámara de Comercio de Cali, 2014).

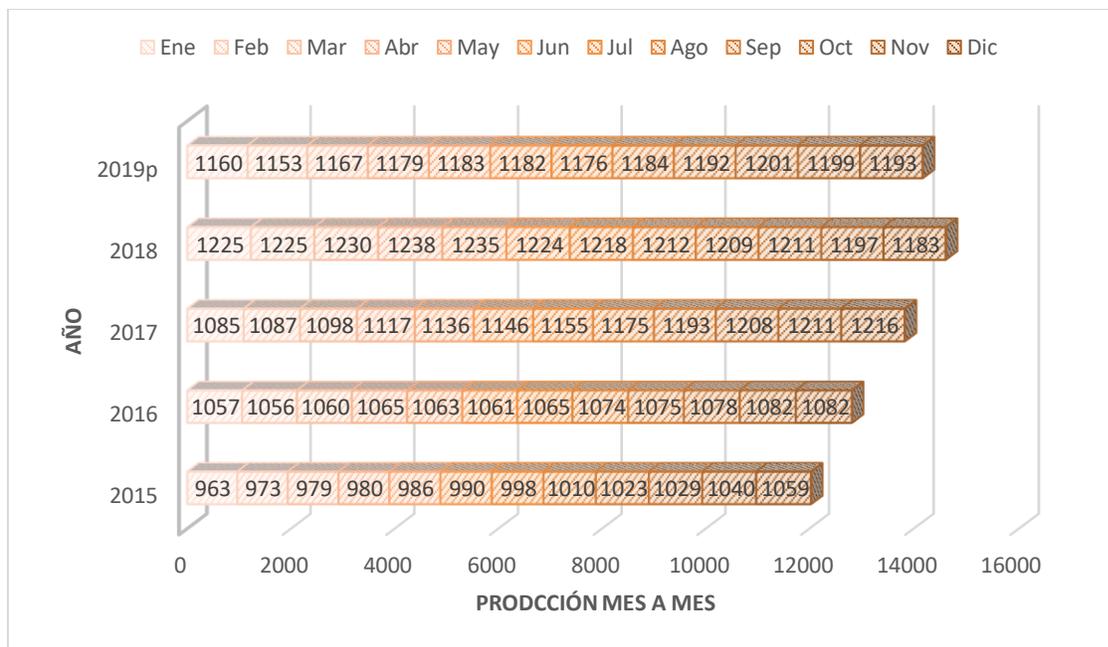
Para este tiempo, el consumo de huevo per cápita incremento, entre el 2000 y el 2013 aumento con un promedio de 6 huevos anual es decir de 160 a 236 unidades, esto debido a que es la proteína más barata del mercado y es un producto que más movimiento tiene en una tienda luego de las bebidas. Las personas de estratos 1 y 2 escogen el huevo para ser la proteína del almuerzo y la cena, y estratos 4 y 6 primordialmente se utiliza de desayuno (Aguilera, 2014).

Para el 2017 la producción de huevos creció un 7.9%, el encasetamiento de aves aumento a 7.5% y el consumo per cápita pasó de 262 a 279 huevos habitante año entre el 2016 y el 2017; es decir que en comparación con el año anterior, aumento en 17 huevos el consumo por persona proyectando un aumento de 15 unidades adicionales para el año 2018 (Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI), 2018).

Para el año 2018, el sector avícola creció un 4.5%, lo que menciona la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI, 2019) como un registro histórico en producción de pollo y huevo. El huevo alcanzó cifras de 14.606 millones de unidades producidas, es decir

876 mil toneladas superando en 5.6% al 2017 que produjo 13.827 millones de unidades; lo que equivale a un consumo per cápita de 293 huevos habitante año.

*Gráfica 1. Producción de huevos (millones de unidades)*

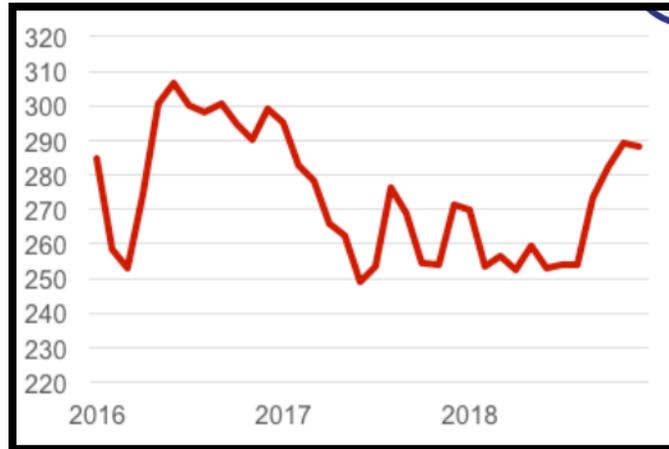


Fuente: FENAVI, 2019

La tendencia de crecimiento de la producción de huevos se observa en el gráfico 1; en donde se puede analizar que la industria ha crecido a un ritmo acelerado durante los últimos años, aunque lo que no se observa allí es que dicha expansión del sector se debe a la fluctuación de precios del huevo en el mercado, ya que a partir del año 2000 han caído progresivamente por más de una década, lo que permite que en un hogar con el ingreso de un salario mínimo haya constantemente una cubeta de huevos (Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI, 2019).

En cuanto a los precios del huevo (gráfica 2), se ven ajustados desde finales del 2017 hasta aproximadamente septiembre del 2018, pese a que hubo oferta en crecimiento, los precios no alcanzaron las expectativas de los productores, de hecho, el IPC (índice de precio al consumidor) estuvo negativo hasta el mes de septiembre, desde allí hubo un incremento del 1.2% (FENAVI, 2019).

*Gráfica 2. Precios huevo rojo AA \$ por unidad*

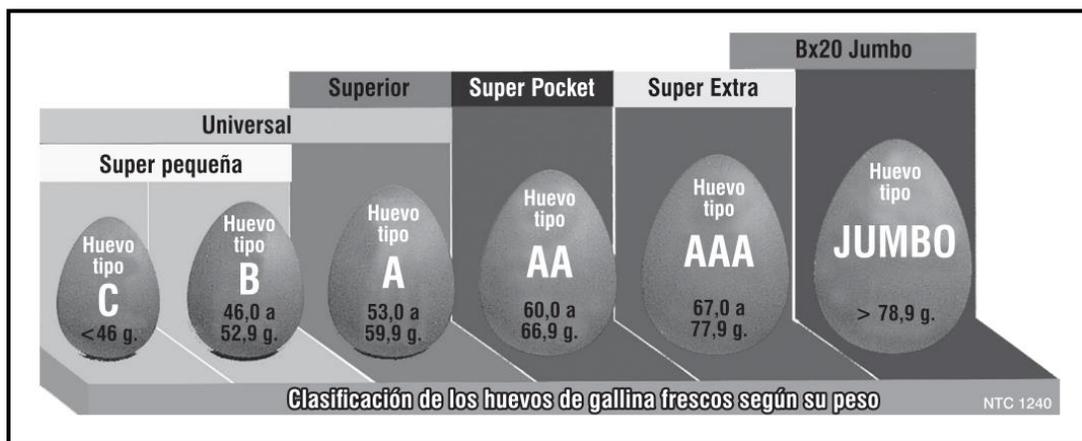


Fuente: FENAVI, 2019

Ahora bien, en torno al mercado del huevo, es indispensable saber cómo se comercializa este, y es que como se ha venido diciendo, las tendencias hacen que los productores innoven en productos y en presentaciones.

En primer lugar, el peso del huevo es un factor decisivo a la hora de adquirir una cubeta de huevos. El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2011), define como deben ser los rangos de peso para la clasificación y venta de los huevos (gráfica 3).

Gráfica 3. Clasificación de los huevos de gallina según su peso



Fuente: ICONTEC (2011)

En adición, el productor que quiera comercializar huevos debe cumplir con los requisitos presentados en la tabla 5.

*Tabla 5. Requisitos mínimos de calidad para el huevo fresco de gallina*

	<b>Cumplimiento</b>	<b>No cumplimiento</b>
<b>Cáscara</b>	Entera (sin grietas a simple vista).	Presencia de roturas o grietas a simple vista.
	Limpio, con presencia de sangre, polvo, excremento de aves, restos de huevo, en un área igual o menor al 25%.	Manchado o sucio en más de un 25% de su superficie.
	Color característico, dependiendo de la raza del ave.	Color no característico.

Fuente: Norma Técnica Colombiana 1240

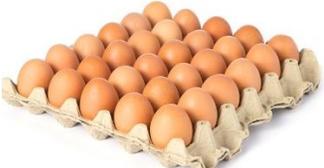
Entonces, 293 es el número consumo de huevo por habitante año en Colombia, en donde gran parte de esta producción de huevos se comercializa hacia el consumidor en las grandes cadenas o supermercados en su presentación original, es decir, en cáscara ya que de la producción total de huevos aproximadamente el 2.4% es destinado para la producción de ovoproductos (Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI), 2017).

Las presentaciones para huevos actualmente en Colombia (Incubadora Santander S.A, 2017) y el mundo son:

- Bandejas de cartón: De color uniforme fabricadas con material reciclable. NO deben contener manchas, libres de daños, con pestañas uniformes y bien definidas.
- Bandejas Pet: Fabricadas con plástico reciclable (R-PET), sin perforaciones, cambios de tamaño o decoloración, uniformes y con cierre definido.

En la tabla 6 se muestran las principales presentaciones del huevo en el mercado nacional en su forma tradicional, empacados en pulpas de diferente tamaño de huevos y cantidad; mientras que en la tabla 7 se encuentran los huevos del mercado alternativo; “funcionales”.

Tabla 6. Presentación tradicional de huevos en el mercado nacional

<p><b>Santa Reyes x 6 unid.</b></p>  <p>Huevo A (53-59.9 g) rojo o blanco</p>	<p><b>Cubeta x 12 unid.</b></p>  <p>Huevo A-AA rojo o blanco</p>	<p><b>Cubeta x 30 unid.</b></p>  <p>Huevo A-AA rojo o blanco</p>
<p><b>Cubeta x 20 unid.</b></p>  <p>Huevo Jumbo rojo o blanco</p>	<p><b>Empaque Pet x 12 unid.</b></p>  <p>Huevo A-AA-AAA rojo o blanco</p>	<p><b>Empaque Pet x 15 unid.</b></p>  <p>Huevo A-AA rojo o blanco</p>

Fuente: Autor, 2019

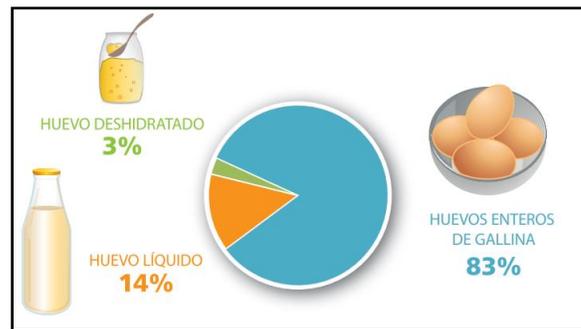
Tabla 7. Presentación en el mercado de huevos funcionales

<p><b>Huevos con omega-3</b></p>  <p>Huevos AA-AAA fortificados con omega-3</p>	<p><b>Huevos reducidos en colesterol</b></p>  <p>Huevos AA con 25% menos colesterol</p>	<p><b>Huevos de gallina feliz</b></p>  <p>Huevos A- AA de gallinas en pastoreo</p>
<p><b>Huevos con antioxidantes</b></p>  <p>Huevos AA fortificados con vitamina E</p>	<p><b>Claras de huevo pasteurizadas</b></p>  <p>Claras de huevo líquidas o en polvo para el hogar</p>	<p><b>Huevos Kösher</b></p>  <p>Huevos AA de granjas certificadas Kösher</p>

Fuente: Autor, 2019

A nivel mundial, el mercado del huevo se diversificó mucho antes que, en Colombia, por la necesidad de llegar a nuevos mercados y también ofrecer productos inocuos y de gran calidad; por esta razón, los volúmenes de exportación de los ovoproductos se encuentran en la figura 2.

*Figura 2. Porcentaje de exportación a nivel mundial*



Fuente: (FAO, 2015)

Dicho esto, los huevos a nivel mundial se expiden en cáscara o como ovoproductos; aunque en cáscara, se pueden encontrar clasificados o no clasificados (tabla 8), por tipos de huevo, de empaque precios y puntos de venta (Briñez et al., 2017).

*Tabla 8. Presentación huevos en el mundo*



Fuente: Autor, 2019

Además de su presentación tradicional, la venta de los huevos depende de las exigencias de cada país, entre estos se incluyen (Guyonnet et al., 2010):

- Calidad de los huevos
- Lavar los huevos es obligatorio en algunos países, en otros es una práctica no permitida.

- Remover huevos sucios, huevos rotos, y huevos con defectos (revisando factores externos e internos).
- Pesaje de huevos.

De igual manera, dentro del establecimiento comercial se divide el mercado de huevo de la siguiente manera:

- Especie de ave (Tabla 9).
- Color
- Especialidad (Tabla 10).

Tabla 9. Venta de huevos por especie de ave



Fuente: Autor, 2019

Tabla 10. Huevos por tipo de producción



---

Fuente, Autor, 2019

## 2.1 Nuevos productos

Al ser el huevo un producto versátil, las necesidades del consumidor han exigido diversas presentaciones y diversificación en el portafolio, por esta razón hoy en día no solo se expende el huevo de manera tradicional (en cubeta), sino que dependiendo del consumidor objetivo se ha innovado para garantizar la inocuidad y la calidad (Santana, 2008).

De ahí se comienza a emplear el nombre de “ovoproducto”, los cuales se definen como huevos, o mezclas o componentes de estos, luego de una transformación a nivel industrial por medio de procesos como el liofilizado, la pasteurización, cocido, deshidratado, congelado, etc., y que ha sido elaborado por empresas autorizadas para dicho fin (Sceni et.al, 2017).

La Cámara de Comercio de Cali (2014), define el termino ovoproducto como “los diferentes productos obtenidos a partir de la rotura y el procesamiento del huevo en cáscara. Al mismo tiempo, los ovoproductos pueden presentarse en estado líquido o deshidratado y con agregado de aditivos y/o ingredientes tales como sal y azúcar”.

Y la Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI) (2019), menciona que son “los productos obtenidos a partir de huevo, de sus diferentes compuestos o sus mezclas, que están destinados al consumo humano directo, para la fabricación de alimentos o como insumos o materias primas para la industria, sometidos a procesos tecnológicos tales como la pasteurización, ultra-pasteurización, concentración, deshidratación o coagulación”

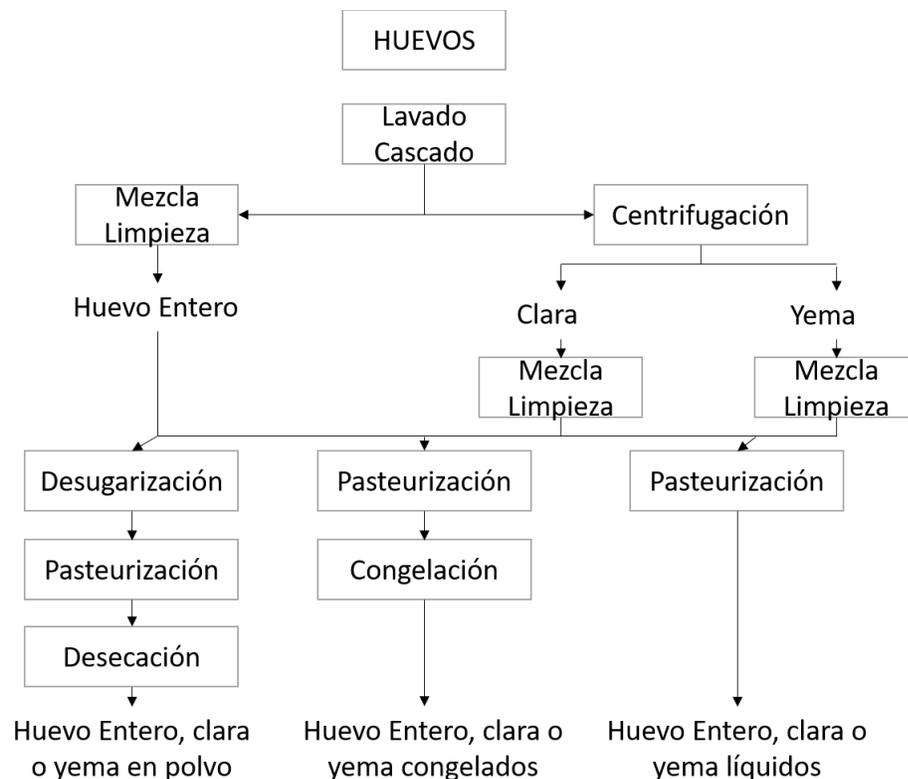
Dicho esto; según Erika (2013), algunos ejemplos de ovoproductos son:

- Huevo cocido; con o sin cáscara
- Huevo Pasteurizado (entero, clara o yema): Este se obtiene luego de aplicar vapor entre 60-65°C hasta por 3 minutos. Este procedimiento se realiza para eliminar los microorganismos patógenos (como la Salmonella); este se realiza en huevo entero, batido o a las claras luego de su separación de las yemas. Luego de dicho proceso, se comercializa el huevo ya sea entero, las claras o las yemas; este debe permanecer congelado sin interrumpir su cadena de frío y su periodo de conservación oscila entre los 5 y 12 días (Keener, 2017).

- Huevo deshidratado o liofilizado (entero, yema o clara): Mediante este, el huevo fresco o que ha sido congelado con antelación, es transformado en polvo, este se obtiene por medio de la eliminación de la mayoría del agua que lo compone. De esta manera se logra la conservación en perfecto estado a lo largo de un año, manteniendo las condiciones de temperatura e higiene requeridas (Lima et al., 2018).

Dependiendo del destino de los huevos, los huevos atraviesan diferentes procesos el cual lleva un orden; en la gráfica 4 se puede observar los pasos de los huevos procesados; de igual manera en la tabla 11 se observan las características físico-químicas de los ovoproductos deshidratados y líquidos.

Gráfica 4. Proceso de elaboración de los ovoproductos



Fuente: Adaptado de Instituto de Estudios del Huevo, 2009b

Tabla 11. Requisitos bromatológicos para los ovoproductos líquidos y deshidratados

Ovoproductos líquidos	Humedad (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	Grados Brix (%)	Sólidos totales (%)
Clara líquida/100 g	-	<1,0	8,0 a 12,0	12,0 a 17,0	10,0 a 1,5
Yema líquida/100 g	-	23,0 a 28,0	14,0 a 16,0	40,0 a 45,0	38,0 a 46,0
Huevo entero líquido/100 g	-	7,0 a 11,0	10,0 a 13,0	24,0 a 27,0	22,0 a 25,0
Ovoproductos deshidratados	Humedad (%)	Grasas (%)	Proteína (%)	Grados Brix (%)	Sólidos totales (%)
Huevo entero deshidratado/100 g	≤5,0	≥25,0	45,0 a 50,0	-	>95,0
Clara deshidratada/100 g	≤8,0	<1,50	78,0 a 83,0	-	>92,0
Yema deshidratada/100 g	≤5,0	52,0 a 58,0	30,0 a 33,0	-	>95,0
Nota 1 Los análisis se realizan en base seca					
Nota 2 Los análisis se realizan al producto sin aditivos, ni ingredientes					

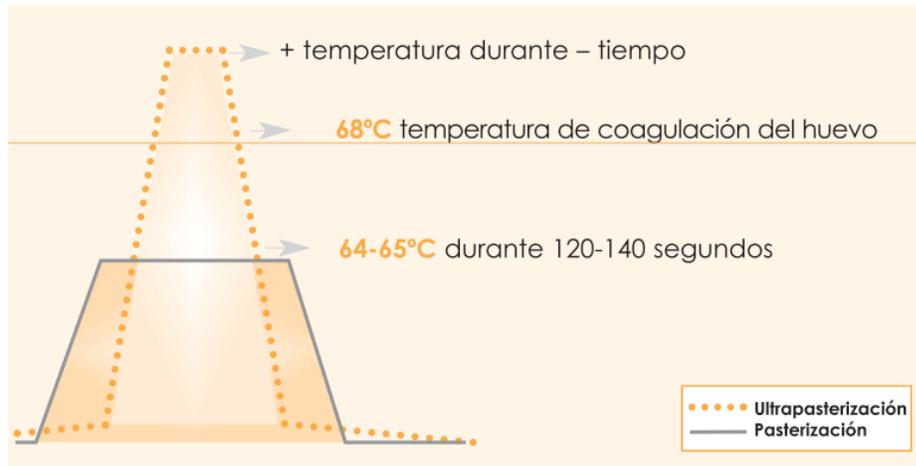
Fuente: ICONTEC, 2015

## 2.2 Huevo pasteurizado

El proceso de pasteurización en el huevo se realiza no solo para alargar su vida útil, sino también para asegurar la inocuidad del producto al consumidor, ya que dicho proceso asegura la eliminación de microorganismos patógenos por medio de la combinación de temperatura y tiempo (Sceni et al., 2017). Además, el ovoproducto que resulta luego de la pasteurización, es el ingrediente adecuado para la elaboración de distintos tipos de alimento manteniendo su calidad nutricional, características físico-químicas y sobre todo un excelente estándar de calidad e inocuidad (Instituto de Estudios del Huevo, 2009b).

Con la combinación de la temperatura y el tiempo utilizado en la pasteurización, se logra eliminar microorganismos patógenos como la *Salmonella* (Froning et al., 2002). Incluso, como se observa en la figura 4, existen 2 métodos para pasteurizar: La pasteurización realizada de 64-65°C por 2 minutos, o la ultrapasteurización con temperaturas de 150-200°C en tiempo no mayor a 8 segundos (Harder et al., 2017).

Gráfica 5. Temperaturas de pasteurización y ultrapasteurización en ovoproductos



Fuente (Instituto de Estudios del Huevo, 2009b)

Premium Nutriegg (2018) menciona que el huevo pasteurizado es “elaborado a partir de huevos enteros, sometido a proceso de pasteurización. Es decir, es aquel privado de la cáscara, que conserva las proporciones naturales de la clara y de la yema, las que mezcladas dan lugar a un producto homogéneo”.

Las características del huevo luego del proceso de pasteurización o de ultra-pasteurización son indispensables para poder ser comercializados. Estos lineamientos se encuentran en la tabla 12 con las características sensoriales del producto luego de su pasteurización y en la tabla 13 los requisitos fisicoquímicos.

Tabla 12. Características sensoriales del producto

Producto	Características Sensoriales			
	Color	Aroma	Apariencia	Textura
Huevo entero líquido pasteurizado	Anaranjado	Característico y natural a huevo	Líquido viscoso, libre de partículas de cáscara y materias extrañas	Viscoso

Fuente: Premium Nutriegg, 2018

*Tabla 13. Requisitos fisicoquímicos para los ovoproductos líquidos pasteurizados o ultra-pasteurizados*

Ovoproductos líquidos pasteurizados y/o ultra-pasteurizados	pH	Grados Brix
Clara	8,0 a 10,0	12,0 a 17,0
Yema	6,0 a 7,0	40,0 a 45,0
Huevo Entero	6,8 a 7,8	24,0 a 27,0

Fuente: ICONTEC, 2015

Según la Cámara de Comercio de Cali, (2014); en el mercado colombiano, existen 5 empresas que se dedican a la elaboración de ovoproductos; estas son: Ovopacific (Cauca), Avinal (Antioquia), Triple A (Tolima), Alcampo (Santander) y Santa Reyes (Cundinamarca); cuyas presentaciones varían de acuerdo al consumidor, por eso tiene línea hogar e industrial, es decir sus productos son una línea especial con grandes presentaciones. Las principales se encuentran en la tabla 14.

*Tabla 14. Presentaciones huevo líquido (Entero, Claras, Yemas).*

Presentación Hogar	Presentación Mediana	Bag in box
 <p>Presentación de 1 a 3 litros, de 20 a 60 huevos por A.</p>	 <p>Garrafa con tapa de seguridad de 1 a 5 Kg; contiene hasta 100 huevos A.</p>	 <p>De 3 a 20 Kg; que van desde 60 a 400 huevos A.</p>
<b>Tambor</b>		<b>Contenedor</b>
 <p>Bolsa aséptica y tanque de polietileno de alta densidad de 200 Kg; 4.000 huevos tipo A.</p>		 <p>Bolsa aséptica y contenedor de polipropileno de 1 Ton; 20.000 huevos tipo A.</p>

Fuente: Autor, 2019

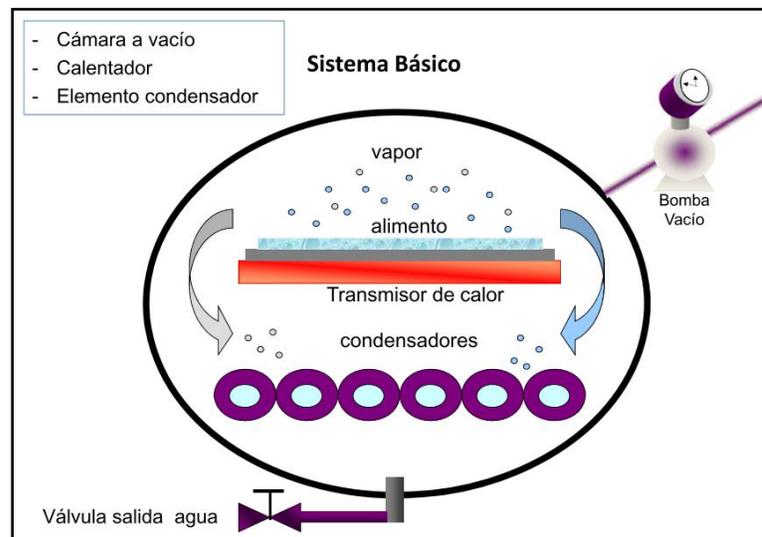
## 2.3 Huevo deshidratado o liofilizado

Es un método de conservación a largo plazo, donde se extiende la vida útil hasta por un año. “El principio del secado por atomización se basa en la atomización del líquido del huevo con alta presión (130 a 200 bares) en aire caliente; con temperaturas que varían de 160 a 194°C (figura 3). Aproximadamente 12 segundos después, el producto se convierte en polvo y está listo para ser envasado” (MOBA, 2010).

La liofilización es la deshidratación por sublimación en bajas presiones y temperaturas, se basa en la congelación rápida del huevo líquido a -35 o -40°C; posteriormente se da paso a la sublimación que es elevar la temperatura en un tanque al vacío y se consigue la deshidratación (Industrias Alimentarias, 2016).

La ventaja de los procesos de atomización y liofilización, aparte de extender su vida útil, es que reducen los costos en el transporte, debido a su peso y volumen final ya que aproximadamente 9 kg de albumen líquido se reducen a 1 kg de huevo en polvo (Wu, 2014).

Figura 3. Esquema del deshidratado por liofilización

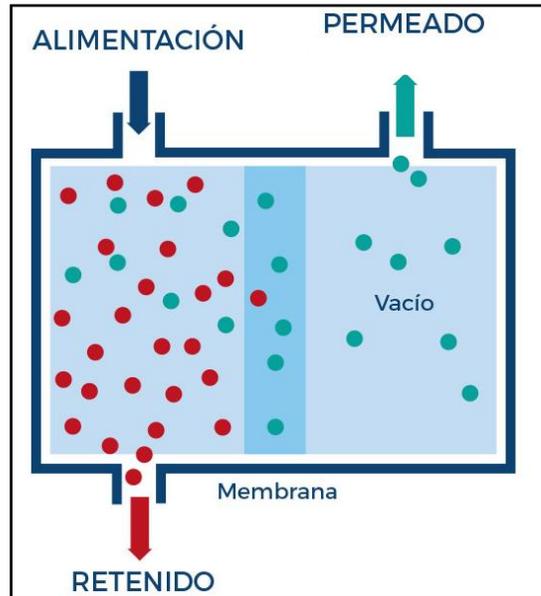


Fuente: Industrias Alimentarias, 2016

Aunque en algunas plantas realizan un proceso justo antes de la atomización o liofilización, el cual es la ultrafiltración o la osmosis inversa; que se basa en retirar la mayor cantidad de agua antes de realizar el proceso de aspersion (Harder et.al, 2017).

La ultrafiltración es la exclusión por tamaño, el agua del huevo pasa a través de una membrana mientras que las partículas de tamaño más grande no la atraviesan; el proceso de osmosis inversa es el movimiento del disolvente desde un área con baja concentración de solutos a través de una membrana, hacia un área con alta concentración de solutos (MOBA, 2010). En la figura 4 se observa el proceso más utilizado previo a la atomización o “spray drying” que es el método de concentración por membrana.

Figura 4. Esquema de concentración por membrana de la albumina



Fuente: Corominas, 2017

Al ser un producto idéntico (en características nutricionales) al huevo, sigue siendo un ingrediente para la cocina, pero con ventajas debido a su nueva presentación las cuales son (Ávila, 2016):

- Manipulación sencilla: Facilita almacenamiento, empleo y dosificación, preparación y reduce mano de obra.
- Versatilidad: Cada derivado posee un fin, así que solo se debe adquirir el necesario sin pensar en el restante.

- Menos trabajo: no hay que romper cáscaras ni eliminar residuos.
- Facilitan la distribución: Al disminuir peso y volumen, necesitan menor espacio, de transporte, distribución y almacenamiento.

En relación a lo que se mencionó anteriormente, en la tabla 15 se muestran las equivalencias entre los ovoproductos y el huevo en cáscara.

*Tabla 15. Equivalencia de los ovoproductos*

Ovoproducto	Equivalencia
1 Huevo entero en polvo	12 gramos
1kg de huevo entero en polvo	83 huevos
1kg de huevo entero líquido	20 huevos
1 clara de huevo en polvo	4 gramos
1kg de clara de huevo en polvo	250 huevos
1 kg de clara de huevo líquida	30 huevos
1 yema de huevo en polvo	8 gramos
1 kg de yema de huevo en polvo	125 huevos
1 kg de yema de huevo líquida	60 huevos

Fuente: Instituto de Estudios del Huevo, 2009a

Ahora bien; luego de realizar la pasteurización o la ultrapasteurización del huevo (entero, yemas o claras) este se somete al proceso de pulverización en el equipo “Spray Dry”; equipo de pulverización diseñado especialmente en secado de alimentos. De este proceso se obtiene un polvo muy fino 100% huevo de gallina, sin aditivos y libre de carga microbiana patógena (Vinicio et al., 2016). Sin embargo, dichos productos deben cumplir las especificaciones que se muestran en la tabla 16.

*Tabla 16. Requisitos fisicoquímicos para los productos deshidratados*

Ovoproductos deshidratados	pH*	Humedad (%)**
Clara	8,0 a 10,0	≤8,0
Yema	5,6 a 7,0	≤5,0
Huevo Entero	7,0 a 9,5	≤5,0
*Aplica para producto reconstituido		
**Aplica para producto en polvo		

Fuente: ICONTEC, 2015

En adición, el huevo a ser deshidratado pierde volumen, así que para reconstituirlo se necesita (Ovopacific, 2017):

- Huevo Entero en Polvo: Reconstituir 1 parte de huevo en polvo por 3 partes de agua.
- Yema de Huevo en Polvo: Reconstituir 1 parte de yema de huevo en polvo por 1.25 partes de agua.
- Clara de Huevo en Polvo: Reconstituir 1 parte de clara de huevo en polvo por 7 partes de agua.

Para finalizar, cada parte del huevo posee características diferentes que ofrecen diversas posibilidades para la utilización del mismo en la industria alimentaria, dependiendo de la función organoléptica o fisicoquímica que se requiera (Chambers et.al, 2017), a continuación, en la tabla 17 se resumen algunas de las propiedades que posee el huevo y sus usos en la industria alimentaria.

*Tabla 17. Usos del huevo en la industria alimentaria*

PROPIEDAD	APLICACIONES
Espumante	Merengues, mousses, soufflés y productos horneados
Adhesiva	Barritas dietéticas, variedades del pan, aperitivos
Aglutinante	Aperitivos, productos cárnicos, embutidos.
Clarificante	Vinos y zumos
Coagulante	Tartas y glaseado, flanes, pudines, natillas, surimi
Colorante	Bollería y pastelería, pasta, flan y natillas
Emulsionantes	Aderezos para ensaladas, salsas
Aromatizante	Natillas ,golosinas

Fuente: Elika, 2013

### 3. Capítulo 3. Fortificación de huevos de gallina

A pesar que el huevo es tan completo nutricionalmente, estudios actuales demuestran que dicha composición puede ser mejorada. Diversas investigaciones han verificado métodos para incrementar la funcionalidad del huevo por medio del enriquecimiento con sustancias adicionadas como: vitaminas, elementos trazas, ácidos grasos poliinsaturados, inclusive, la posibilidad de regular la cantidad de colesterol en la yema (Lesnierowski et.al, 2018).

Existe en el mercado diferentes tipos de huevos que varían según la forma cómo fueron producidos:

1. Huevos convencionales: Huevos estándar de expendio comercial donde las gallinas fueron alimentadas usualmente con alimento balanceado y en sistema de jaula o en piso (Healthline, 2017).
2. Huevos orgánicos: Huevos de gallinas que no fueron manejadas con hormonas o productos químicos y posiblemente su dieta está basada en alimentos orgánicos (Küçükyilmaz et.al, 2017).
3. Huevos de gallina en pastoreo: Gallinas no criadas en cautiverio, las cuales permanecen al aire libre, alimentándose de plantas, e insectos; sin embargo en su dieta también pueden recibir alimento balanceado en alguna cantidad (Buitrago et.al, 2016).
4. Huevos enriquecidos: Obtenidos de la suplementación dietaria a gallinas, por medio de elementos que permiten incrementar la concentración de algún componente alimentario en el huevo (Gallinger, 2013).

## 3.1 Fortificación en la producción primaria

La industria avícola ha sido de las que más crecimiento ha tenido en los últimos años, esto debido a que el consumo per-cápita tanto en el pollo como en el huevo, ha aumentado. “Adicionalmente, existe un potencial de crecimiento para el sector derivado, tanto de las posibilidades de expansión en el mercado interno, como del resultante de la apertura de nuevos mercados en el exterior y de los avances logrados en materia de productividad” (CONPES, 2009).

Dentro del campo de la alimentación y nutrición del ser humano es muy importante estar a la vanguardia ofreciendo productos que sean de calidad e inocuos; pero hoy día existen

factores que se podría decir que también van de la mano con estos, como son la funcionalidad de un alimento que le da un valor agregado al producto para que una persona se pueda beneficiar no solo adquiriendo un producto de alta calidad, sino que además contenga propiedades funcionales que puedan ayudar en la prevención de varias enfermedades (Romero, 2015).

De esta manera, y en adición a lo que se ha venido discutiendo, la alimentación en las gallinas es un factor decisivo no solo para obtener subproductos de la mejor calidad (huevo o carne) sino para ofrecerle al consumidor productos diferenciados y porque no, a la vez funcionales que le permitan escoger la mejor opción dentro del mercado existente. De esta manera, si aporta a la gallina una alimentación no solo nutritiva, sino además un valor agregado en cuanto a funcionalidad para la salud humana, el consumidor final seguirá escogiendo productos que además de nutrirlo, le aporten beneficios a la salud (Hester, 2017).

Lo anterior se realiza por medio de aditivos o suplementos alimentarios en la ración de las gallinas ponedoras. Estos, no generan impacto negativo en la dieta, o un desbalance de nutrientes o un régimen alimentario; es más, no significan una fuente de nutrientes en la avicultura y de no estar presentes en la ración, no resultan en un desbalance nutricional para el animal (Arpášová, et.al, 2013).

Existen dos maneras de agregarle un valor nutricional a un producto; la fortificación y el enriquecimiento. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial de la Salud (1991) definen la fortificación y el enriquecimiento como “la adición de uno o más nutrientes esenciales a un alimento, tanto si esta contenido normalmente en el alimento o no, con el fin de prevenir alguna carencia demostrada de uno o más nutrientes en la población o grupos específicos de población”; definición que se encuentra dentro de la norma internacional de los alimentos, “Codex alimentarius” CAC/GL 9-1987. Mientras que en la guía para la fortificación de alimentos con micronutrientes, el enriquecimiento es al adición de micronutrientes a un alimento y la fortificación es la práctica de incrementar un micronutriente esencial en un alimento; dichos términos son sinónimos (Organización Mundial de la Salud (OMS)., Organización de las Naciones Unidas, & para la Alimentación y la Agricultura (FAO)., 2017).

Los alimentos que son fortificados reciben el nombre de “alimentos diseñados”; los cuales son alimentos normales fortificados con ingredientes promotores de la salud. Dicho método

se inició en 1934 con Cruickshank, quien reportó que, por medio de intervenciones en la dieta de gallinas, se podía modificar la composición de ácidos grasos en la yema de huevo (Rajasekaran et.al, 2012). Lo cual significa que existen aditivos o suplementos alimenticios que se adicionan a las raciones de las gallinas ponedoras para fortificar el huevo.

Chambers et.al, (2017) asegura que los huevos pueden presentar diferencias en el contenido de sus nutrientes dependiendo de cómo fueron criadas y alimentadas las gallinas, ya que algunos de sus componentes pueden ser transformados por medio de la fortificación de la alimentación aviar lo cual resultará en el enriquecimiento del huevo. Algunos de estos pueden ser: el contenido de carotenoides (luteína, zeaxantina y licopeno), minerales, vitaminas, ácidos grasos esenciales (Silvetti et.al, 2017).

### **3.1.1 Fortificación del contenido de carotenoides**

Es bien sabido que el consumidor es quien pone las pautas de cómo debe ser un producto alimenticio; por esta razón la avicultura ha tenido que innovarse para ofrecer diferentes productos. Sin ir lejos, la yema es uno de los aspectos en los que más se fija un cliente, ya que sin duda es sinónimo de calidad y frescura (Benjumea et.al, 2010). Es por esta razón que en la industria avícola que se dedica a la producción y comercialización de huevo de gallina, se realiza la práctica de adicionar pigmentos (carotenoides o xantófilas) en ciertas cantidades a la ración de las gallinas ponedoras (Cuevas et.al, 2013).

Los carotenoides son compuestos encontrados en plantas y otros seres vivos como animales, algas, bacterias y hongos. Aunque son los responsables de los colores amarillos, rojos y naranjas, su función no es la de proporcionar color (A. J. Meléndez, 2017). De hecho, intervienen en el proceso de captación de luz para el proceso de fotosíntesis en plantas, actúan como sustancias fotoprotectoras e inhiben la propagación de radicales libres, lo que impide la acción de estos a nivel celular (Mínguez et.al, 2005).

Estos compuestos químicamente son lipofílicos, se pueden clasificar en hidrocarburos saturados (carotenos) y en xantófilas, que se localizan en las células vegetales al interior de los cloroplastos o cromoplastos; por tal razón los animales no los pueden sintetizar, pero si los pueden modificar estructuralmente (Montero, 2009).

En las aves, los carotenoides son absorbidos y depositados según el sexo; por ejemplo, en machos le otorgan el color a sus plumas, lo cual les permite atraer a las hembras; sin

embargo, esta deposición depende del estado fisiológico del macho de lo contrario el organismo utilizara dichos carotenos como fuente de vitamina A o como antioxidantes (DSM, 2011). En las hembras, los carotenoides van directamente a los depósitos de grasa y en mayor proporción, a los ovarios ya que fisiológicamente, su presencia en el huevo es beneficiosa para el embrión ofreciéndole protección antioxidante y capacidad nutritiva (Carné et.al, 2015). Debido a esto, la coloración en la yema de huevo puede variar desde amarillo pálido hasta naranja oscuro (Miranda et al., 2015).

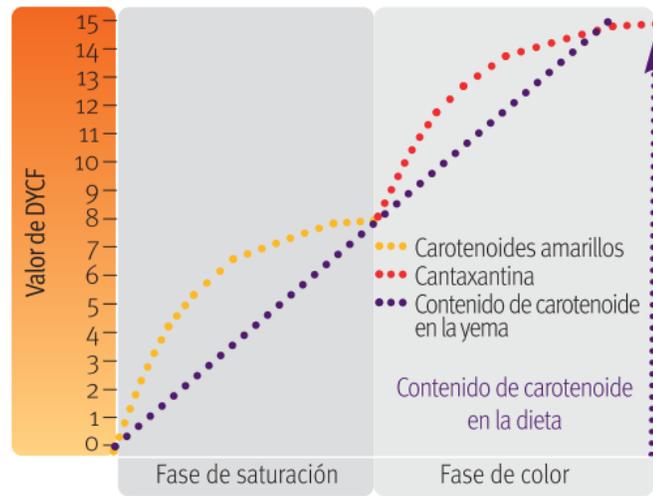
La deposición de los carotenoides en el organismo depende de la absorción intestinal, la utilización, la excreción y la especie animal. Los mamíferos absorben los  $\beta$ -carotenos mientras que las aves y los peces, aprovechan las xantófilas mucho mejor (Brenes, 2014).

Es debido a esto que en México descubrieron la flor de cempasúchil (*marigold*) como una fuente rica en carotenoides y que además pigmenta la piel de los pollos de engorda y la yema de los huevos, lo que trajo consigo la industria de los tagetes utilizado como fuente de luteína en la alimentación humana y animal (DSM, 2011).

Los carotenoides de la yema de huevo son la luteína y la zeaxantina; que son pigmentos carotenoides amarillos no pro vitamínicos, encontrados en las lipoproteínas presentes en la yema de huevo; aunque dependiendo de la alimentación de las gallinas, también es posible encontrar cantaxantina (carotenoide rojo) en el huevo (Parra et al., 2017).

DSM (2013), asegura que hay dos pasos para proveer color a la yema (figura 5), la fase de saturación que es la deposición de carotenoides amarillos tratando de lograr una coloración 7 en la escala de roche o abanico de color de yema; para seguir con la fase de color en donde se adiciona una cantaxantina para que el color gire hacia una tonalidad naranja-rojizo.

Figura 5. Fases de pigmentación de la yema de huevo



Fuente: (DSM, 2013)

Según Cuevas et al. (2013), los principales alimentos que aportan carotenoides a la dieta de una gallina son:

- **Maíz:** Posee un 54% de xantofilas, 23% de zeaxantina y 8% de cryptoxantina. De estos tres; la zeaxantina es la más absorbible y posee un intenso color naranja; esto aproximadamente de 14 mg por kilo de comida cuando es única fuente de pigmentación (Carné et.al, 2015).
- **Pimentón:** La capsantina es su pigmento principal, usado en proporciones de 0.35mg por cada 100g de alimento; obteniendo un color de yema no tan naranja (Li et al., 2012).
- **Gluten de maíz:** Subproducto de elaboración de almidón y glucosa. Contienen una gran cantidad de proteína y de lípidos, pero es pobre en aminoácidos esenciales, por lo que no debe suministrarse sola en dietas a gallinas (DSM, 2013).
- **Algas:** Gran contenido de xantofilas, proporcionar de un 10-15% en cada ración diaria, es suficiente para obtener un color naranja (Carrillo et al., 2012).
- **Harina de pétalos de maravilla:** La mayor fuente de xantofilas, logra aportar una pigmentación adecuada en la yema de huevo con una dosis de 30mg de xantofila por kilo de alimento (Romero, 2015).

- Alfalfa: Su componente de color principal es la luteína; y con un nivel de inclusión del 15-20% de harina de alfalfa se alcanza un color adecuado en la yema (Hammershøj et.al, 2016).

### 3.1.2 Fortificación de ácidos grasos

La composición de los ácidos grasos del huevo es alterada fácilmente por medio de la dieta de la gallina, ya sea cambiando la cantidad o el tipo de grasa en el alimento. Por esta razón los ácidos grasos omega-3 y el colesterol son los componentes lipídicos que más se han intentado modificar (Gil et.al, 2016).

Kerns (2010) asegura que la fortificación del huevo se basa en la modificación de su perfil de ácidos grasos y que en la universidad de Tel Aviv científicos reportaron que un huevo fortificado puede aportar el 14% de grasas poliinsaturadas de la ingesta total diaria; ya que contiene 115 mg de ácidos grasos omega-3 en comparación con los 49 mg de un huevo común.

El objetivo del enriquecimiento de huevos con ácidos grasos es obtener huevos en los cuales las cantidades de ácidos grasos poli-insaturados (PUFA por sus siglas en inglés), omega-3 y omega-6 estén contenidos en proporción 1:1; incluso se han reportado datos que en huevos grandes se depositan hasta 600 mg de ácidos grasos omega-3 equivalentes a 100 g de pescado (Lesnierowski et.al, 2018).

Debido a esto, existen diversos trabajos de investigación enfocados en el enriquecimiento tanto de huevo como carne con ácidos grasos omega-3, suplementando los animales con raciones de materias primas con un contenido rico de n-3; como crustáceos, aceites de pescado semillas de girasol, semillas de lino o algas (Martínez, 2015).

La naturaleza de la digestión de las gallinas permite la transferencia de ácidos grasos de la dieta al producto animal final. Ya que la lipasa pancreática descompone los triacilgliceroles en 2 monoacilgliceroles y ácidos grasos libres y con ayuda de la lipoproteína lipasa, las micelas de grasas que se formaron, son fácilmente transportadas a todo el organismo, es decir que los ácidos grasos de la dieta se absorben por los tejidos sin cambio alguno, por esta razón las fuentes lipídicas de ácidos grasos en las dietas de las aves tienen un efecto directo en sus productos finales (Woods et.al, 2009).

La importancia de esta fortificación radica en que los ácidos grasos polinsaturados omega-3 ayudan en la prevención de enfermedades cardiovasculares, hipertensión, cáncer, diabetes y reducen el contenido de colesterol (Cornejo et.al, 2008). Esto porque estimulan la síntesis de proteínas de alta densidad las cuales se encargan de disminuir las concentraciones de triglicéridos, reducen la absorción del colesterol, aumentan la excreción del colesterol (Carrillo et al., 2012).

El contenido de n-3 ha sido satisfactorio cuando se incluye aceite de pescado en la dieta de las gallinas; sin embargo, cuando se suplementa con valores que sobrepasan el 1.5% de la inclusión, el producto se afecta sensorialmente reportándose sabores a pescado, por esa razón utilizan la técnica de deodorización del aceite lo que aumenta los niveles de ácido alfa linolénico (ALA), ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) sin alterar ninguna propiedad sensorial del huevo (Samman et al., 2009).

Bash (2015) comenta que producir huevos con ácidos grasos omega-3 se realiza con los siguientes objetivos:

- Fortificar un huevo con ácido  $\alpha$ -linolénico, el cuál es precursor de DHA el cual ejerce acción protectora contra enfermedades cardiovasculares. Para dicho propósito se implementan las ponedoras con semilla o aceite de lino.
- Incluir en la dieta DHA pre-formado utilizando aceite de pescado.

Kim et.al (2016), menciona en su investigación que las gallinas que han sido criadas con linaza molida dentro de su alimentación regular, son capaces de poner huevos denominados “fortificados” en ácidos grasos omega 3; ya que esta semilla posee una gran cantidad de ácido alfa-linolénico y esta ingresa en el organismo del ave y vuelve a salir dentro de la yema de huevo (Khan et al., 2017).

Dicho estudio es confirmado por Muduli et al., (2018) quien menciona que el método fue patentado en los la década de 1980 con el nombre de “Huevo diseñado del profesor Sim”, con el cual lograron que el ácido graso saturado de la yema fuera reemplazado con 3 ácidos grasos insaturados. En donde el triglicérido paso a ser ácido linolénico y los fosfolípidos sustituidos por los ácidos eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) (Rajasekaran et.al, 2012).

La semilla de lino es una de las materias primas utilizadas para la fortificación de la yema de huevo con omega-3. Betancourt et al., (2009) menciona que se encuentran niveles hasta del 30%, lo que significa que se incrementa 44 veces el contenido de ácido  $\alpha$ -linolénico, así como también aumenta la tasa de deposición de EPA y DHA. Mientras que Kim et al.,(2016) asegura que incluir linaza al 15% en la dieta de las ponedoras enriqueció los huevos con ALA (ácido  $\alpha$ -linolénico) al 7.1%, ácido docosapentaenoico (DPA) al 0,15% y DHA al 1,8% del peso de la yema.

Otra fuente de este tipo de ácidos grasos es la verdolaga (*Portulaca oleracea*), la cual ha demostrado la disminución en el contenido de ácidos grasos saturados y el aumento de poliinsaturados como el linoléico (LA), linolénico (ALA) y docosahexaenoico (DHA) y esto con un porcentaje de inclusión del 20% de verdolaga deshidratada (Martínez, 2015).

Fredriksson et.al, (2006), demostraron que con la inoculación de la microalga *Nannochloropsis oculata* la cual es fuente rica de ácidos grasos poliinsaturados como el EPA (ácido eicosapentaenoico), enriquece la dieta de las ponedoras y permite que sus huevos tengan un alto contenido de ácidos grasos omega-3, incrementando la fracción de DHA en la yema de huevo.

### 3.1.3 Fortificación con micro-nutrientes

Las vitaminas y algunos minerales también se pueden enriquecer en el huevo de gallina. Como es el caso de la vitamina E, la cual es una vitamina liposoluble conocida por su acción antioxidante contra los radicales libres que ocasionan daños en células, órganos y tejidos y su componente más abundante es el  $\alpha$ -tocoferol (Mar et.al, 2011).

De manera que, la dieta de las gallinas es el factor decisivo para la incorporación de vitaminas y minerales en el huevo; es decir, los estudios demuestran a través de los años que hay una relación directa entre el producto final y la alimentación de las ponedoras lo que significa que las gallinas son un canal intermedio (Castro, 2015). La incorporación de micronutrientes al huevo es favorecida por el metabolismo de la gallina, esto debido a que la absorción y división de nutrientes siempre pone en primer lugar el huevo por sobre el tejido corporal y demás funciones; y la yema al ser una excelente fuente de lípidos actúa como el mejor reservorio de vitaminas tanto liposolubles como algunas hidrosolubles. Lo que significa que la yema de huevo es el mejor depósito de vitamina E seguido del hígado, tejido adiposo y carne (Ward, 2017).

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el vehículo para la absorción de la vitamina E en el organismo de la gallina, es el contenido de grasa en la dieta, ya que estas se absorben juntas; pero si la calidad de la grasa en la dieta es nula, esto significa un posible enranciamiento de la misma y por ende la vitamina E se oxidará y será menos disponible para su absorción (Sánchez, 2012).

Es precisamente por su acción y capacidad antioxidante, que las primeras inclusiones de vitamina E que se realizaron en la dieta de ponedoras, era para prevenir el enranciamiento de los ácidos grasos en el huevo; es decir aumentaban los niveles de grasa en la dieta, para que fueran huevos fortificados con ácidos grasos poliinsaturados, pero esto desencadenaba sabores a grasa rancia en el producto final, así que, con cierto nivel de inclusión de la vitamina E y disminuyendo el de grasa, encontraron un balance que permitía tener huevos ricos en ácidos grasos pero sin sabores desagradables (Bargellini et al., 2008). No obstante, cuando la dieta se suplementa con porcentajes de inclusión mayores al 10% de linaza, la vitamina E no es una solución para evitar sabores extraños aunque Tahergorabi et al., (2017) asegura que cuando se suplementan grasa y vitamina E en niveles adecuados se obtiene huevos como los de la compañía Gold Circle Farms con un contenido de 150 mg de DHA y 6 mg de vitamina E.

Carné et.al (2015), aseguran que al suplementar con vitamina E la alimentación de las gallinas, alcanzan el nivel máximo dentro de la composición nutricional del huevo luego de 3 semanas del tratamiento en las mismas, incluso es fácil incrementar la cantidad de la vitamina en el huevo y asimismo es atractiva para el consumidor.

Para esta suplementación se pueden utilizar fuentes vegetales o minerales; por ejemplo, el aceite de soja y el haba, son buenas fuentes de vitamina E. Para la inclusión en la dieta se utiliza aceite crudo por su alto contenido y por su biodisponibilidad para el metabolismo de la ponedora. Para los piensos se utiliza la vitamina de origen industrial o sintética ya que es más activa y se absorbe mucho mejor, aunque esta debe ser protegida con gelatinas para evitar pérdidas por oxidación (Pérez et.al, 2013). Aunque otra manera que incluso es más económica para fortificar un huevo con vitamina E es por el método de pastoreo, ya que algunos forrajes pueden contener tocoferol o derivados que en el metabolismo con dirigidos como vitamina E a los ovarios (Küçükyilmaz et.al, 2017).

Otra manera de incrementar el contenido de vitamina E en la yema, es por medio de la suplementación con selenio (Se) a la dieta de las gallinas. Esto debido a que Skrivan et.al, (2010) ha demostrado en estudios que el selenio incrementa el contenido de  $\alpha$ -tocoferol en las yemas de huevo y de manera similar, la suplementación con 625 mg de vitamina E incremento la deposición de selenio en yemas y claras de huevo.

Esta sinergia se debe a que gracias al glutatión peroxidasa, la vitamina E junto con el selenio y otros agentes antioxidantes, reducen los efectos negativos de las reacciones peroxidativas sobre las células vivas. Es decir que son antioxidantes complementarios debido a que la vitamina E evita que los radicales libres inicien la peroxidación de la grasa mientras que el selenio reduce a alcoholes los peróxidos alcanzados a formar (Rey, 2007).

El selenio cobra importancia porque es un elemento traza esencial para humanos y animales, puesto que es un componente mayoritario en distintas rutas metabólicas y es el antioxidante para el sistema inmune y las defensas del organismo, lo que significa que al deficiencia del Se sin duda aumenta la susceptibilidad a contraer infecciones, enfermedades cardiovasculares, desordenes de tiroides afecciones inflamatorias e incluso cáncer (Bargellini et al., 2008).

En aves, el selenio es crucial para el desarrollo embrionario. Los estudios demuestran que la cantidad de selenio que se deposita en el huevo varía dependiendo de la especie de ave y sobre todo las condiciones de vida. Las gallinas encasetas o enjauladas tienen mucho menor contenido en sus huevos de Se que las gallinas que pueden pastorear (Pilarczyk et al., 2019). De manera que, si el contenido de selenio es bajo en la dieta, el desarrollo del embrión se verá limitado por las selenoproteínas y no habrá una efectiva capacidad antioxidante (Chinrasri et al., 2009).

Por esta razón, es necesario la inclusión de selenio orgánico en la dieta y su relación en el contenido en yema y clara, de hecho en estudios hechos por Surai et.al, (2014), la correlación entre el selenio de la dieta y el de la yema de huevo fue bastante alto. Incluso, estos resultados se han obtenido utilizando los límites legales para la inclusión de selenio en la dieta de gallinas, los cuales contienen entre 0.3 a 0.5  $\mu\text{g}$  de Se/g de dieta; lo que resulta en huevos con contenido de selenio de 10 a 29  $\mu\text{g}$  de Se por huevo (Bennett et.al, 2010).

Por otro lado, el sistema de producción de gallinas en pastoreo, permite no solo al animal expresar su comportamiento al consumir plantas o insectos, sino que también aporta beneficios al huevo en la inclusión de minerales o vitaminas; como es el caso de la vitamina D (Buitrago et.al, 2016). Vitamina indispensable en el organismo ya que esta se necesita para el crecimiento y funcionamiento normal del metabolismo; además ayuda a absorber el calcio, elemento principal en los huesos, y su deficiencia puede llevar a problemas de osteoporosis y raquitismo (Lewin, 2018).

Aunque la vitamina D en sí es una hormona la cual se forma gracias a los rayos UV, cuando estos entran en contacto con la piel se produce la ruptura de un compuesto derivado del colesterol; debido a esto, la síntesis no es del todo completa para las aves (debido a su plumaje) cuando están en producciones intensivas (enjauladas) o con días nublados (en el caso de las que pastorean), razón por la cual se debe añadir vitamina D a la alimentación (Janist et.al, 2019).

Para la alimentación aviar existen tres fuentes de vitamina D:

- Provitamina D: Obtenida a partir de la dieta, pero también de la radiación solar, se considera como una falsa vitamina, en realidad existen 10 metabolitos con actividad provitamina D. Las dos fuentes principales son vegetales (ergocalciferol o vitamina D<sub>2</sub>) y el animal (colecalfiferol o vitamina D<sub>3</sub>). Sin embargo, las gallinas al consumir pastos que contienen D<sub>2</sub>, la transforman en D<sub>3</sub> debido a la incidencia de los rayos UV (Pérez et.al, 2013).
- Vitamina D<sub>3</sub> o colecalfiferol: La provitamina es absorbida en el intestino delgado hidroxilandose y resultando el 1,25(OH)<sub>2</sub>D<sub>3</sub> que es la verdadera vitamina D; aunque hay que tener cuidado con esta forma de vitamina ya que es muy tóxica y los excesos pueden resultar en calcificación de tejidos blandos (Tahergorabi et.al, 2017).
- Vitamina 25(OH)D<sub>3</sub>: Es el método más costoso de inclusión de vitamina por ser más activa, así que se utilizan entre 10y 40µg, y es utilizada cuando los animales tiene problemas en patas, hígado o ya son viejas (Carné et.al, 2015).

Sin embargo, estudios demuestran que la exposición al sol incrementa el contenido de vitamina D<sub>3</sub> en el huevo. En el estudio realizado por Ward (2017), el contenido de vitamina D<sub>3</sub> en yema se presentó en promedios de 3.8, 11.3 y 14.3 µg por cada 100 gramos en

materia seca en gallinas que estuvieron en galpón, en galpón y al aire libre, y al aire libre respectivamente, en donde se demuestra que la producción en pastoreo es más eficiente para elevar el contenido de vitamina D en huevo.

Estudio que va de la mano con el de Kühn et.al, (2014) quienes aseguran que el método más efectivo para aumentar el contenido de vitamina D en los huevos es la exposición de las gallinas a rayos UVB, demostrando que la concentración en el huevo era superior a la lograda con la inclusión máxima de vitaminas D<sub>3</sub> en la dieta de las gallinas ponedoras.

Aunque estos solo son algunos ejemplos de cómo el enriquecimiento de la dieta de la gallina puede mejorar las cualidades nutricionales del huevo. Sin embargo, no solo en producción primaria se pueden mejorar dichas características; ya que la industria de los ovoproductos día a día avanza para ofrecerle al consumidor diversos productos altos en inocuidad e higiene y sobre todo para satisfacer las necesidades de un objetivo en específico (Hester, 2017).

## 3.2 Fortificación en el sector industrial

Más que hablar de fortificación sería hacer referencia a la preservación o conservación del huevo; ya que a nivel industrial es inusual fortificar un alimento que por sus características es casi inalterable una vez ha sido puesto por la gallina; de manera que los procesos industriales que se realizan son con el fin de alargar su vida útil, de mantener su contenido de nutrientes por más tiempo y/o ofrecer una nueva presentación dependiendo el tipo de consumidor (Elika, 2013).

En primer lugar, es necesario hablar sobre los controles que se hacen para evitar la presencia de patógenos en el huevo. En la mayoría del mundo, los huevos son mantenidos a temperatura ambiente hasta su consumo sin ser refrigerados, permitiendo a los microorganismos patógenos proliferar, sobre todo si se encuentran en lugares geográficamente cálidos (EFSA, 2010). Por esta razón se han creado métodos que permitan extender la vida útil del huevo evitando brotes de intoxicación o enfermedades transmitidas por alimentos. Así que en la industria alimentaria ya han innovado con diversos métodos que garanticen, sanidad, inocuidad y calidad del producto, que incluyen congelación, preservativos, refrigeración y fermentación (Miranda et al., 2015).

“La radiación es definida como la transmisión o emisión de energía a través de un medio material o espacio en forma de partículas u ondas” (Harder et. al, 2017). En el mundo ya existen aproximadamente 40 países en los que es permitida la radiación de alimentos, ya que este consiste en inactivar microorganismos y retarda la maduración en el caso de frutas y vegetales.

Para el caso particular de los huevos el tratamiento más satisfactorio se realiza en combinación con otros tratamientos porque la esterilización con solamente radiación derivaría en temperaturas elevadas que inactivan enzimas que podrían dañar el producto. Sin embargo, esta técnica es muy llamativa y permite preservar la comida fresca, a la comida perecedera aumenta su tiempo de vida y se puede procesar luego de empacada (Wu, 2014).

Otro método es la pasteurización del huevo. Sin embargo, el paso anterior a la pasteurización debe ser el lavado, esto para evitar que los microorganismos que estén en la cascara migren hacia el centro; Keener (2017) menciona que el paso para el lavado de los huevos es:

- Rociar los huevos de manera que se ablanden los residuos que hay en la cáscara del huevo.
- A medida que se restriegan con un cepillo se siguen rociando con agua.
- Enjuagar y quitar impurezas con agua tibia.
- Secar con aire.

Es importante que los huevos no sean sumergidos en agua ya que los poros de la cascara permitirían el paso de sustancias hacia el centro de los huevos.

Luego del lavado, viene la ruptura de la cascara (Cascado) y se procede a realizar el tratamiento térmico el cual se basa en mantener el huevo líquido por un periodo de tiempo entre 2 y 4 minutos a una temperatura entre los 64-65°C (Food Authority, 2016).

Ahora, para el caso de los huevos que se deshidratan, este proceso se realiza netamente en plantas dedicadas a estos procesos, es decir a nivel industrial; y para este es necesario que realicen la técnica de “desugarización”, el cual cobra importancia ya que sin este, al exponer el huevo a temperaturas elevadas para realizar la deshidratación, puede presentar

problemas como la reacción de Maillard, así que es indispensable retirar los azúcares para prevenir daños en el producto futuro (Wu, 2014).

Luego de la desugarización, la clara de huevo libre de glucosa, se expone a secado por medio de atomización y se conserva a dicha temperatura para su pasteurización; y se obtiene un producto que mantiene sus propiedades para batido luego del secado (MOBA, 2010).

Junto a estos también se encuentran la deshidratación, que va de la mano con el proceso mencionado anteriormente. Cabe aclarar que la mayoría de estos procesos anteriormente mencionados, son utilizados para alargar la vida útil del huevo y asimismo darles un valor agregado; además es necesario mencionar que estos productos finales son utilizados en industrias alimentarias de panadería, pastelería, confitería, heladería, entre otras, por lo que se hacen necesarios productos óptimos, útiles y de buena calidad (American Egg Board, 2012).

#### 4. Capítulo 4. Tendencias en biocompuestos

El huevo de gallina es popular desde hace bastante tiempo; esto, porque es un ingrediente versátil, con un bajo valor comercial, pero que comparado con otros alimentos de origen animal es consumido por mucha gente alrededor del mundo y es preparado de múltiples maneras (Bash, 2015).

Este alimento posee capacidad antioxidante debido a la acción de algunos oligoelementos y vitaminas presentes en su composición; es decir, que es un alimento que ayuda a proteger el organismo de enfermedades tanto cardiovasculares (Dussaillant et al., 2017b) como las que involucran procesos degenerativos como la diabetes (Dussaillant et al., 2017a), cáncer (Bennett & Cheng, 2010) o cataratas (Quitral et al., 2009).

La densidad nutricional que posee el huevo es de rescatar sobre otros alimentos, incluso sobre la carne, ya que, a pesar de que su contenido calórico, es moderado, (85 Kcal); su aporte de nutrientes esenciales es significativamente elevado. Por eso, es el alimento recomendado para personas cuya ingesta de alimento es baja pero necesitan asegurar la ingestión de nutrientes esenciales, por ejemplo para quienes hacen dietas de adelgazamiento, para la población infantil, y el adulto mayor (Gil et al., 2016).

En cuanto a composición, López et al., (2015) mencionan que la proteína se encuentra en la clara de huevo, y que asimismo ésta proteína contiene todos los aminoácidos esenciales; mientras que la grasa, está contenida en la yema y mayoritariamente es de tipo poliinsaturado; también contiene colesterol (200 mg); aunque estudios demuestran que el efecto de este sobre el colesterol de la sangre es bajo, por la alta proporción de ácidos grasos insaturados y no contener grasas trans. Dicho esto, en la tabla 18 se encuentra el aporte relativo de los nutrientes que contiene el huevo según las recomendaciones de ingesta diaria en una persona promedio.

*Tabla 18. Aporte relativo de nutrientes derivados del consumo de dos huevos grandes según las recomendaciones (RDA) diarias para un adulto*

<b>Nutriente</b>	<b>% Valor recomendado/día</b>
Calorías	6%
Proteína	20%
Vitamina K	62%
Vitamina D	12%

Riboflavina	30%
Vitamina B12	16%
Selenio	34%
Fósforo	16%
Hierro	8%
Folato	12%

Fuente: Gray et al., 2009

Es importante recordar, que el huevo tiene un gran contenido de nutrientes debido a que son necesarios para el desarrollo del embrión. Por eso se hace necesario hacer referencia que además posee sustancias “biológicamente activas” que poseen un efecto extra nutricional, es decir aportan beneficios saludables al organismo (Healthline, 2016).

Gallinger (2013) define los alimentos funcionales como “los alimentos o componentes alimentarios que ejercen una influencia beneficiosa sobre las funciones fisiológicas al mejorar el estado de bienestar y salud, y reducir el riesgo de alguna enfermedad”; además del aporte que, por supuesto, realiza a nivel nutritivo (Lesnierowski et.al, 2018).

Un alimento funcional presenta compuestos denominados como “fisiológicamente activos” con resultados positivos para aumentar el nivel de salud y puede contrarrestar la aparición de cierto tipo de enfermedades y anomalías patógenas (Gil et al., 2016). Escobar et al., (2007) mencionan que el término alimento funcional (Functional food) surge en Japón en 1980, estableciendo todo un sistema de resultados sobre investigaciones hechas a ciertos productos o sus respectivos componentes sobre los beneficios que les aportaban a la salud; estos con el fin de reducir los costos que implicaba pagar un médico o un seguro en población no tan joven.

Existen distintas maneras de aumentar la funcionalidad en los alimentos (Tahergorabi et.al, 2017):

- Aumentar la concentración de algún componente beneficioso.
- Sustituir sustancias de efecto negativo por otras con resultados benéficos.
- Suplementar los productos o adicionarles ingredientes conocidos por su aporte benéfico (antioxidantes, prebióticos).
- Eliminar componentes conocidos por ser alergénicos o que desarrollen enfermedades a largo plazo.

Kerns (2010), realiza una división de los alimentos funcionales en diferentes categorías

- Probióticos, como los microorganismos benéficos.
- Nutrientes donde se hallan los distintos tipos de grasas, minerales y vitaminas, hidratos de carbono, aminoácidos.
- Prebióticos y simbióticos, los cuales sirven de alimento para la proliferación de la microbiota benéfica del intestino.
- Compuestos químicos, antioxidantes, licopenos, ácidos grasos omega 3-6-9, fitoesteroles, fosfolípidos, fibra y carotenos.

## 4.1 Contenido de carotenoides

El huevo posee componentes no nutricionales conocidos como carotenoides, presentes en la yema, estos son la luteína y la zeaxantina, conocidos por sus propiedades antioxidantes, antimutagénicas y anti carcinogénicas (Akhtar et.al, 2017).

Los carotenoides son compuestos que se encuentran a lo largo de la naturaleza, haciendo presencia en algunas estructuras de plantas, algas, bacterias, hongos, animales. Son responsables no solo del color de flores, frutos, sino que favorecen la polinización y dispersión de semillas, están en picos y plumas, músculos y piel de animales; además de otras funciones que los hacen pigmentos especiales (Meléndez et al., 2007).

Su nombre se deriva de la zanahoria, *Daucus carota*, ya que de ella fue de donde se aisló por primera vez. Sus funciones en plantas incluyen la fotosíntesis ya que ayudan a captar energía y en la foto-protección de tejidos vegetales ya que inactiva las moléculas reactivas del oxígeno que se forma por la exposición de luz y aire. Este grupo de pigmentos producen colores que van desde amarillo a rojo intenso y se han identificado más de 600 compuestos (Fennema et al., 2008).

Químicamente son compuestos lipídicos tetraterpenoides con cadenas de 40 carbonos con 8 unidades de isoprenoides. Esto los hace hidrofóbicos y por eso se encuentran en membranas lipófilas. Dependiendo de los elementos químicos que se encuentren en las moléculas, pueden ser hidrocarburos o xantófilas (Brenes, 2014). Badui (2006), menciona que los carotenoides que son hidrocarburos son solubles en éter de petróleo y se destacan los  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ - carotenos junto con el licopeno; las xantofilas pueden ser alcoholes, aldehídos o ácidos y ejemplos de estos son la violaxantina y la luteína.

La cantidad de xantófilas encontradas en la naturaleza sobrepasa a la de carotenos; aunque el  $\beta$ -caroteno cobra mucha importancia en la industria de los alimentos, ya que por su composición contribuye a la estabilidad y al color, y dependiendo de la conjugación puede virar hacia rojo o por epoxidación hacia amarillo (Cuca et al., n.d.).

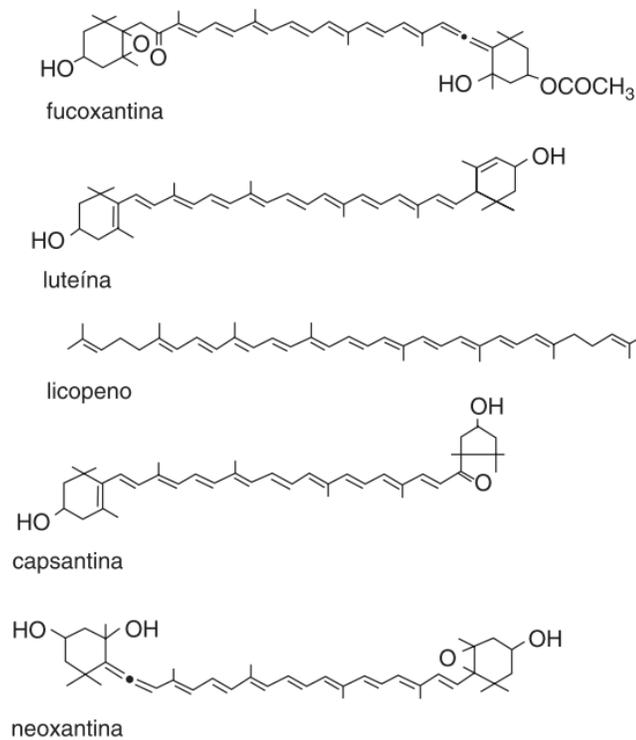
Dentro de los alimentos están muy distribuidos, el maíz amarillo tiene de 1 a 4 ppm de carotenos y de 10 a 30 de xantofilas, la astaxantina se encuentra naturalmente en crustáceos como el Krill pero producirlos a nivel industrial es difícil así que se utiliza la sintética que aporta color rojo-anaranjado (Calvo, 2009).

En los frutos cítricos es donde se encuentra la mayor cantidad de carotenos, el jugo de naranja y limón posee de a 1 a 2.5 mg de xantofilas y 0.05 a 0.1 mg de carotenos (incluyendo criptoxantina). Los jitomates y las zanahorias contienen más carotenos que xantofilas. El licopeno es responsable del color rojo (tomates) y en total poseen de 20 a 60 ppm entre  $\beta$ ,  $\alpha$ -caroteno y xantofilas; y las zanahorias contienen entre 50 y 60 ppm que consta de  $\beta$  y  $\alpha$ -caroteno; xantofilas en menor proporción (Badui, 2006); en la figura 6 se encuentra la estructura de los carotenoides más importantes de los alimentos y en la figura 7 la estructura de los principales carotenoides sintéticos.

En cuanto a la salud, Meléndez, (2017) enumera los atributos de los carotenoides en acciones, funciones y asociaciones:

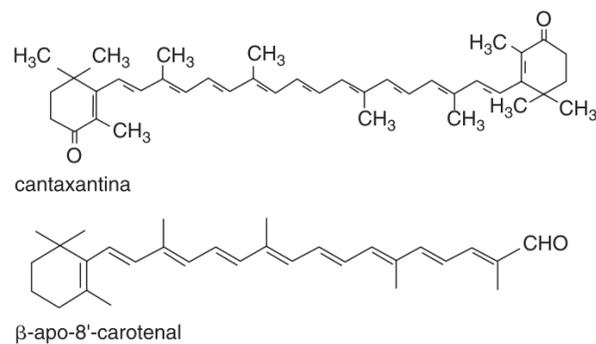
- Las funciones son acciones esenciales debida a ellos; de manera que la ausencia significaría disminución de capacidad fisiológica del organismo o muerte.
- Las acciones son respuestas fisiológicas no esenciales debida a los carotenoides.
- Las asociaciones son la relación entre los carotenoides y eventos fisiológicos.

Figura 6. Estructura de los carotenoides naturales más importantes en alimentos



Fuente: Badui, 2006

Figura 7. Estructura de cantaxantina y  $\beta$ -8'-apo-carotenal, carotenoides sintéticos



Fuente: Badui, 2006

Ahora bien, compuestos esenciales en la dieta de cualquier animal (incluido el ser humano), en unos por su función pigmentaria y en otros por el rol que juega dentro de la

salud; al ser precursores de la vitamina A y ser conocidos también por su alto poder antioxidante y anti carcinogénico (Schweigert et.al, 2011). En el huevo, estos compuestos no pro-vitamínicos se encuentran en la yema de huevo y a parte de sus beneficios en salud, son importantes también a nivel comercial, ya que, con las xantofilas, se responsabilizan de la coloración de la yema.

Luteína y Zeaxantina hacen parte de este grupo y son encontrados en muchos alimentos; sin embargo, el huevo es el alimento que aporta el mayor contenido de estos compuestos, incluso por encima de las frutas y vegetales, esto debido a la biodisponibilidad de grasa contenida en la yema (López et al., 2015). Estos dos carotenos no pueden ser sintetizados *in vivo* de manera que deben ser obtenidos a partir de la dieta.

Como todos los componentes de un alimento, estos también tienen funciones importantes en el organismo del ser humano, ya que la luteína, la zeaxantina y la meso-zeaxantina son los 3 pigmentos localizados en la mácula de la retina del ojo humano y son denominados “pigmento ocular”. Esta concentración de xantófilas es de 500-1000 veces más que en otros tejidos (Rasmussen et al., 2012).

No son pro vitamínicos A y estas, en sinergia, reducen el riesgo de cataratas y previene la degeneración macular, y minimiza el riesgo de enfermedades oculares en sí; debido a que se ubican en el cristalino del ojo y la región macular de la retina donde ejercen acción antioxidante (Zaheer, 2017b). Sus funciones se deben a que la retina sufre daño oxidativo al ser expuesta a distintos tipos de luz, y al ser estos compuestos antioxidantes generan protección y actúan como filtros contra el daño de la luz, sobre todo la luz azul (Gil et al., 2016).

López et al., (2015) demuestran que incrementar los niveles de luteína y zeaxantina no aumentan los niveles de grasa en el plasma. Y en un estudio con 33 adultos (ambos sexos) consumiendo un huevo diario durante 5 semanas aumento el contenido de luteína en 26% y de zeaxantina en 38%; pero las concentraciones de triglicéridos y colesterol total no aumentaron.

Koushan et al. (2013), sugiere que 6 mg de luteína por día es efectivo para reducir el riesgo de cataratas y enfermedad de degeneración macular; sin embargo la dosis optima de suplementación no se ha definido aún. Además, la retina y el cerebro son órganos que necesitan compuestos de actividad antioxidante debido a sus altas tasas metabólicas.

Aunque la contribución de luteína es el doble en población infantil que en adultos (59% frente a 31%); lo que indica que los niños necesitan este tipo de carotenoide como aporte para su desarrollo temprano lo cual influye en el crecimiento del cerebro (Jia et al., 2017).

La única fuente de carotenoides para niños es la leche materna, aunque la luteína se transporta por el plasma y se almacena en la retina desde la semana 20 de embarazo; por eso es importante una dieta rica en xantófilas para la madre, de esta manera se reduciría la incidencia de la enfermedad de retinopatía en prematuros que es la principal causa de ceguera infantil y discapacidad visual en el mundo (Haber et al, 2014).

De otra parte la ingesta de aproximadamente 6 mg de luteína al día se relacionan con la disminución de la enfermedad de degeneración macular, aunque existe una relación entre la enfermedad y la edad, se demostró que con ingestas de 10 mg de zeaxantina y 2 de luteína se disminuye la progresión de la enfermedad (Stringham et al. 2018).

La importancia radica en que la luteína es el carotenoide predominante en el cerebro tanto de adultos como de niños y es imperativo que sea incluido en la dieta; sin embargo, los efectos neuro-protectores de esta aseguran su papel antioxidante, pero no se han realizado investigaciones a fondo que permitan conocer el potencial de mayores concentraciones locales (Erdman et al., 2015).

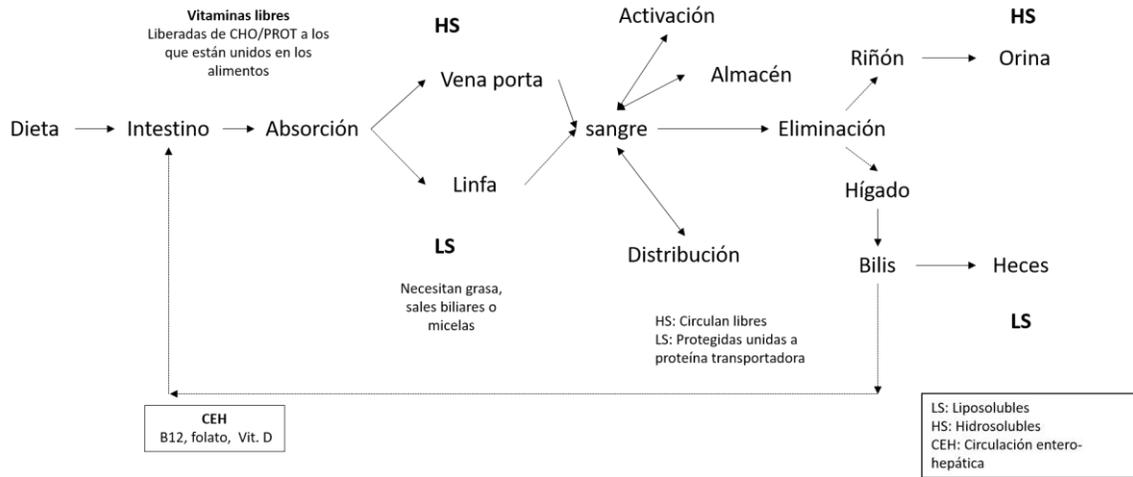
Igualmente, en el embarazo se producen cambios hormonales y energéticos que en combinación con el funcionamiento de la placenta existe producción de especies reactivas de oxígeno, lo que genera factores que regulan la proliferación de células y la angiogénesis. Todos estos factores más una inadecuada formación de la placenta, una deficiente capacidad antioxidante y el aumento de ROS (especies reactivas de oxígeno) provocan estrés oxidativo; en donde si el consumo de huevo es constante se podría reducir (Zielińska et al., 2017). En este sentido, la yema de huevo contiene una gran cantidad tanto de luteína como de zeaxantina, y se ha demostrado que consumir 1.3 yemas de huevo por día durante 4.5 semanas incrementa los niveles sanguíneos de luteína en un 28-50% y de zeaxantina en un 114-142% (Healthline, 2016).

#### **4.1.1 Metabolismo en humanos**

La vitamina A al ser liposoluble se absorbe en el yeyuno junto con las otras grasas y se almacena en el hígado y en el tejido adiposo. Por esta razón casi nunca hay carencia; ya

que la movilización está asociada al Retinol Binding Protein debido a su actividad vitamínica. Los excesos se excretan en orina y heces; mientras que el retinol al oxidarse se transforma en retinal, actividad que sucede constantemente, pero cuando pasa a ser retinoico, ya debe ser excretado (Hester, 2017) (gráfica 6)

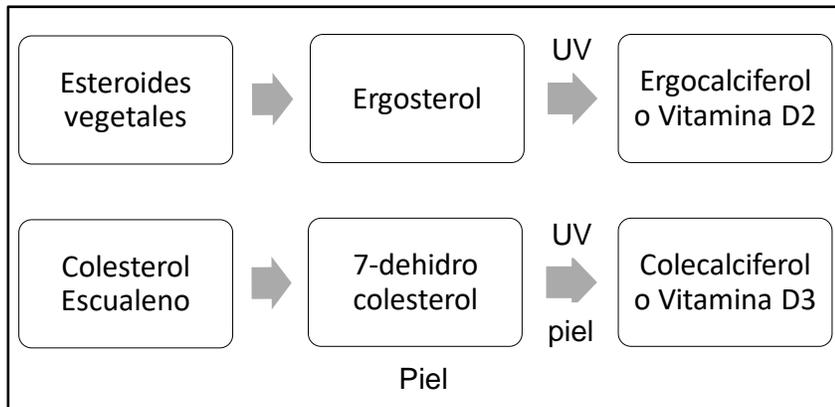
Gráfica 6. Metabolismo Vitaminas



Fuente: Adaptado de Carbajal, 2013

Las dos fuentes principales son el ergocalciferol (de origen vegetal) o vitamina D2 y el colecalciferol (de origen animal) o vitamina D3 (Figura 7). Los vegetales no contienen la forma D3. En cambio, los animales ingieren pastos que contienen D2 y la transforman, gracias a la incidencia de la luz UV, en D3. La digestibilidad de la vitamina D2 es inferior en carnívoros que en herbívoros (Pérez et al., 2013).

Figura 8. Tipos de Vitamina D

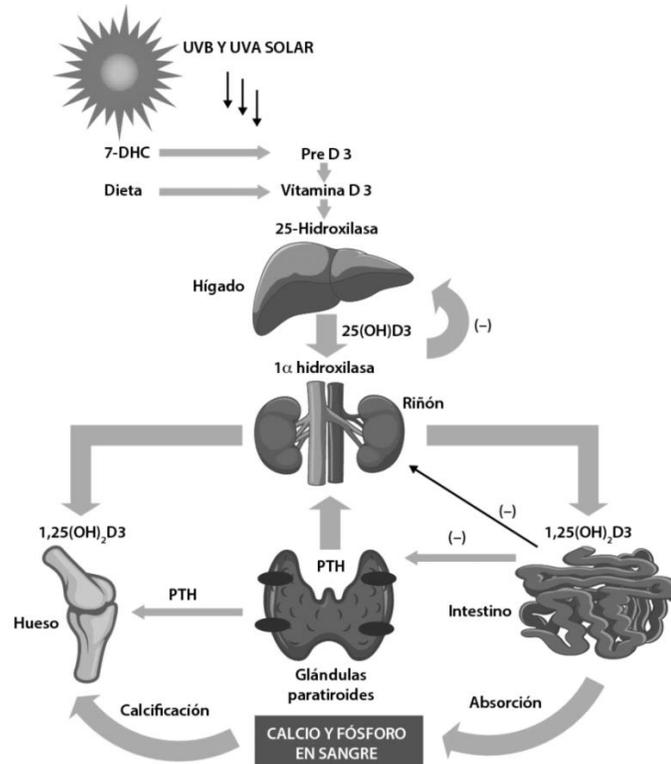


Fuente: Adaptado de Pérez, 2013

“Durante la exposición solar el 7-dehidrocolesterol (7-DHC) en la piel absorbe la radiación solar UVB (figura 8) y es convertido a precolecalciferol (PRE-D3), y este bajo efecto del calor sufre transformación a colecalciferol. La vitamina D que ingresa con la dieta o por transformación cutánea entra a la circulación y es transformada en el hígado por acción de la 25-hidroxilasa en 25-hidroxivitamina D 3 (25(OH) D3), esta entra nuevamente a la circulación y a nivel renal se convierte a 1,25-dihidroxivitamina D 3 (1,25-(OH) 2D3) por acción de la 1 $\alpha$ -hidroxilasa. La 1,25-(OH) 2D3 ejerce su efecto sobre diversos órganos, regulando el metabolismo del calcio” (Rosero, 2015).

La vitamina E se absorbe junto con las grasas y se almacena en el hígado. Cuando la grasa de la dieta está enranciada, la vitamina E se oxida y disminuye su absorción. Si la grasa de la dieta no está enranciada, la absorción de la vitamina E es mayor cuanto mayor sea el contenido en grasa de la dieta. En general, los animales domésticos utilizan más eficientemente la vitamina E de origen natural que la de origen sintético (Castro, 2015).

Figura 9. Metabolismo de la vitamina D



Fuente: Rosero (2015)

## 4.2 Ácidos grasos

El huevo en su composición tiene cerca del 11% en fracción grasa que equivale a 6 g por cada 60 g de huevo, los cuales se encuentran depositados en la yema. Estos se dividen en colesterol (5%), triglicéridos (66%); y fosfolípidos (28%); este último es acerca de 2 g en el huevo en donde está representado mayormente por lecitina y fosfatidilcolina. A parte de estos, los carotenoides y vitaminas liposolubles hacen parte del 1% de los lípidos en la yema (Gil et al., 2016).

Aunque es uno de los alimentos de origen animal con menos grasas saturadas por esta razón es recomendada en términos de nutrición. Entre los lípidos, los ácidos grasos se dividen entre 65% de insaturados y un 35% saturados. Los ácidos grasos insaturados se dividen en 1.8 g monoinsaturados, 0.8 g poliinsaturados y 1.4 g de saturados (Instituto de Estudios del Huevo, 2009a).

Ahora bien, diversas investigaciones demuestran que los lípidos presentes en la yema de huevo poseen algunas propiedades antimicrobianas. Las proteínas del huevo podrían participar en procesos antiinflamatorios, y que además tienen características inmunoprotectoras, antioxidantes e antihipertensivas (Dussaillant, et al, 2017).

A partir de las funciones químicas, los ácidos grasos poseen diversas clasificaciones las cuales son (Fennema et al., 2008):

- Saturados: No contienen dobles enlaces
- Monoinsaturados: Contienen un doble enlace.
- Poliinsaturados: Contienen 2 o más dobles enlaces y pueden ser poliinsaturados de cadena larga (20° más carbonos en la cadena carbonatada y 3 o más dobles enlaces) y poliinsaturados de cadena media (18 carbonos en la cadena carbonatada y 2 o más dobles enlaces).

El contenido de colesterol presente en el huevo ha sido foco de controversias e hipótesis en las que este contribuye al incremento de los niveles de colesterol en sangre y que está asociado al incremento de enfermedades coronarias; sin embargo estudios actuales parecen ir en contra de dichas afirmaciones ya que los niveles de colesterol en la sangre no solo dependen del tipo de dieta de la persona sino de su tipo de vida en general (Wu, 2014).

El contenido promedio de colesterol en el huevo es de 385 mg por cada 100 g, y contribuye de manera crucial el aporte de este nutriente en la dieta. Diversos estudios demuestran que existe correlación con la presencia de enfermedades cardiovasculares y niveles altos de colesterol en el plasma sanguíneo, sobre todo con lipoproteínas de baja densidad (LDL); sin embargo esto también va de la mano con la cantidad y el tipo de grasa ingerida con otros alimentos (Carbajal, 2014).

Pese a su composición lipídica que pareciera ser negativa en la salud humana, las recomendaciones nutricionales mencionan 300 mg de colesterol por persona pero no han limitado el consumo de huevos, esto porque los demás compuestos del huevo como las vitaminas del grupo B, el folato, los antioxidantes y sobre todo los ácidos grasos poliinsaturados podrían contrarrestar el efecto negativo de los niveles del colesterol (Benjumea et al., 2010).

Sin embargo, sustituir el huevo por otro tipo de proteína de origen animal resulta en cambios insignificantes en las LDL; por esta razón, algunos estudios demuestran que el colesterol de la dieta es el mayor determinante del colesterol sanguíneo, otros estudios han fallado en detectar cambios en el colesterol total en suero cuando se adiciona huevo a una dieta con un contenido moderado de colesterol (Miranda et al., 2015). De todas formas estudios reportan que el consumo de huevos se asocia con una mayor ingesta de colesterol en la dieta; sin embargo no hay correlación entre este y la enfermedad coronaria, infarto de miocardio y angina, colesterol sérico y mortalidad por todas las causas (Clayton et al. 2017).

Precisamente, por los estudios que demuestran la relación negativa entre el consumo de huevo y enfermedades relacionadas con altos niveles de colesterol en la sangre; es que se han planteado estrategias para que el huevo aporte más beneficios a la salud humana. Se ha demostrado que los ácidos grasos omega-3 aportan beneficios a la salud especialmente en el campo de enfermedades coronarias, el desarrollo cerebral en el feto, así como en la adultez y en la infancia, es anti carcinogénico, disminuye la hipertensión y la depresión, mejora procesos de coagulación frente a trombosis y traumatismos, y participa en procesos de visión (Schneider, 2015). Por otro lado, los ácidos grasos omega-6 intervienen en funciones en los tejidos y en procesos metabólicos, receptores celulares, mediadores biológicos, funciones enzimáticas impulsos nerviosos y otros. Los  $\Omega 3$  y  $\Omega 6$

tiene roles biológicos opuestos, de ahí su importancia en el correcto balance en el organismo (McIntosh, 2018).

Dicha relación está establecida por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2012), en donde la relación dietaria lineal entre ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados debe ser una proporción de 33-33-33. De hecho, la relación entre los ácidos grasos  $\Omega 6$ - $\Omega 3$  debe ser de 5:1-10:1.

De manera que cuando se aumenta en la dieta de la gallina ponedora niveles de  $\Omega 6$  y  $\Omega 3$ , directamente se aumenta la proporción en la yema: Lo que equivale a cantidades bondadosas de DPA y DHA en el huevo (Samman et al., 2009). Es decir, los nutrientes de un huevo que resulta de este proceso son más altos comparados con los de un huevo normal (tabla 19).

*Tabla 19. Contenido de nutrientes de huevos comunes y huevos fortificados*

Composición nutricional	Cantidad por 100 g de huevo (2 huevos)	
	Huevo ordinario	Huevo fortificado
Ácidos grasos saturados	3.3 g	2.8 g
Ácidos grasos insaturados	6.4 g	6.9 g
Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)	4.4 g	4.4 g
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)	2.0 g	2.5 g
Ácido linoleico ( $\Omega 6$ )	1.9 g	1.4 g
Ácido $\alpha$ -linolénico ( del $\Omega 3$ )	0.03 g	0.7 g
Ácido graso $\Omega 3$ (EPA+DHA)	0.08 g	0.4 g
Proporción $\Omega 6/\Omega 3$	17.3	1.27
Ácidos grasos insaturados/saturados	1.94	2.45
Colesterol	400 mg	320 mg
Carotenoides	1.5 mg	2.2 mg
Vitamina E	2 mg	15 mg

Fuente: Sahoo et al., 2014

Estudios clínicos y epidemiológicos demuestran la influencia positiva de los ácidos grasos  $\Omega 3$  en el desarrollo infantil, en enfermedades mentales, demencia, déficit de atención, depresión, hiperactividad, cáncer y enfermedades cardiovasculares; Incluso cuando estos son aportados al organismo por medio del huevo (López et al., 2015).

Por sus efectos antiinflamatorios, hiperlipidemia e hipertensión, y agregación plaquetaria, expertos recomiendan un consumo de al menos 500 mg de EPA y DHA por día para que la población mantenga un buen estado de salud (Barbosa et al., 2011). Requerimiento que se ajusta a lo descubierto por Cherian (2017), quien menciona que la adición de 3.5% de linaza en gallinas ponedoras aumenta en 9.3% el contenido de  $\Omega 3$ , es decir más de 500 mg por huevo en promedio.

Estos ácidos grasos son necesarios en cada etapa de la vida, pero durante el embarazo y la lactancia, son indispensables para el desarrollo del cerebro y la función cognitiva. Aunque la principal fuente son los pescados, las mujeres en estado de gestación prefieren evitar su consumo, así que el huevo enriquecido es la mejor opción para incluirlos en la dieta y se convierten en una excelente fuente de  $\Omega 3$  (Khan et al., 2017).

Desde que la manipulación de la dieta de las gallinas permite obtener huevos con un mejorado contenido de ácidos grasos  $\Omega 3$  y  $\Omega 6$  los huevos han podido contribuir en la proporción entre estos ácidos grasos en la dieta humana; no solo al disminuir los que no son beneficiosos sino aportando los esenciales (tabla 20).

*Tabla 20. Composición de ácidos grasos en huevos regulares y enriquecidos con PUFA  $\Omega 3$*

<b>Tipo de huevo</b>	<b>C16:0</b>	<b>C18:0</b>	<b>C18:1</b>	<b>C18:2</b>	<b>C18:3</b>	<b>C20:4</b>	<b>C20:5</b>	<b>C22:5</b>	<b>C22:6</b>
Regular	21.50	8.00	42.10	13.80	0.22	1.75	---	0.15	0.08
Enriquecido	16.90	6.20	41.70	13.70	4.58	---	0.73	0.89	5.83

Fuente: Sahoo et al., 2014

Los huevos enriquecidos con  $\Omega 3$  disminuyen a la proporción n-6:n-3 en 1.5, además los huevos enriquecidos de esta manera, aportaran aproximadamente el 50% del requerimiento diario de omega-3 al consumidor sin ningún cambio sensorial en el huevo (Díaz et al., 2017). Además, el enriquecimiento aporta nutrientes, disminuye los triglicéridos séricos y aumenta los niveles de colesterol HDL en voluntarios humanos, consumiendo durante un periodo de dos meses dos huevos por día (Clayton et al., 2017).

En mujeres embarazadas, el aumento de la ingesta de DHA durante la gestación eleva el DHA en el plasma sanguíneo y en los glóbulos rojos, por ende el nivel de DHA en el feto es mayor, mientras que si la madre consume ácidos grasos tipo ALA es menos eficiente

elegir el DHA por la baja conversión metabólica, por lo que consumir alimentos ricos en DHA garantiza que se cumplan los requerimientos del feto en desarrollo (Guesnet et al., 2019).

Dicho esto, las reservas de DHA materno son muy importantes para garantizar las funciones motrices y neurológicas en la vida del bebé, por eso entre más reservas tenga consumiendo alimentos ricos en omega-3 se garantizara el aporte necesario de DHA a la sangre y al tejido fetal (Kawabata et al., 2017). En este sentido, la concentración de ácidos grasos saturados y monoinsaturados dependen de la dieta y la síntesis endógena y los poliinsaturados únicamente por fuentes externas; de manera que suplementar la alimentación de las aves con aceite de hígado de bacalao incrementa el contenido de ácidos grasos insaturados Omega-3 principalmente en forma de EPA y DHA (Ramírez et al., 2011).

Aunque la producción de huevo enriquecido con omega-3 resulte en un sobre costo del 12%, el contenido de estos ácidos grasos se incrementa y aumenta 80 veces el contenido de ácido  $\alpha$ -linolénico sin afectar negativamente el sabor, peso y textura del huevo (Betancourt et al., 2009).

### 4.3 Micronutrientes

Con el transcurso de los años, en el organismo ocurren procesos oxidativos que originan los llamados radicales libres. Estas moléculas pueden lesionar células y a causa de ellas se genera el envejecimiento (Badui, 2006), por fortuna, dentro de la dieta existen componentes nutricionales y no nutricionales que “secuestran” y eliminan dichos radicales y de esta manera se impiden daños a nivel tisular. Estos compuestos reciben el nombre de antioxidantes las cuales actúan protegiendo las sustancias de la oxidación al oxidarse ellas (Carbajal, 2013).

En este grupo se pueden incluir la Vitamina E la cual actúa ejerciendo función antioxidante en las células del sistema inmune, ayuda a sintetizar eicosanoides para producir prostaglandinas y síntesis de interferón para las respuestas antivirales; esto cuando se utiliza como suplemento en dietas de aves para obtener huevos enriquecidos con vitamina E (Sánchez, 2012).

El selenio también hace parte de los compuestos antioxidantes, primordialmente porque hace parte de funciones metabólicas y fisiológicas que regulan el desarrollo y el crecimiento humano y animal. Hacen parte de las selenoproteínas las cuales protegen las macromoléculas y las células contra el estrés oxidativo (Pilarczyk et al., 2019).

Este último se encuentra en los huevos de dos formas, como compuestos orgánicos e inorgánicos. La selenocisteína se deposita en la yema y la selenometionina se deposita en la albumina (García et al., 2011).

Estudios que obtuvieron huevos con contenido de selenio de 40-60% adicionando niveles no tóxicos de selenito de sodio en la alimentación de las aves, demuestran que existe sinergia entre el selenio y el yodo, ya que cuando se agregan juntos, el contenido de selenio en la yema aumenta significativamente en comparación a cuando al suplementación se realiza únicamente con selenio (Bargellini et al. (2008).

Otros estudios demuestran que los productos avícolas son ventajosos para la salud humana ya que las aves tienen una gran capacidad de almacenar compuestos bioactivos y que la suplementación con selenio a gallinas y pollos de engorde se traduce en mayor biodisponibilidad y cantidad de este nutriente en los productos derivados (Mar et al., 2011).

Por medio de esta suplementación se pretende contrarrestar los efectos negativos que causa su ausencia en el organismo, una es la enfermedad de Keshan o miocardiopatía infantil y la otra es Kaschin-Beck, u osteoartritis endémica en adolescentes. Dicho esto, el selenio interviene en la reducción de la virulencia, regulación del estado anímico, función tiroidea, funcionamiento del sistema inmune, fertilidad masculina, y por supuesto agente antioxidante y antiinflamatorio (López et al., 2013). Finalmente diversas investigaciones demuestran que el huevo es un excelente vehículo para complementar nutrientes en la dieta, en este caso selenio, sin embargo, muy pocos estudios han alimentado hembras con concentraciones que contienen suficiente selenio para producir huevos con un excelente contenido (Bennett et al., 2010).

#### **4.4 Polen de abejas**

El polen de abeja se define como las células reproductoras de las plantas que es transportado por abejas, agua, aire, entre otros, del estambre de una planta al estigma de otra. Puede presentar varios colores como el blanco o el café oscuro y dependiendo de su

origen taxonómico y composición de sus metabolitos, presenta coloraciones, verdes, naranjas, amarillas y rojas (Mesa, 2015).

Además de ser el componente principal de la polinización, el polen es la principal fuente de alimentación para las abejas y otros insectos, es esencial para el crecimiento y desarrollo normal de los individuos de la colonia de abejas y asimismo para la reproducción de la misma (Melo et al., 2011).

Su composición oscila entre zona y especies de abeja, encontrándose reporte de contenido de carbohidratos entre 2.6 y 22.4%, proteína 15.01 y 36.73%, 9.2% de lípidos, de los cuales del 60 al 91% son ácidos grasos insaturados; posee vitamina A, B, C, D, E, minerales, flavonoides y carotenoides; y se considera un suplemento biológicamente activo que tiene influencia en diferentes funciones en el organismo (De Oliveira et al., 2015). Mientras que Fuenmayor et al. (2017) encontraron que la composición del polen apícola del altiplano cundi-boyacense en Colombia fue de proteínas  $23.8 \pm 3.2$  g, lípidos  $6.90 \pm 3.5$  g, fibra dietaria total  $14.5 \pm 3.5$  g; además los ácidos grasos predominantes fueron  $\alpha$ -linolénico, palmítico y linoleico. Los componentes principales en cuanto a carbohidratos fueron fructosa y glucosa.

Posee componentes que pueden ser desdoblados por los jugos gástricos, mientras que hay otros que no son biodisponibles para los humanos. Sin embargo, el polen tiene propiedades benéficas para la salud, ya que es anti-inflamatorio, antimicrobiano, anti fúngico, posee acción inmuno-moduladora y antioxidante (Campos et. al, 2010).

Debido a la matriz que compone el polen, para preservar sus características este debe ser secado en hornos especiales a temperatura máxima de 50°C, hasta que se reduzca la humedad un 5-8% y sea caracterizado como polen de abeja seco el cual se almacenará y estará protegido contra la contaminación por hongos (Almeida et al., 2017).

En algunos países, ya han establecido normatividad para identificar los estándares de calidad del polen de abeja, por ejemplo en Argentina es el código alimentario Argentino de polen, asimismo se ha hecho en Brasil, Bulgaria, Suiza y Polonia (Melo et al., 2011).

Los beneficios del polen se dan porque es un alimento de rápido efecto en el organismo, este puede tonificar, reequilibrar, estimular, desintoxicar y mejora el aporte nutricional en adultos mayores, adolescentes y niños, así como en personas que requieren necesidades

especiales como personas reumáticas, convalecientes, anémicos, alcohólicos, gestantes, anoréxicos, enfermos terminales entre otros (Mesa, 2015).

Estudios epidemiológicos presentan correlación positiva entre el incremento del consumo de compuestos fenólicos con la acción antioxidante y reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Rebiai et al, 2012), además, el polen puede ser un suplemento nutricional y funcional y puede ser reconocido como alimento para pacientes con enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer y además puede usarse tanto en medicina como en alimentación (Sarić et al., 2009).

Aunque aún existen pocos estudios sobre el polen de abejas, el extracto de polen de abejas tiene selectividad y puede inhibir microorganismos de importancia en la industria alimentaria (Morais et al., 2011).

En adición, se ha estudiado la inclusión del polen de abeja en las raciones alimenticias, ya que al parecer mejoraría la absorción de nutrientes al ser mejor la eficiencia de estos, acelerando el crecimiento animal y optimizará su rendimiento productivo, estudio que se realizó en pollos de engorde pero aun no en gallinas ponedoras (De Oliveira et al., 2015).

Sin embargo, no solo el polen de abeja ha sido estudiado, huevos de gallina que fueron cubiertos con propóleos y almacenados por 28 días a temperatura ambiente presentaron una menor pérdida de dióxido de carbono frente a los huevos regulares; además estos se evidencia no solo que no pierde dióxido de carbono en gran cantidad sino menores disminuciones en los parámetros de calidad del huevo (Aygün, 2017).



## 5. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

El huevo de gallina es sin duda uno de los alimentos más importantes en la dieta humana, esto debido a su composición nutricional, propiedades como un alimento funcional y características para ser utilizado dentro de la industria de alimentos. La cultura actual de consumo se está encaminando hacia la producción de alimentos completos nutricionalmente y que además signifiquen un valor agregado al consumidor. Es precisamente esta demanda de nuevos productos que hace que los productores primarios innoven en estrategias para diversificar sus productos en el mercado y asegurar un lugar en la mesa del colombiano. Es por esto que incrementar la funcionalidad del huevo fortificando sus nutrientes existentes a partir de suplementaciones en la dieta, a gallinas ponedoras es el método más confiable para seguir siendo parte de la canasta familiar, pero con un plus y es el de ofrecer un producto saludable y diferenciado.

El consumidor de huevo ahora tiene un portafolio diversificado en el cual puede escoger el producto que mejor se acomode a sus necesidades, y es que, en la canasta familiar, los ovoproductos cada día cogen mayor fuerza y abarcan más mercados; ahora no solo puede adquirir un producto nutricionalmente completo para el desayuno o alguna otra comida del día, sino que puede escoger la presentación que más se acomode a su necesidad, a su bolsillo y estilo de vida.

Las nuevas tendencias indican que el huevo ya no solo será visto como un implemento de la canasta familiar, las investigaciones se están enfocando en demostrar los distintos beneficios que posee este alimento para la salud humana en diferentes etapas fisiológicas a parte de su composición nutricional. Y esto se da porque el huevo es una materia prima que es fácil de manejar, de transportar, es económica; y si por ejemplo el producto fortificado es pasteurizado, este es seguro desde el punto de vista microbiológico; es decir que puede ser una alternativa para ofrecer al consumidor un alimento rico en densidad nutricional y además que le permiten tener características de alimento funcional y que por lo tanto los productos funcionales derivados del huevo son una opción muy interesante tanto para los fabricantes de alimentos como para las personas en sus hogares.

## 5.2 Recomendaciones

Es necesario dar a conocer los hallazgos en cuanto a composición nutricional y fortificación del huevo de gallina para permitir que más gente conozca las bondades de este alimento; es decir que tanto sector primario, como industrial, academia y federación deben realizar campañas en las que se difundan las características y beneficios de un huevo de gallina, tanto convencional como diseñado; ya que hoy en día aun con el incremento que se ha presentado a través de los años en el sector avícola en Colombia, la gente aún tiene mitos y miedos frente al huevo y por esta razón su consumo se ve limitado.

Además se hace necesario el seguir investigando e innovando en cuanto a tendencias saludables y funcionales que permitan que más gente prefiera el huevo por sobre alguna otra fuente de proteína de origen animal, ya que aunque hay investigadores que se enfocan en demostrar el beneficio que aporta un huevo regular al ser consumido en cualquier etapa humana, es necesario ahondar en todos los aportes saludables que tiene el mismo, porque así como hay algunos que ya están comprobados; se presenta todavía un desconocimiento sobre la totalidad de aportes beneficioso a la salud humana.

## Bibliografía

- Aguilera, M. (2014). Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología. In *Revista del Banco de la República* (Vol. 87). Bogotá, D.C.
- Akhtar, H., Chambers, J. R., & Zaheer, K. (2017). *Lutein and Zeaxanthin Carotenoids in Eggs A2 - Hester, Patricia Y. BT - Egg Innovations and Strategies for Improvements*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00019-6>
- Almeida, J. de F., Reis, A. S. dos, Heldt, L. F. S., Pereira, D., Bianchin, M., Moura, C. de, ... Carpes, S. T. (2017). Lyophilized bee pollen extract: A natural antioxidant source to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages. *LWT - Food Science and Technology*, *76*, 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.017>
- American Egg Board. (2012). *The incredible edible egg Eggyclopedia*. Illinois.
- Arpášová, H., Ka, M., & Gálik, B. (2013). The Effect of Oregano Essential Oil and Pollen on Egg Production and Egg Yolk Qualitative Parameters. *Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies*, *46*(1), 12–16.
- ÁVILA, F. (2016). Balance Avícola 2015 y expectativas 2016. *En: Avicultores. Febrero*, 6–22. Retrieved from [http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3295/Avicultores234\\_Balance \(1\).pdf](http://www.fenavi.org/images/stories/estadisticas/article/3295/Avicultores234_Balance%20(1).pdf)
- Aygun, A. (2017). Effects of Propolis on Eggshell. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 145–156). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00014-7>
- Badui, S. (2006). Química de Alimentos. In *Química de los alimentos*. Pearson Education.

- Barbosa, V. C., Gaspar, A., Calixto, L. F. L., & Agostinho, T. S. P. (2011). Stability of the pigmentation of egg yolks enriched with omega-3 and carophyll stored at room temperature and under refrigeration. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(7), 1540–1544. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700020>
- Bargellini, A., Marchesi, I., Rizzi, L., Cauteruccio, L., Masironi, R., Simioli, M., & Borella, P. (2008). Selenium interactions with essential and toxic elements in egg yolk from commercial and fortified eggs. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22(3), 234–241. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2008.03.004>
- Bash, E. (2015). An overview of the Nutritional role of eggs in the diet. *PhD Proposal*, 1, 44. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Benjumea, M., García, C., & Londoño, A. (2010). Descubra la vitalidad del huevo. In *Nutri- Ucaldas* (Vol. 13, pp. 1–6). Retrieved from [www.corbis.com](http://www.corbis.com)
- Bennett, D. C., & Cheng, K. M. (2010). Selenium enrichment of table eggs. *Poultry Science*, 89(10), 2166–2172. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00571>
- Betancourt, L., & Díaz, G. (2009). ENRIQUECIMIENTO DE HUEVOS CON ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3 MEDIANTE LA SUPLEMENTACIÓN CON SEMILLA DE LINO (*Linum usitatissimum*) EN LA DIETA EGG ENRICHMENT WITH OMEGA-3 FATTY ACIDS BY MEANS OF FLAXSEED SUPPLEMENT (*Linum usitatissimum*) IN THE DIET. In *Rev.MVZ Córdoba* (Vol. 14).
- Bovšková, H., Míková, K., & Panovská, Z. (2014). Evaluation of egg yolk. *Czech Journal of Food Sciences*, 32(3), 213–217.
- Brenes, A. (2014). Los carotenoides dietéticos en el organismo animal. *Nutrición Animal Tropical*, 8(2215–3527), 20–29.
- Briñez, L., Bernal, K., & Alarcón, J. (2017). *SUFFLÉ EGG. “PRODUCTORA Y COMERCIALIZADORA DE OVOPRODUCTOS.”* Universidad de la Salle.
- Buitrago, J., & Forero, M. (2016). *COMPARACIÓN DE DOS MODELOS DE PRODUCCIÓN (PASTOREO E INTENSIVO) Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE HUEVOS Y BIENESTAR DE GALLINAS DE POSTURA* (Universidad de Fusagasugá). Retrieved from

- <http://dspace.ucundinamarca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/319/Comparaci%25C3%25B3n%2520%2520de%2520dos%2520modelos%2520de%2520producci%25C3%25B3n%2520%2528pastoreo%2520e%2520intensivo%2529%2520y%2520su%2520relaci%25C3%25B3n%2520en%2520la%25>
- Calvo, M. (2009). *CAROTENOIDES*.
- Cámara de Comercio de Cali. (2014). *Más allá de la producción de huevo: Los Ovoproductos*. Cali.
- Campos, M. G. R., Frigerio, C., Lopes, J., & Bogdanov, S. (2010). What is the future of Bee-Pollen? *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2(4), 131–144. <https://doi.org/10.3896/ibra.4.02.4.01>
- Carbajal, Á. (2013). *Manual de Nutrición y Dietética*. Retrieved from <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/1>
- Carbajal, Á. (2014). *Hábitos de consumo de huevos, calidad nutricional y relación con la salud* (pp. 1–29). pp. 1–29. Retrieved from <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal>
- Carné, S., & Zaragoza, A. (2015). *Nutrientes en la dieta de ponedoras para modificar el perfil nutricional del huevo*.
- Carrillo, S., Bahena, A., Casas, M., Carranco, M. E., Calvo, C. C., Ávila, E., & Pérez-Gil, F. (2012). El alga *Sargassum* spp. como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo. In *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* (Vol. 46).
- Castro, M. M. (2015). Huevos funcionales: Un tesoro gastronómico con propiedades beneficiosas para la salud. In *Jornadas Profesionales de Avicultura*. Retrieved from [www.JornadasAvicultura.com](http://www.JornadasAvicultura.com)
- Chambers, J., Zaheer, K., Akhtar, H., & Abdel-Aal, E. (2017). Chicken Eggs. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 3–11). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00001-9>
- Cherian, G. (2017). Supplemental Flax and Impact on n3 and n6 Polyunsaturated Fatty Acids in Eggs. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp.

- 365–372). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00034-2>
- Chinrasri, O., Chantiratikul, P., Thosaikham, W., Atiwetin, P., Chumpawadee, S., Saenthaweesuk, S., & Chantiratikul, A. (2009). Effect of Selenium-enriched Bean Sp rout and Other Selenium Sources on Productivity and Selenium Concentr ation in Eggs of Laying Hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(12), 1661–1666. <https://doi.org/10.5713>
- Clayton, Z., Fusco, E., & Kern, M. (2017, May 1). Egg consumption and heart health: A review. *Nutrition*, Vol. 37, pp. 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.12.014>
- CONPES. (2009). *Conpes 3582*. 68.
- 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. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40(1), 45–50.
- Corominas, J. (2017). Patatas y huevos osmóticos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(1), 151–157. [https://doi.org/10.25267/rev\\_eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2010.v7.i1.11](https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i1.11)
- Cuca, M., Pino, J. A., & Mendoza, C. (n.d.). *El uso de pigmentos en la alimentación de las aves*.
- Cuevas, B., Díaz, G., Molina, A., & Retamal, C. (2013). *Pigmentos utilizados en raciones de gallinas ponedoras*. Chile.
- De Oliveira, M., Loch, F. C., Montes Da Silva, D., Martins, P. C., Suzian Teixeira, A., & Cunha Claro, D. (2015). Uso del polen de abeja en la alimentación de pollos de engorda. In *Rev Mex Cienc Pecu* (Vol. 6).
- Department of Health and Human Services. (2017). *Datos sobre la biotina*. Retrieved from <http://ods.od.nih.gov/HealthInformation/RecursosEnEspanol.aspx>.

## D

- DSM. (2011). *La pigmentación de huevos y pollos de engorda*.
- DSM. (2013). *Guía de DSM para la pigmentación de la yema de huevo con*

- CAROPHYLL. Retrieved from [www.dsm.com/animal-nutrition-health](http://www.dsm.com/animal-nutrition-health)
- Dussailant, C., Echeverría, G., Rozowski, J., Velasco, N., Arteaga, A., & Rigotti, A. (2017a). Consumo de huevo y diabetes mellitus tipo 2: Una revisión de la literatura científica. *Revista Chilena de Nutricion*, Vol. 44, pp. 393–399. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182017000400393>
- Dussailant, C., Echeverría, G., Rozowski, J., Velasco, N., Arteaga, A., & Rigotti, A. (2017b). Consumo de huevo y enfermedad cardiovascular: Una revisión de la literatura científica. *Nutricion Hospitalaria*, Vol. 34, pp. 710–718. <https://doi.org/10.20960/nh.473>
- EFSA. (2010). *Huevo*. Retrieved from <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/huevos.pdf>
- Elika. (2013). Otros Usos del Huevo. *Fundación Vasca Para La Seguridad Agroalimentaria*, 1, 1–4.
- Erdman, J., Smith, J., Kuchan, M., Mohn, E., Johnson, E., Rubakhin, S., ... Neuringer, M. (2015). Lutein and Brain Function. *Foods*, 4(4), 547–564. <https://doi.org/10.3390/foods4040547>
- FAO. (2010). *Agribusiness Handbook: Poultry Meat & Eggs*. 80. Retrieved from [www.eastagri.org](http://www.eastagri.org),
- FAO. (2015). El Huevo En Cifras. *Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura*, 1.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2015). Valor Nutricional del Huevo y Productos del Huevo. *Innovación En El Procesamiento de Huevo, Ovo Productos y Tendencias de Consumo*, 37. Bogotá.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2017). *Pulso Avícola*. Bogotá, D.C.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2018). Huevo en cifras. Retrieved June 10, 2019, from Fondo Nacional Avicola website: <https://fenavi.org/centro-de-noticias/noticia-destacada-del-centro-de-noticias/pollo-en-cifras-2/>

- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2019). Dimensión del sector avícola. *Avicultores*, 268(0121–1358), 6–14. Retrieved from <https://fenavi.org/wp-content/uploads/2019/03/revista-268.pdf>
- FENAVI. (2019). *Programa de estudios Económicos*. Bogotá.
- Fennema, O., Damodaran, S., & Parkin, K. (2008). *Fennema's Food Chemistry* (Fourth Edition; S. Damodaran, K. Parkin, & O. Fennema, Eds.). Retrieved from <https://sceqa.files.wordpress.com/2014/05/quc3admica-de-los-alimentos-fennema.pdf>
- Food Authority. (2016). *FOOD SAFETY GUIDELINES FOR THE PREPARATION OF RAW EGG PRODUCTS*. Newington.
- Fredriksson, S., Elwinger, K., & Pickova, J. (2006). Fatty acid and carotenoid composition of egg yolk as an effect of microalgae addition to feed formula for laying hens. *Food Chemistry*, 99(3), 530–537. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.018>
- Froning, G. W., Peters, D., Muriana, P., Eskridge, K., Travnicek, D., & Sumner, S. S. (2002). International Egg Pasteurization Manual. In United Egg Association (Ed.), *United States Department of Agricultura* (1st ed.). Washington: International Egg Commission.
- Fuenmayor B, C., Zuluaga D, C., Díaz M, C., Quicazán de C, M., Cosio, M., & Mannino, S. (2017). Evaluation of the physicochemical and functional properties of Colombian bee pollen. *Revista MVZ Córdoba*, 19(1), 4003. <https://doi.org/10.21897/rmvz.120>
- Gairal, N. (2015). Physiology of egg laying hens. Retrieved May 5, 2019, from Veterinaria Digital website: <https://www.veterinariadigital.com/en/articulos/physiology-of-egg-laying/>
- Gallinger, C. (2013). *Huevos multienriquecidos*. Entre Ríos.
- García, E., & Izaguirre, M. (2012). Importancia de la expresión y actividad de la  $\beta$ -caroteno 15,15' monoxigenasa y la vitamina A. Su papel en la producción animal. Revisión. *Importance of the Expression and Activity of  $\beta$ -Carotene 15, 15' Monooxygenase and Vitamin A. Its Role in Animal Production. A Review.*

- 20(3–4), 95–112. Retrieved from  
<http://ezproxy.unal.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=85670940&lang=es&site=eds-live>
- Garcia, E., Molino, A., Gonçalves, H., Junqueira, O., Pelícia, K., Osera, R., & Duarte, K. (2011). Ground annatto seeds (*Bixa orellana* L.) in sorghum-based commercial layer diets and their effects on performance, egg quality, and yolk pigmentation. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 12(4), 259–264.  
<https://doi.org/10.1590/s1516-635x2010000400007>
- Gil, P., Barroeta, A., & Garcés, C. (2016). El huevo y sus componentes como alimento funcional. *Departament de Ciència Animal i Dels Aliments. Universitat Autònoma de Barcelona.*, 11. <https://doi.org/10.1007/s00289-014-1186-2>
- Grosch, W. (2008). Eggs. *ResearchGate*, 9781119967, 243–258.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7-12>
- Guesnet, P., Marmonier, C., Boyer, C., & Delplanque, B. (2019). Impact of maternal dietary lipids on human health. *Cahiers de Nutrition et de Diétiétique*, 54(2), 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2018.12.001>
- Guyonnet, V., & Acpv, D. (2010). *Egg and egg products Commercialization*.
- Haber, N., & Heuberger, R. (2014). The Effect of Lutein and Zeaxanthin on Premature Infant Eye Development. *Infant, Child, and Adolescent Nutrition*, 6(2), 73–85. <https://doi.org/10.1177/1941406413517712>
- Hammershøj, M., & Johansen, N. F. (2016, December 1). Review: The effect of grass and herbs in organic egg production on egg fatty acid composition, egg yolk colour and sensory properties. *Livestock Science*, Vol. 194, pp. 37–43.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.001>
- Harder, M. N. C., & Arthur, V. (2017). Effects of Gamma Radiation for Microbiological Control in Eggs. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 177–185). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00017-2>
- Healthline. (2016). Top 10 Health Benefits of Eating Eggs. Retrieved from

Healthline website: [www.healthline.com/nutrition/10-proven-health-benefits-of-eggs#section1](http://www.healthline.com/nutrition/10-proven-health-benefits-of-eggs#section1)

Healthline. (2017). Pastured vs Omega-3 vs Conventional Eggs-What's the Difference? Retrieved May 5, 2019, from Healthline website: <https://www.healthline.com/nutrition/pastured-vs-omega-3-vs-conventional-eggs#section3>

Hester, P. Y. (2017). Enrichments in Cages. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 77–88). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00008-1>

Hy-Line International. (2017). The Science of Egg Quality. In *Hy-Line*. Retrieved from Hy-line International website: <http://www.gavi.org/About/Governance/Gavi-Board/Minutes/2014/10-December/>

Incubadora Santander S.A. (2017). *Ficha Técnica Huevos Frescos de Gallina*. Bucaramanga.

Industrias Alimentarias. (2016). La Industria de los ovoproductos. Retrieved from <http://fabian.balearweb.net/post/121550>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2011). Norma Técnica Colombiana NTC 1240. Retrieved from 2011 website: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC5854.pdf>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2015). *NORMA TÉCNICA NTC COLOMBIANA 6116*. Retrieved from [http://zonanet.zonafrancabogota.com/www/resources/NTC 121 de 1982.pdf](http://zonanet.zonafrancabogota.com/www/resources/NTC%20121%20de%201982.pdf)

Instituto de Estudios del Huevo. (2009b). *Manejo del Huevo y los Ovoproductos* (1st ed.; Instituto de estudios del huevo, Ed.). Madrid.

Janist, N., Srichana, P., Asawakarn, T., & Kijparkorn, S. (2019). Effect of supplementing the laying hen diets with choline, folic acid, and vitamin B 12 on production performance, egg quality, and yolk phospholipid. *Livestock Science*, 223, 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.02.019>

- Jia, Y. P., Sun, L., Yu, H. S., Liang, L. P., Li, W., Ding, H., ... Zhang, L. J. (2017, April 1). The pharmacological effects of lutein and zeaxanthin on visual disorders and cognition diseases. *Molecules*, Vol. 22.  
<https://doi.org/10.3390/molecules22040610>
- Kaspers, B. (2016). An egg a day – the physiology of egg formation. *Lohmann Information*, 50(2), 13–15. Retrieved from [https://www.ltz.de/de-wAssets/docs/lohmann-information/Lohmann-Information2\\_2016\\_Vol-50-2-December-Kaspers.pdf](https://www.ltz.de/de-wAssets/docs/lohmann-information/Lohmann-Information2_2016_Vol-50-2-December-Kaspers.pdf)
- Kawabata, T., Kagawa, Y., Kimura, F., Miyazawa, T., Saito, S., Arima, T., ... Yaegashi, N. (2017). Polyunsaturated fatty acid levels in maternal erythrocytes of japanese women during pregnancy and after childbirth. *Nutrients*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/nu9030245>
- Keener, K. M. (2017). Shell Egg Pasteurization. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 165–175). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00016-0>
- Kerns, M. (2010). What Are Fortified Eggs? Retrieved May 2, 2019, from The nest website: <https://woman.thenest.com/fortified-eggs-21731.html>
- Khan, S. A., Khan, A., Khan, S. A., Beg, M. A., Ali, A., & Damanhour, G. (2017). Comparative study of fatty-acid composition of table eggs from the Jeddah food market and effect of value addition in omega-3 bio-fortified eggs. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(4), 929–935.  
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.11.001>
- Kim, J., Magnuson, A., Tao, L., Barcus, M., & Lei, X. G. (2016). Potential of combining flaxseed oil and microalgal biomass in producing eggs-enriched with n - 3 fatty acids for meeting human needs. *Algal Research*, 17, 31–37.  
<https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.04.005>
- Koushan, K., Rusovici, R., Li, W., Ferguson, L. R., & Chalam, K. V. (2013, May 22). The role of lutein in eye-related disease. *Nutrients*, Vol. 5, pp. 1823–1839. <https://doi.org/10.3390/nu5051823>
- Küçükyılmaz, K., & Bozkurt, M. (2017). Organic Farming and Mineral Content of

- Chicken Eggs. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 103–110). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00010-X>
- Kühn, J., Schutkowski, A., Kluge, H., Hirche, F., & Stangl, G. I. (2014). Free-range farming: A natural alternative to produce vitamin D-enriched eggs. *Nutrition*, *30*(4), 481–484. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.10.002>
- Lesnierowski, G., & Stangierski, J. (2018, January 1). What's new in chicken egg research and technology for human health promotion? - A review. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 71, pp. 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.022>
- Lewin, J. (2018, November). The health benefits of eggs. *BBC Good Food*, 6.
- Li, H., Jin, L., Wu, F., Thacker, P., Li, X., You, J., ... Xu, Y. (2012). Effect of red pepper (*Capsicum frutescens*) powder or red pepper pigment on the performance and egg yolk color of laying hens. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *25*(11), 1605–1610. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12235>
- Lima, W. K. da S., Barros, L. S. S., Silva, R. M. da, Deus, T. B. de, Lima, D. das V., & Silva, A. dos S. (2018). Hygienic and Sanitary Conditions of Eggs Commercialized in Town Fairs and Markets. *Food and Nutrition Sciences*, *09*(07), 855–867. <https://doi.org/10.4236/fns.2018.97064>
- López, A., & González, L. (2015). Role of eggs consumption in women at different life stages. *Nutr Hosp*, *32*, 35–40. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.sup1.9477>
- López, F. J., & López, L. (2013). Selenio y salud; valores de referencia y situación actual de la población Española. *Nutricion Hospitalaria*, *28*(5), 1396–1406. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.5.6634>
- Mar, L., Tamayo, A., & Cartagena, C. J. (2011). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. *Producción + Limpia*, *6*(1), 108–127.
- Martínez, D. (2015). *Alimentación de gallina murciana con portulaca oleracea en fresco, para la obtención de huevos enriquecidos en omega-3*. Universidad

- Politécnica de Cartagena.
- McIntosh, J. (2018). Everything you need to know about eggs. In *New Scientist* (Vol. 202). [https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(09\)61205-7](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(09)61205-7)
- Meléndez, A. J. (2017). Carotenoides en agroalimentación y salud. In T. Pilar (Ed.), *Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)* (1st ed., Vol. 29). <https://doi.org/10.1007/BF02357654>
- Meléndez, A., Vicario, I. M., & Heredia, F. J. (2007). Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(2), 109–117.
- Melo, I. L. P. de, & Almeida-Muradian, L. B. de. (2011). Comparison of methodologies for moisture determination on dried bee pollen samples. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31(1), 194–197. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000100029>
- Mesa, A. (2015). *Caracterización Fisicoquímica y Funcional del polen de abejas (Apis mellifera) como estrategia para generar valor agregado y parámetros de calidad al producto apícola*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- MINAGRICULTURA. (2016). *Indicadores del sector Avícola*. 5. Retrieved from <https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/002 - Cifras Sectoriales/BULLETS FENAVI MINISTRO.pdf>
- Mínguez, M. I., Pérez, A., & Hornero, D. (2005). Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales: mucho más que simples “colorantes” naturales. *Agrocsic Magazines*, (May 2014), 2–7. Retrieved from <http://digital.csic.es/handle/10261/5754>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), & Sistema de Información de precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA). (2013). *Gallinas ponedoras y producción de huevos*. Bogota.
- Miranda, J. M., Anton, X., Redondo-Valbuena, C., Roca-Saavedra, P., Rodriguez, J. A., Lamas, A., ... Cepeda, A. (2015, January 20). Egg and egg-derived foods: Effects on human health and use as functional foods. *Nutrients*, Vol. 7,

- pp. 706–729. <https://doi.org/10.3390/nu7010706>
- MOBA. (2010). *OvoPro; Manejo del producto sin procesar*. Retrieved from [www.moba.nl](http://www.moba.nl)
- Montero, S. C. (2009). *Carotenos*. Zaragoza.
- Muduli, S., Champati, A., Abhijeet Champati, C., & Popalghat, H. K. (2018). Designer egg: A new approach in modern health care. *The Pharma Innovation Journal*, 7(5), 320–326. Retrieved from [www.thepharmajournal.com](http://www.thepharmajournal.com)
- National Institutes of Health. (2016). *Datos sobre la vitamina B12*.
- Nimalaratne, C., Schieber, A., & Wu, J. (2016). Effects of storage and cooking on the antioxidant capacity of laying hen eggs. *Food Chemistry*, 194, 111–116. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.116>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2012). Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. In *Estudio FAO alimentación y nutrición*. Retrieved from FAO website: [https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minsalud\\_r1148884.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsalud_r1148884.htm)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). Código de Prácticas de Higiene para los huevos y los productos de huevo. In *Producción de alimentos de origen animal* (pp. 1–54). World Health Organization.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / Organización Mundial de la Salud. *Codex Alimentarius. Principios generales para la adición de nutrientes esenciales a los alimentos*. , 151 § (1991).
- Organización Mundial de la Salud (OMS)., Organización de las Naciones Unidas, & para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *Guías para la fortificación de alimentos con micronutrientes*. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255541/9789243594019-spa.pdf;jsessionid=71A65CEBA51A70099B7172024F69E5B4?sequence=1>
- Ovopacific. (2017). Huevo en Polvo (Entera, Claras y yemas). Retrieved June 18,

- 2019, from Ovopacific - Productos website:  
<http://www.ovopacific.com/productos/>
- Parra, J., Torres, A., Rojas, D., Durazzi, E., Ineichen, E., & Fernandez, R. (2017). Inclusión de la cianobacteria *Arthrospira maxima* como fuente de carotenoides en la dieta de gallinas ponedoras y su evaluación sobre la calidad del huevo. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 8(July), 1–16.
- Peña, M., Castro, A., & Martínez, T. (2011). Conocimientos, opiniones y prácticas respecto al huevo de gallina en familias de comunidades urbana-rural, Costa Rica. *Rev Costarr Salud Pública*, 20, 32–39.
- Pérez, M., & García, D. (2013). Vitaminas en la alimentación de las aves. In Real Escuela de Avicultura (Ed.), *La ciencia de la nutrición* (p. 19). Retrieved from [www.AVICULTURA.com](http://www.AVICULTURA.com)
- Pilarczyk, B., Tomza-Marciniak, A., Pilarczyk, R., Kuba, J., Hendzel, D., Udała, J., & Tarasewicz, Z. (2019). Eggs as a source of selenium in the human diet. *Journal of Food Composition and Analysis*, 78, 19–23.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.01.014>
- Ponirovskaya, Y. (2012). *The Role of Eggs in the Diet : Update*. New York. Poultry CRC.
- (2018). Eggs Vary in Colour. Retrieved from Poultry Hub website:  
<http://www.poultryhub.org/physiology/the-avian-egg/>
- Premium Nutriegg. (2018). *Ficha tecnica huevo liquido pasteurizado*.
- Quitral, V., Donoso, M. L., & Acevedo, N. (2009). COMPARACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE HUEVOS DE CAMPO, ORGÁNICOS Y COMERCIALES. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 10, 10. Retrieved from <http://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/235/217>
- Rajasekaran, A., & Kalaivani, M. (2012, February). Designer foods and their benefits: A review. *Journal of Food Science and Technology*, Vol. 50, pp. 1–16. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0726-8>
- Ramírez, J., Añorve, J., Contreras, E., Jaimez, J., & Castañeda, O. (2011). *Incorporación de ácidos grasos omega-3 en huevo de gallinas ponedoras a*

- través de la suplementación con aceite de hígado de bacalao*. Guanajuato.
- Rasmussen, H., Muzhingi, T., Eggert, E., & Johnson, E. (2012). Lutein, zeaxanthin, meso-zeaxanthin content in egg yolk and their absence in fish and seafood. *Journal of Food Composition and Analysis*, 27(2), 139–144. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2012.04.009>
- Rey, M. (2007). *Evaluación de la producción de huevos enriquecidos con Selenio en el Centro de Investigación y Capacitación San Miguel de la Universidad de la Salle*. Universidad de la Salle.
- Rodríguez, E., González, L., Ortega, R., & López, A. (2013). El consumo de huevos podría prevenir la aparición de deficiencia de vitamina D en escolares. *Nutrición Hospitalaria*, 28(3), 794–801. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.3.6421>
- Rodriguez, P. (2016). Proteínas III. Retrieved from 12 de abril website: <https://www.nutridieta.com/alimentos-contienen-mercurio/>
- Romero, L. (2015). *EFFECTOS DE LA INCLUSIÓN DE LUTEÍNA EN UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE GALLINAS PONEDORAS DE HUEVO MARRON*. Retrieved from [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18371/89112201\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18371/89112201_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rosero, O. (2015). Vitamina D y salud ósea en la mujer posmenopáusica. Revisión. *Revista Colombiana de Endocrinología, Diabetes y Metabolismo*, (June).
- Ruxton, C. H. S., Derbyshire, E., & Gibson, S. (2010). The nutritional properties and health benefits of eggs. *Nutrition and Food Science*, Vol. 40, pp. 263–279. <https://doi.org/10.1108/00346651011043961>
- Sahoo, A., & Jena, B. (2014). Designer egg and meat through nutrient manipulation. In *Journal of Poultry Science and Technology*. Retrieved from [www.jakraya.com/journal/jpst](http://www.jakraya.com/journal/jpst)
- Samman, S., Kung, F. P., Carter, L. M., Foster, M. J., Ahmad, Z. I., Phuyal, J. L., & Petocz, P. (2009). Fatty acid composition of certified organic, conventional

- and omega-3 eggs. *Food Chemistry*, 116(4), 911–914.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.046>
- Sánchez, L. A. (2012). *Uso de vitaminas en pollos de engorde*. Retrieved from <http://www.actualidadavipecuaria.com/cusa/articulos/uso-de-vitaminas-y-aminoacidos-en-la-avicultura.html>
- Sandun, A., & Douglas, D. (2017). Function and Separation of Ovotransferrin from Chicken Egg. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 243–249). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00023-8>
- Santana, S. (2008). EL HUEVO COMO ALIADO DE LA NUTRICIÓN Y LA SALUD. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 18(2), 15.
- Sayar, R. (2009). *Nutrientes del huevo, composición química, buenas prácticas*. 4.
- Sceni, P., Capello, M., & Igartúa, D. (2017). *Ovoproductos*.
- Schneider, H. I. (2015). *Desarrollo de huevo fortificado con selenio y ácidos grasos omega Ω3*. Universidad Nacional de la Plata.
- Schweigert, F. J., Hurtinne, A., Mothes, R., & Schierle, J. (2011). Un nuevo test rápido para la cuantificación de los carotenoides totales en la yema de huevo. *Selecciones Avícolas*, Diciembre, 25–28.
- Silvetti, T., Morandi, S., Hintersteiner, M., & Brasca, M. (2017). Use of Hen Egg White Lysozyme in the Food Industry. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 233–242). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00022-6>
- Skrivan, M., Bubancová, I., Marounek, M., & Dlouhá, G. (2010). Selenium and  $\alpha$ -tocopherol content in eggs produced by hens that were fed diets supplemented with selenomethionine, sodium selenite and vitamin E. *Czech Journal of Animal Science*, 55(9), 388–397.
- Stringham, J. M., Johnson, E. J., & Hammond, B. R. (2018). *Lutein Across the Lifespan: from Childhood Cognitive Performance 1 to the Aging Eye and Brain*. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzz066/5511268>
- Surai, P. F., & Fisinin, V. I. (2014). Selenium in poultry breeder nutrition: An update. *Animal Feed Science and Technology*, Vol. 191, pp. 1–15.

- <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.02.005>
- Tahergorabi, R., & Jaczynski, J. (2017). Nutraceutical Egg Products. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 271–280).  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00026-3>
- Us Poultry. (2008). Egg Laying Hens. *The Egg*, 62. Retrieved from  
[https://www.uspoultry.org/educationprograms/PandEP\\_Curriculum/Documents/PDFs/Lesson6/EggLayingHensPres.pdf](https://www.uspoultry.org/educationprograms/PandEP_Curriculum/Documents/PDFs/Lesson6/EggLayingHensPres.pdf)
- Vinicio, M., & Morales, M. (2016). *Obtención de clara de huevo en polvo por medio de la técnica de secado utilizando un equipo de opera por aspersion*. Universidad de Costa Rica.
- Ward, N. E. (2017). Vitamins in Eggs. In *Egg Innovations and Strategies for Improvements* (pp. 207–220). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00020-2>
- Woods, V. B., & Fearon, A. M. (2009, January). Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Science*, Vol. 126, pp. 1–20.  
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.07.002>
- Wu, J. (2014). Eggs and Egg Products Processing. In B. Clark, Stephanie. Jung, Stephanie. Lamsal (Ed.), *Food Processing: Principles and Applications* (2nd ed., pp. 437–455). Alberta: John Wiley & Sons, Ltd.
- Zaheer, K. (2017a). Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: a review. *CyTA: Journal of Food*, 15(3), 474–487. Retrieved from <http://10.0.4.56/19476337.2016.1266033>
- Zaheer, K. (2017b, July 3). Carotenoides de huevo de gallina (luteína y zeaxantina) e impactos nutricionales en la salud del ser humano: una revisión. *CYTA - Journal of Food*, Vol. 15, pp. 474–487.  
<https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1266033>
- Zielińska, M. A., Wesolowska, A., Pawlus, B., & Hamułka, J. (2017, August 4). Health effects of carotenoids during pregnancy and lactation. *Nutrients*, Vol. 9. <https://doi.org/10.3390/nu9080838>

Zuluaga, M., & Fernández, P. (2014). *ESTUDIO DEL MERCADO DEL HUEVO COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE OVOPRODUCTOS* (Universidad EAFIT). Retrieved from [https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5097/DianaZuluaga\\_PilarFernandez\\_2014.pdf?sequence=2](https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/5097/DianaZuluaga_PilarFernandez_2014.pdf?sequence=2)