



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CARACTERÍSTICAS SENSORIALES, CALIDAD FÍSICA Y
COMPOSICIÓN EN ÁCIDOS GRASOS DEL HUEVO DE
GALLINA EN JAULA Y EN SISTEMA ORGÁNICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

ARELI ESPINO GONZÁLEZ

Asesores:

Dra. Silvia Carrillo Domínguez
Dr. José Antonio Quintana López

Ciudad Universitaria, CDMX, 2019.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres Adriana Esther y José Miguel, por apoyarme siempre a lo largo de mi vida y por dárme todo, incluso la vida.

A mis hermanos Katia, Adrián y Miguel, por estar siempre que los necesito, por todo su apoyo y cariño.

A mis sobrinos Ian, Said, Noah y Mila Michelle, quienes con su inocencia y cariño alegran mis días.

A mis cuñados Nayeli y Juan Carlos, por ser parte de la familia y por todo el apoyo brindado.

A Jerónimo Pacheco Cortés, por el apoyo y comprensión brindado a lo largo de todo este tiempo.

Al doctor Tito Livio y Don Joaquín por su apoyo, paciencia y comprensión.

A Norma, Ernesto, Yael, Aurora y Yair por poner un granito de arena en el presente trabajo.

A Miriam, Rosa, Gaby, Citlalli, José, Gerardo, David, Arturo, Alex y Francisco por estar juntos cada año y demostrarme lo que es la verdadera amistad.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por permitirme estudiar lo que siempre he deseado, brindarme los conocimientos necesarios para desenvolverme con ética en el desarrollo de mi profesión, mi gran tesoro.

Al Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, por permitirme formar parte de esa institución.

Al Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, por permitirme formar parte y a cada integrante, su apoyo y amistad.

A la Dra. Silvia Carrillo por toda la paciencia, apoyo, tiempo y dedicación al estudio y el seguimiento que tuvo a mi persona desde el servicio social hasta ahora, por ser una gran persona y un ejemplo a seguir.

Al Dr. José Antonio Quintana, por tener siempre su disposición a apoyarme y enseñarme, por ser una gran persona.

A la Dra. Itzel Suarez y al personal de la granja, por la enseñanza y el apoyo brindado durante mi estadía.

A todos y cada uno de mis profesores por haber compartido sus conocimientos.

¡Gracias!

Al jurado:

Presidente: Dr. Ernesto Ávila González

Vocal: Dra. Rosa Helia Vite Pedroza

Secretario: Dr. Arturo Cortés Cuevas

Suplente: Dr. José Antonio Quintana López

Suplente: Dra. Socorro Magdalena Escorcía Martínez

Por compartir amablemente sus comentarios y brindar apoyo en la redacción del estudio y por su asistencia en este día tan importante en mi vida.

¡Gracias!

Contenido

RESUMEN	- 1 -
I. INTRODUCCIÓN.....	- 2 -
II. ANTECEDENTES	- 3 -
2.1 Situación de la avicultura en México	- 3 -
2.2 Composición del huevo	- 5 -
2.3 Ácidos grasos.....	- 8 -
2.4 Sistemas alternativos de producción de huevo	- 12 -
2.5 Producción de huevo orgánico.....	- 13 -
2.5.1 Producción orgánica de aves de corral.....	- 13 -
2.5.2. Alimentación orgánica.....	- 14 -
2.5.3. Control y prevención de enfermedades	- 15 -
2.6 Estudios realizados sobre producción de huevo en un sistema orgánico	- 16 -
III. JUSTIFICACIÓN	- 18 -
IV. HIPÓTESIS.....	- 19 -
V. OBJETIVO	- 19 -
5.1 Objetivo general	- 19 -
5.2 Objetivos específicos	- 19 -
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 20 -
6.1 Localización	- 20 -
6.2 Ensayo experimental.....	- 20 -
6.3 Variables Productivas	- 21 -
6.4 Calidad física del huevo	- 22 -
6.5 Evaluación sensorial	- 22 -
6.6 Contenido de ácidos grasos en la yema de huevo.....	- 23 -

6.7 Análisis estadístico.....	- 23 -
VII. RESULTADOS.....	- 24 -
7.1 Variables productivas.....	- 24 -
7.2 Calidad física del huevo	- 25 -
7.3 Evaluación sensorial	- 26 -
7.4 Contenido de ácidos grasos en las dietas y en las yemas de huevo.	- 26 -
VIII. DISCUSIÓN	- 32 -
8.1 Variables productivas.....	- 32 -
8.2 Calidad física del huevo	- 34 -
8.3 Evaluación sensorial	- 36 -
8.4 Contenido de lípidos totales y ácidos grasos en la yema de huevo	- 37 -
IX. CONCLUSIÓN	- 42 -
X. RECOMENDACIONES	- 42 -
XI. REFERENCIAS	- 43 -
XII. ANEXOS	- 48 -

Cuadros

Cuadro 1. Composición química del huevo (100 g de porción comestible)	7 -
Cuadro 2. Ácidos grasos esenciales	9 -
Cuadro 3. Composición de ácidos grasos esenciales en el huevo.....	11 -
Cuadro 4. Contenido de ácidos grasos en el huevo	12 -
Cuadro 5. Carga Animal por superficie de terreno en gallinas ponedoras	14 -
Cuadro 6. Análisis químico aproximado y energía de las dietas proporcionadas a las gallinas Dominant criadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO).-	20 -
Cuadro 7. Ácidos grasos presentes en las dietas proporcionadas a las gallinas criadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO).....	21 -
Cuadro 8. Variables productivas de gallinas Dominant alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) durante 5 semanas.....	24 -
Cuadro 9. Calidad física del huevo de gallinas Dominant criadas en un sistema de producción en jaula (SPJ) y en un sistema de producción orgánico (SPO).	25 -
Cuadro 10. Coeficiente de variación (CV) en los indicadores de calidad interna y externa del huevo de gallinas criadas en jaula (SPJ) y en un sistema de producción orgánica (SPO) (expresado en %).	25 -
Cuadro 11. Preferencia por el sabor del huevo y color de la yema de huevos de Gallina Dominant criadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO)	26 -
Cuadro 12. Total de ácidos grasos en la yema de huevo de Gallinas Dominant criadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO).....	28 -
Cuadro 13. Contenido de ácidos grasos saturados en la yema de huevo de gallinas Dominant criadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) (mg de ácidos grasos /100 g de muestra)	29 -
Cuadro 14. Contenido de ácidos grasos insaturados en la yema de huevo de gallinas criadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) (mg de ácidos grasos / 100 g de muestra).....	30 -
Cuadro 15. Composición ¹ y coeficiente de variación de los ácidos grasos en el huevo de gallinas Dominant criadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) (expresados en %).	31 -
Cuadro 16. Resultados Cherian et al., (2002)	39 -

Figuras

Figura 1. Producción pecuaria (%)	- 4 -
Figura 2. Equilibrio de lípidos en la yema	- 6 -
Figura 3. Estructura de un triacilglicerol.	- 8 -
Figura 4. Estructura y nomenclatura de los ácidos grasos.....	- 9 -
Figura 5. Ácidos grasos esenciales para el humano	- 10 -

RESUMEN

ESPINO GONZALEZ ARELI. Características sensoriales, calidad física y composición en ácidos grasos del huevo de gallina en jaula y en sistema orgánico (bajo la dirección de: Dra. Silvia Carrillo Domínguez y Dr. José Antonio Quintana López)

Durante muchos años, México ha ocupado el primer lugar a nivel mundial como consumidor de huevo fresco. La mayor parte de su producción proviene de gallinas en jaula. Sin embargo, en la actualidad, un sector de la población, prefiere consumir huevo de gallina libre aduciendo varias razones, entre ellas: 1) Les preocupa el bienestar de los animales y abogan porque las aves se mantengan libres y no en jaula, 2) Les preocupa su salud y tratan de reducir o evitar el consumo de alimentos que contengan compuestos sintéticos y 3) Consideran que el huevo de gallina libre es más nutritivo que el de jaula. Esto ha llevado a implementar sistemas de producción alternativos, como el orgánico (SPO), en el que las aves están libres y existe un uso regulado de insumos externos, restringiendo, en su caso, prohibiendo la utilización de productos de síntesis química. Aunque el huevo producido bajo este sistema, es más costoso (\$5.00/pieza), existe un nicho de mercado dispuesto a pagar desde 50% hasta un 100% más de lo que vale comúnmente un huevo (\$2.00-\$2.50). La implementación del sistema orgánico en México es reciente, por lo que es importante brindar información que permita al consumidor, y también al avicultor, conocer las ventajas y/o desventajas de producir huevo bajo un sistema de producción orgánico (SPO) o en jaula (SPJ). La información publicada sobre este tema en México, es escasa. Por tal motivo, el objetivo de este trabajo, fue saber si entre las gallinas en jaula y las libres, existe diferencia en las variables productivas, la calidad y el sabor del huevo, así como en la composición en ácidos grasos del mismo. El estudio se realizó con 200 gallinas de la estirpe Dominant de 31 semanas de edad, distribuidas aleatoriamente en 2 diferentes sistemas de producción: en jaula (SPJ) y orgánico (SPO). Cada grupo se dividió en 5 réplicas de 20 aves cada una. Durante un periodo de 5 semanas, se llevó registro de las variables productivas, la calidad física del huevo y el contenido de ácidos grasos. Al principio y final del estudio, se realizó una prueba de evaluación sensorial. Los resultados mostraron que en la calidad interna y externa del huevo, no se detectaron diferencias entre grupos ($P > 0.05$), a excepción del color de yema, que fue mayor en el SPJ (10 escala DSM), en comparación con el SPO (9 escala DSM). La aceptación por el sabor del huevo y color de la yema fue igual entre los dos grupos ($P > 0.05$). La concentración total de ácidos grasos saturados, insaturados, omega3, omega 6 y relación n-6: n-3 en el huevo, no resultó ser diferente entre los grupos ($P > 0.05$). Se concluye que, en este estudio, el color de la yema es menor, pero la calidad física, sabor y contenido de ácidos grasos durante las 5 semanas es igual.

I. INTRODUCCIÓN

Por muchos años, México ha ocupado el primer lugar a nivel mundial, como consumidor de huevo fresco (23 kg *per cápita* anual) (UNA, 2018). Son varias las razones: a) es la proteína de origen animal con menor costo en el mercado, b) es de fácil acceso, c) práctica preparación, d) es fuente de proteína de excelente calidad porque contiene todos los aminoácidos esenciales para el humano, e) presenta un buen aporte de vitaminas y minerales y, f) contiene ácidos grasos esenciales, benéficos para la salud humana, como el ácido docosahexaenoico (DHA), el cual juega un papel muy importante durante la gestación y el crecimiento de los bebés, y es primordial para un buen desarrollo y funcionamiento del cerebro y la retina (Castro, 2002).

La mayor producción de huevo en México proviene de gallinas en jaula; sin embargo, este tipo de alojamiento ha alertado a algunos consumidores, y movilizó a organizaciones, quienes solicitan se implementen alternativas, donde se ofrezca un mayor grado de bienestar al ave. Esta situación ha obligado a grandes productores y estimulado a pequeños productores a implementar sistemas de producción alternativos en los cuales las gallinas están libres (AVMA, 2012).

Dentro de estos sistemas de producción de gallina libre, se ha implementado la llamada “producción orgánica”, que según la Ley de Productos Orgánicos emitida por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA, 2006) la define como “un sistema de producción y procesamiento de alimentos, productos y subproductos animales, vegetales u otros satisfactores, con un uso regulado de insumos externos, restringiendo y en su caso prohibiendo la utilización de productos de síntesis química”.

Este tipo de producción, se ha empezado a desarrollar en la Ciudad de México, Morelos, Nuevo León y Jalisco (Valadez, 2018) por lo que es importante brindar información al consumidor, y también al avicultor, que les permita conocer las ventajas y/o desventajas de producir huevo bajo un sistema de producción orgánico (SPO) o en jaula (SPJ).

II. ANTECEDENTES

2.1 Situación de la avicultura en México

La avicultura es la actividad encargada de la cría y producción de diferentes especies de aves, bajo estrictos procesos de cuidados y alimentación (SAGARPA, 2015). Tiene su origen en la India y China aproximadamente hace unos 8000 años, con la cría de la gallina silvestre *Bankiva* (Torre et al., 2012).

A partir de 1960 surge la avicultura intensiva y la selección en las razas de gallinas autóctonas que permitió mejorar sensiblemente la producción, desde los 100 huevos por año que ponía la raza Leonesa, hasta los 180-200 huevos en las razas Andaluza, Castellana y Prat. La selección genética facilitó el nacimiento de la empresa avícola profesional. La industrialización de la avicultura, permitió que la raza Leghorn (240 huevos/año), fuera el punto de partida de las líneas o estirpes actuales (que llegan a alcanzar producciones de 300-320 huevos al año), además comenzaron los avances en la nutrición y patología aviar (IEH, 2009).

Las principales aves de consumo son los pollos y las gallinas, de éstas últimas existen diferentes estirpes, que cubren las necesidades del productor. Un ejemplo de esto son las gallinas ligeras, las cuales son utilizadas para la producción de huevo, las gallinas pesadas para la producción de carne y las gallinas semipesadas, que son de doble propósito (carne y huevo) (SAGARPA, 2015).

La producción de huevo es una actividad económica, que se desarrolla prácticamente a nivel mundial. En las últimas décadas han surgido como potencias productoras, China y otros países de Asia. México se ubica en cuarto lugar a nivel mundial como productor de huevo (UNA, 2014).

La industria avícola, representa el 63.8% de la producción pecuaria en México: 34.7% corresponde a la producción de pollo, 29% a la producción de huevo y 0.10% a la producción de pavo (Figura 1). En 2017 aportó 0.737% del PIB total, el 23.18% del PIB agropecuario y el 37.22% del PIB pecuario (UNA, 2014).

Producción Pecuaria 2017* (Participación Porcentual)

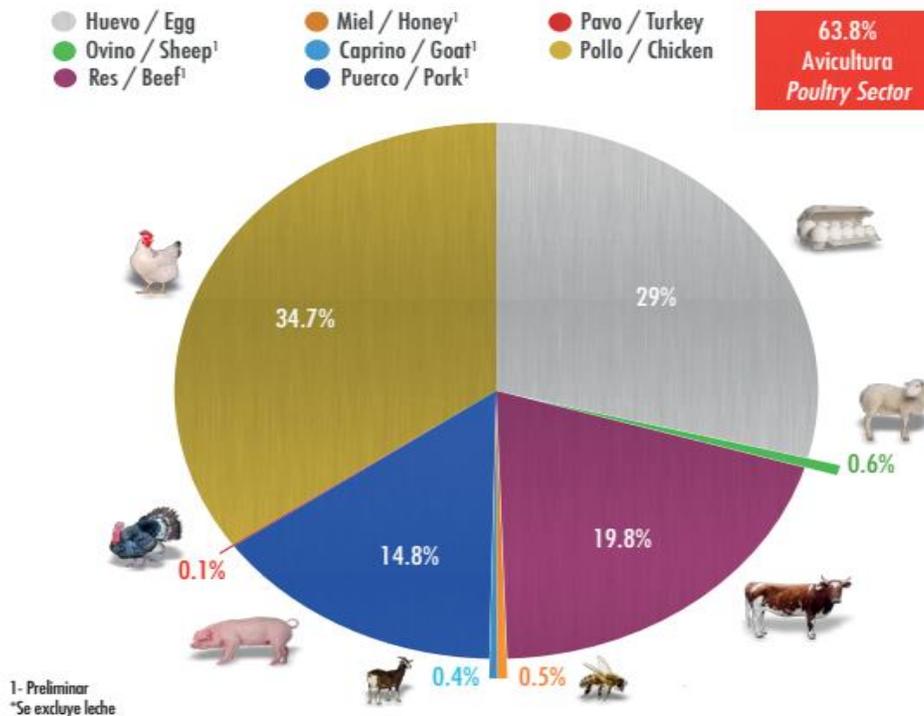


Figura 1. Producción pecuaria (%) (UNA, 2018)

En México 6 de cada 10 personas, incluyen en su dieta alimentos avícolas como pollo, huevo y pavo (UNA, 2014).

La producción de huevo en México, tuvo un crecimiento del 86% en un lapso de 1994 a 2017, con un ritmo anual de 2.7%. Los principales estados productores de huevo son: Jalisco, Puebla, Sonora, La Laguna (Coahuila y Durango), Yucatán, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa y Guanajuato.

La comercialización del huevo fresco para consumo o huevo para plato, se realiza a través de tres principales vías: 79% se vende a granel en los mercados tradicionales y de abasto, 14% en tiendas de autoservicio en envases cerrados y 7% se destina para uso industrial (UNA, 2014).

A nivel mundial, México es el principal consumidor de huevo fresco. En segundo lugar se encuentra Rusia con 18.44 kg, en tercer lugar Colombia con 16.38

kg, Argentina en cuarto lugar con 15.56 kg y en quinto lugar Nueva Zelanda con 14.69 kg (UNA, 2014).

2.2 Composición del huevo

Según la NMX-FF-127-SCFI-2016, se entiende por huevo de gallina, “el producto de figura ovoide, proveniente de la ovoposición de la gallina (*Gallus gallus*), constituido por cascarón, membranas, cámara de aire, clara, chalazas, yema y disco germinal.”

Las principales estructuras del huevo son: yema, albúmina o clara y cascarón.

La yema es la porción amarilla del huevo, cubierta por una membrana vitelina que la protege y separa de la albúmina. Constituye un tercio del peso del huevo sin cascarón. Sus principales componentes nutricionales son proteínas (lipovitelinas, fosfovitina), vitaminas, minerales, grasas (el principal fosfolípido es la lecitina o fosfatidilcolina y ácidos grasos, entre los cuales destacan por su concentración: el oleico, palmítico, esteárico y linoleico) (Carrillo et al., 2014). La casi totalidad de los lípidos se encuentran en yema (4.85 g), de los cuales los ácidos grasos suponen unos 4 g, de estos, 65% son de ácidos grasos insaturados y un 35% de ácidos grasos saturados (Figura 2) (IEH, 2009). Son fácilmente dispersables en agua y con gran capacidad para emulsionar otras sustancias (Grobas y Mateos, 1996).



Figura 2. Equilibrio de lípidos en la yema (IEH, 2009)

La albúmina es una solución de proteínas globulares, que rodea a la yema, encontrándose entre las membranas del cascarón. Representa 60% del peso del huevo y está conformada por tres capas, las cuales se diferencian por su consistencia: dos son densas y una acuosa. A mayor edad del huevo, el pH aumenta de 7.6 a 9.3, lo que ocasiona que la albúmina densa se transforme en fluida. Las glucoproteínas que contiene son: ovoalbúmina, conalbúmina y ovomucoide, éstas suman más del 80% del total de proteínas en la albúmina del huevo. Otras proteínas de importancia son la lisozima, ovomucina y la avidina (Carrillo et al., 2014).

El huevo es fuente de proteína de excelente calidad, ya que contiene todos los aminoácidos esenciales para el humano, por ello es utilizada como proteína de referencia. Además, es una fuente importante de vitaminas y minerales (Cuadro 1) (Carrillo et al., 2014). Un huevo de aproximadamente 50 g cubre parte de las necesidades diarias de: selenio (27%), vitamina B12 (25%), colina (23%), riboflavina (15%), proteínas (13%), fósforo (11%), vitamina D (9%) (FAO, 2018). Su alto contenido de ácido fólico (11.5% de la recomendación diaria), reduce el riesgo de padecer cáncer de mama.

El consumo de 1.3 huevos cocidos al día, suministran 380 µg de luteína y 280 µg de zeaxantina, los cuales son dos pigmentos carotenoides que brindan protección al ojo, evitando la presencia de cataratas y degeneración macular (DM) o daño a la retina (Carrillo et al., 2014).

Cuadro 1. Composición química del huevo (100 g de porción comestible)

Componente químico	Unidades	Huevo entero	Clara	Yema
Energía	kcal	154	45	342
Humedad	%	74.39	86.11	50.84
Carbohidratos	g	1.11	0.92	0.81
Proteínas	g	12.33	10.57	16.18
Lípidos	g	11.14	0.2	30.56
Ácidos grasos				
Saturados	g	3.21	0	10.18
Mono insaturados	g	4.39	0	13.61
Poliinsaturados	g	1.92	0	4.22
Colesterol Total	mg	436.33	0	1313.4
Minerales				
Calcio	mg	55.42	8.48	137.71
Fósforo	mg	199.1	13.73	512.25
Hierro	mg	2.04	0.35	5.82
Magnesio	mg	11.94	10.5	13.75
Sodio	mg	132.97	176.8	55.6
Potasio	mg	134	144	111.4
Zinc	mg	1.36	0.05	3.49
Vitaminas				
Vitamina A	µg	188.2	0	552
Tiamina	mg	0.12	0.02	0.27
Riboflavina	mg	0.36	0.31	0.42
Niacina	mg	0.11	0.09	0.08
Piridoxina	mg	0.12	0.01	0.3
Ácido Fólico	µg	48.82	15.25	145.5
Cobalamina	µg	1.54	0.37	2.6

Fuente: Carrillo et al (2014)

Otros componentes químicos que contribuyen a hacer del huevo un alimento funcional, y que ya antes se mencionaron, son los ácidos grasos.

2.3 Ácidos grasos

Los lípidos son sustancias orgánicas. Pueden extraerse de los tejidos y de las células, mediante disolventes no polares, como el cloroformo o el éter. El término de "lípidos" hace referencia a moléculas ricas en carbono e hidrogeno, pero con pocos átomos de oxígeno (Horton et al., 2008). La mayor parte están compuestos por triacilglicéridos (TG), los cuales contienen una molécula de glicerol (un alcohol) y tres ácidos grasos (Castro, 2002) (Figura 3).

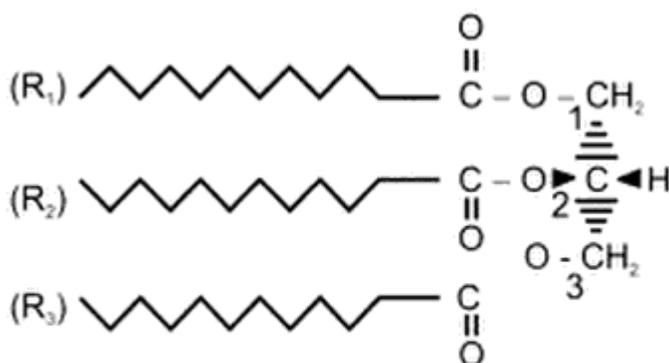


Figura 3. Estructura de un triacilglicérol (Melo y Cuamatzi, 2007).

Los ácidos grasos son componentes característicos de la mayor parte de los lípidos. Son cadenas rectas de hidrocarburos que terminan en un grupo carboxilo en un extremo y un grupo metilo (CH_3) en el otro (Castro, 2002) Los ácidos grasos tienen como fórmula general: R-COOH , donde R es la cadena hidrocarbonada y $-\text{COOH}$ es el grupo carboxilo (Figura 4).

Difieren unos de otros por la presencia o no de dobles enlaces en su cadena hidrocarbonada. Por su grado de saturación, se les clasifican en, saturados los que no presentan dobles enlaces carbono- carbono (C-C), e insaturados los que tienen al menos un doble enlace (C-C). Dentro de estos últimos, los que solo presentan un doble enlace (C-C) se les conoce como monoinsaturados y los que tienen dos o más dobles enlaces se denominan poliinsaturados (Horton et al., 2008).

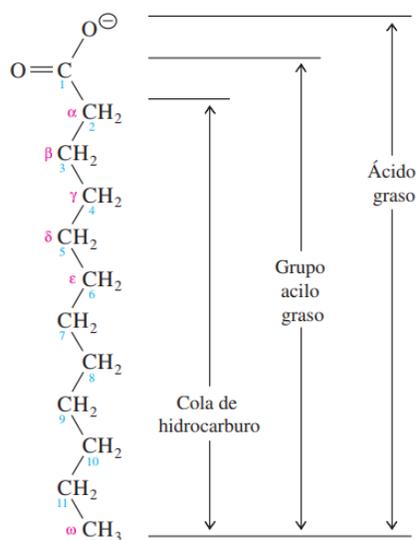


Figura 4. Estructura y nomenclatura de los ácidos grasos (Horton et al., 2008)

Existen tres familias de ácidos grasos poliinsaturados, conocidos comúnmente como omega 9 (n-9), omega 6 (n-6) y omega 3 (n-3), nombrados así por la posición del primer doble enlace (denominado omega) en la cadena hidrocarbonada, contando a partir del extremo metilo (CH₃). Los omega 6 y omega 3, son considerados esenciales porque no pueden ser sintetizados por el cuerpo y son necesarios para funciones vitales (Cuadro 2) (Castro, 2002).

Cuadro 2. Ácidos grasos esenciales

Nombre común	Nombre sistemático	Abreviatura	Formula
Familia n-6			
Linoleico	Cis-9,12-octadecadienoico(LA)	18:2 n-6	C ₁₈ H ₃₂ O ₂
γ- Linolénico	Cis-6,9,12-octadecatrienoico	18:3 n-6	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Araquidónico	Cis-5,8,11,14-eicosatetraenoico (AA)	20:4 n-6	C ₂₀ H ₃₂ O ₂
Adrénico	Cis-7,10,13,16-docosatetraenoico	22:4 n-6	C ₂₂ H ₃₆ O ₂
Osmond	Cis-4,7,10,13,16-docosapentaenoico	22:5 n-6	C ₂₂ H ₃₄ O ₂
Familia n-3			
α-linolénico	Cis-9,12,15-octadecatrienoico (ALA)	18:3 n-3	C ₁₈ H ₃₀ O ₂
Estearidónico	Cis-6,9,12,15-octadecatetraenoico	18:4 n-3	C ₁₈ H ₂₈ O ₂
Timnodónico	Cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico (EPA)	20:5 n-3	C ₂₀ H ₃₀ O ₂
Clupanodónico	Cis-7,10,13,16,19-docosapentaenoico (DPA)	22:5 n-3	C ₂₂ H ₃₄ O ₂
Cervónico	Cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico (DHA)	22:6 n-3	C ₂₂ H ₃₂ O ₂

Fuente: Castro (2002)

Los ácidos grasos esenciales son necesarios para un crecimiento y desarrollo normal, así como para diversas funciones fisiológicas. Los primordiales para el humano son el ácido linoleico (18:2 n-6 AL) y el ácido α -linolénico (18:3 n-3 ALA), ya que el ser humano no cuenta con las enzimas necesarias para insertar dobles enlaces en los átomos de carbono que están después del carbono 9 (Figura 5). Los ácidos grasos de cadena más larga y más insaturados como el ácido araquidónico (20:4 n-6 AA), el eicosapentaenoico (20:5 n-3 EPA) y docosahexaenoico (22:6 n-3 DHA), son sintetizados a partir de los anteriores por desaturación y elongación alternantes. El metabolismo enzimático de AA y EPA produce diferentes productos oxidados, a los cuales se les denomina eicosanoides. Estos desempeñan un papel esencial en las interacciones fisiológicas de coordinación entre las células (De Ferrer, 2000).

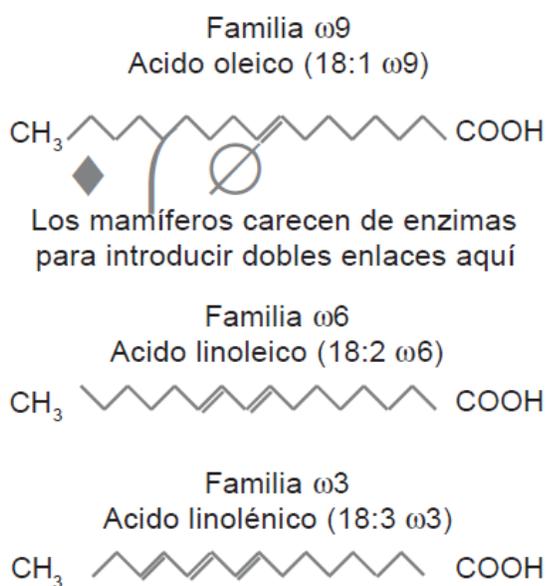


Figura 5. Ácidos grasos esenciales para el humano (De Ferrer, 2000)

Las principales fuentes de ácidos grasos esenciales en la dieta son los aceites vegetales y el pescado. Sin embargo, se pueden encontrar también en algunas nueces, semillas, vegetales, yema de huevo, pollo y carne de rumiantes y cerdos (Castro, 2002). Como se mencionó anteriormente la yema de huevo es rica en lípidos y es una opción para la disposición de algunos ácidos grasos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición de ácidos grasos esenciales en el huevo

Ácido graso	%Total de ácidos grasos
Total poliinsaturados n-6	21.26
C 18:2	18.26
C 18:3	0.11
C 20:2	0.21
C 20:3	0.17
C 20:4	2.09
C 22:4	0.27
C 22:5	0.52
Total poliinsaturados n-3	2.03
C 18:3	0.61
C 20:5	0.03
C 22:5	0.19
C 22:6	1.2
Relación n-6: n-3	10.65

Fuente: Grobas y Mateos (1996)

La composición del huevo varía con la edad de la gallina, la estirpe y el tipo de manejo. El factor más importante, sin embargo, es la alimentación (Grobas y Mateos, 1996). Por esto, la incorporación de los ácidos grasos poliinsaturados en el huevo puede ser manipulada a través de la dieta que se les da a las aves. La suplementación con aceite de pescado y linaza favorece el incremento de ácidos grasos poliinsaturados de la serie n-3, y la adición de otros aceites vegetales aumenta la concentración de los ácidos grasos poliinsaturados de la serie n-6 (Dolz y Piensos, 1996). La relación entre ácidos grasos insaturados y saturados en la yema de huevo es 2:1, ésta relación es considerada favorable desde el aspecto nutricional (Cuadro 4) (Torre et al., 2012).

Cuadro 4. Contenido de ácidos grasos en el huevo

Ácidos grasos	g/huevo
Insaturados	3.2
Monoinsaturados	2.0
Poliinsaturados	1.2
Saturados	1.7

Torre et al., 2012

2.4 Sistemas alternativos de producción de huevo

El uso de jaulas para gallinas ponedoras fue implementado en los Estados Unidos durante la década 1920-1930 para reducir el riesgo de enfermedades (ej. infecciones y parasitosis) y canibalismo en las aves, facilitar su manejo y aumentar su eficiencia productiva. Sin embargo, en décadas posteriores (1980-1990) en varios países, se empezó a restringir el uso de las jaulas convencionales y se empezaron a promover sistemas de producción alternativos como el de libre pastoreo, en el cual las gallinas están libres (AAVM, 2012).

Ya puesto en marcha este sistema, se detectaron algunos problemas como un aumento de enfermedades y canibalismo cuando se manejaban grandes poblaciones de aves, lo que llevó a desarrollar otros sistemas alternativos como el de jaulas enriquecidas, granero y el de aviario (AAVM, 2012).

En México, la mayor producción de huevo en México proviene de gallinas en jaula, sin embargo, este tipo de alojamiento también ha alertado a algunos consumidores, y movilizó a organizaciones, quienes solicitan se implementen alternativas, donde se ofrezca un mayor grado de bienestar al ave. Esta situación ha obligado a grandes productores y estimulado a pequeños productores a implementar sistemas de producción alternativos como los ya antes mencionados.

Dentro de estos sistemas de producción de gallina libre, también se ha implementado la llamada “producción de huevo orgánico”.

2.5 Producción de huevo orgánico

La Ley de Productos Orgánicos emitida por la SAGARPA (2006), define a la “Producción Orgánica”, como un sistema de producción y procesamiento de alimentos, productos y subproductos animales, vegetales u otros satisfactores, con un uso regulado de insumos externos, restringiendo y en su caso prohibiendo la utilización de productos de síntesis química”.

Para asegurarse de que los requisitos anteriores se cumplan, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), cuenta con empresas certificadoras contratadas, como la Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos, S.C (CERTIMEX), las cuales disponen de un documento normativo adecuado a la realidad mexicana (CERTIMEX-01-2018–01, Norma para la producción, el procesamiento y la comercialización de productos ecológicos y orgánicos), que permite verificar que las empresas llamadas orgánicas cumplan con los requisitos necesarios para denominarse como tales. Esta Norma acredita productos orgánicos de origen vegetal y ganadero.

2.5.1 Producción orgánica de aves de corral

Para que los productos puedan venderse con la denominación orgánica, los animales deberán haber sido manejados en un ambiente orgánico por un determinado tiempo. En el caso de las aves de corral destinadas a la producción de huevo, al menos durante 6 semanas (CERTIMEX-01-2018–01).

En este sistema, las gallinas ponedoras no deben criarse en jaulas, deben mantenerse en espacios abiertos, cumpliendo los requisitos mencionados en el Cuadro 5. Los sitios donde se mantiene alojadas a las aves, deben cumplir las siguientes condiciones:

- › Un tercio del suelo debe ser de construcción sólida, cubierta de paja, viruta o arena.
- › En los gallineros, una superficie del suelo disponible, debe utilizarse para recoger las excretas de las aves.

- › Deben utilizarse perchas, para que las aves puedan dormir, cumpliendo las dimensiones señaladas en el Cuadro 5.
- › Los gallineros deben tener una entrada y salida, con un tamaño adecuado para las aves y de una longitud combinada de al menos 4m/100m² de la superficie local. Cada gallinero no debe contener más de 3,000 gallinas ponedoras.
- › Los gallineros deberán construirse de forma que las aves tengan fácil acceso a una zona al aire libre (CERTIMEX-01-2018–01).

Cuadro 5. Carga Animal por superficie de terreno en gallinas ponedoras

Número máximo de animales/ hectárea	Zona cubierta(animales/m ²)			Zona al aire libre m ² de espacio disponible/ animal
	Núm. animales/m ²	cm de percha/animal	Nido	
230 aves	6	18	7 gallinas /nido o 120cm ² /ave	4 aves

Fuente: CERTIMEX (01-2018–01)

2.5.2. Alimentación orgánica

Los animales deberán alimentarse principalmente con productos de la unidad de producción, materias primas orgánicas y no orgánicas, de origen vegetal o animal, cuando se hayan producido o preparado sin disolventes químicos. Prohibiendo la alimentación forzada, así como la alimentación continua (día y noche) de las aves. No se utilizarán factores de crecimiento ni aminoácidos sintéticos (CERTIMEX-01-2018–01).

Los alimentos, las materias primas, los aditivos en los alimentos compuestos, los auxiliares tecnológicos en alimentos y determinados productos utilizados en la alimentación animal no deberán producirse con el uso de organismos modificados

genéticamente o productos derivados de ellos. La alimentación animal únicamente está destinada a garantizar la calidad de la producción y no a incrementarla hasta el máximo, al tiempo que se cumplen los requisitos nutritivos de los animales en sus distintas etapas de desarrollo (CERTIMEX-01-2018-01).

En el caso de las aves de corral, mínimo el 20% de los piensos deberá obtenerse de la propia granja, o producirse en la misma zona en colaboración con otras granjas orgánicas (CERTIMEX-01-2018-01).

2.5.3. Control y prevención de enfermedades

La prevención de enfermedades en la producción de animales orgánicos, consta principalmente de:

- › La selección de razas adecuadas a las condiciones que vivirán ambientalmente.
- › La aplicación correcta de prácticas zootécnicas, ajustándose a la necesidad de cada especie.
- › Una correcta nutrición y alimentación de alta calidad, para un desarrollo inmunológico.
- › Una densidad adecuada, dentro de la unidad de producción, dependiendo la especie para evitar la sobrecarga y problemas sanitarios, en el cuadro 4, se muestra la correcta densidad para aves de corral.

Aplicando los puntos anteriores, cuando algún animal se encuentra enfermo o herido, debe ser atendido inmediatamente, de ser necesario, aislándolo en locales adecuados.

En caso de ser necesaria la utilización de algún medicamento, se utilizan preferentemente productos fitoterapéuticos o productos homeopáticos; evitando el uso de medicamentos veterinarios alopáticos de síntesis química o antibióticos. Estos últimos son utilizados únicamente si ello evita el sufrimiento o trastornos a los animales, bajo la responsabilidad de un veterinario. Queda prohibida la utilización

de medicamentos veterinarios alopáticos de síntesis química o antibióticos como tratamiento preventivo (CERTIMEX-01-2018-01).

En caso de ser utilizados medicamentos veterinarios, debe registrarse: el tipo de producto (sustancia activa), información detallada del diagnóstico, dosis de aplicación, método de administración, duración del tratamiento y el tiempo de espera legal. Este último se duplica en relación con el tiempo de espera legal. En caso de no ser especificado, dicho periodo será de 48 horas (CERTIMEX-01-2018-01).

2.6 Estudios realizados sobre producción de huevo en un sistema orgánico

En Italia, Minelli et al.(2007) compararon las propiedades físico-químicas de huevos procedentes de gallinas alojadas en un sistema orgánico, contra huevos de gallinas alojadas en jaulas convencionales. Encontraron que en el sistema orgánico el peso del huevo, de la yema, de la albumina y del cascarón, era menor en comparación con los huevos de gallinas en jaula. Además, la composición química del huevo de gallinas en jaula, mostró mayor contenido de proteína (17.1% vs16.7%; $P<0.01$).

En Chile, Quitral et al. (2009) compararon las características físico-químicas y sensoriales de huevos de campo, orgánicos y comerciales, obteniendo los siguientes resultados: peso del huevo (50g, 55g, 59g respectivamente), cantidad de yema (28%, 30%, 28% respectivamente); proteína en el huevo completo (13.5%, 12.9%, 12.4% respectivamente) y lípidos (12.3%, 12.3%, 12% respectivamente). En cuanto a las características sensoriales, los huevos orgánicos mostraron una mejor aceptación en cuanto a color y olor.

Samman et al. (2009) analizaron un total de 180 huevos conseguidos en el área metropolitana de Sidney, Australia, de los cuales 96 eran convencionales, 72 orgánicos y 12 enriquecidos con omega-3. Encontraron que el peso del cascarón fue mayor en huevos enriquecidos con omega-3 y más bajo en huevos orgánicos (convencionales 11.37%, enriquecidos con omega-3 12.29%, orgánicos 11.03% $P<0.05$). Además, los huevos orgánicos contenían mayor porcentaje de ácidos grasos saturados, sobre todo el palmítico y esteárico, en comparación con los

huevos convencionales. Sin embargo, no observaron diferencias significativas en la composición de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados en ambos huevos (orgánicos y convencionales).

En la Universidad Estatal de Oregón, Estados Unidos, Cherian et al. (2002) realizaron un estudio, en el que compararon los componentes del huevo, la grasa total y el contenido de ácidos grasos en: 1) huevos de gallinas alimentadas con una dieta libre de grasa animal, 2) huevos marrones orgánicos de granja certificados, 3) huevo marrón de gallinas no medicadas sin jaulas, 4) huevos marrones de gallinas alimentadas con una dieta vegetariana sin jaula y 5) huevos naturalmente anidados sin jaula, utilizando huevos blancos como control. Observaron que el contenido de lípidos totales, fue menor en los huevos marrones con dieta vegetariana; mientras que el total de ácido graso saturado y esteárico, fue menor en los huevos de gallinas alimentadas con una dieta libre de grasa animal. No encontraron diferencias significativas en el contenido de ácido palmitoleico, oleico y el total de ácidos grasos monoinsaturados. El contenido de ácidos grasos omega-3 en huevos marrones orgánicos, huevos de dieta vegetariana y huevos marrones no medicados fue similar a los del huevo blanco.

Hasta el momento, en México no se han publicado datos sobre este tema.

III. JUSTIFICACIÓN

La implementación de los sistemas de producción de huevo orgánico en México, es reciente, esto tal vez explique la escasa publicación de estudios realizados en México, sobre la materia. Por ello, al ir creciendo notablemente este sistema de producción en México, es importante realizar más estudios, para brindar al productor y consumidor información que le permita tomar decisiones al producir o comprar cierto tipo de huevo.

Existen distintas características, que permitirán al consumidor conocer las ventajas de cada uno de los huevos. Algunas de ellas son: 1) Calidad física 2) Características sensoriales, tales como el sabor y el color de la yema y 3) Composición química, que en el presente estudio solo considera el contenido de lípidos totales y composición de ácidos grasos.

IV. HIPÓTESIS

El huevo de gallinas criadas en un sistema de producción orgánica presenta mejor calidad interna y externa, mejor sabor y mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados que el huevo de gallinas en jaula.

V. OBJETIVO

5.1 Objetivo general

Determinar si el huevo obtenido de gallinas criadas en un sistema de producción orgánica presenta mejor calidad interna y externa, mejor sabor y mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados que el huevo de gallinas en jaula.

5.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar si en un sistema de producción orgánica las variables productivas de las aves son mejores que en un sistema donde las gallinas son criadas en jaula.
- ✓ Determinar si el huevo de gallinas criadas en un sistema de producción orgánica presenta mejor calidad interna y externa.
- ✓ Determinar si el huevo de gallinas criadas en un sistema de producción orgánica presenta una mayor aceptación por el sabor y color de la yema.
- ✓ Determinar si el huevo de gallinas criadas en un sistema de producción orgánica presenta un mejor perfil de ácidos grasos poliinsaturados, que el huevo de gallinas en jaula.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Localización

La parte experimental del trabajo, se realizó en una granja particular, ubicada en la región del Ajusco, CDMX, México, a una altitud de 2 900 msnm, latitud 19°13'00''N. Longitud 99°12'00''W con una temperatura máxima anual de 16.8°C y una mínima de 5.9°C (SMN, 2010). El clima de la región va desde templado semi-húmedo a húmedo, con ligeras variaciones y lluvias en verano (Granados et al., 2005).

6.2 Ensayo experimental

El estudio tuvo una duración de 5 semanas, periodo durante el cual 200 gallinas de la estirpe Dominant Brown D-192 (Híbrida), de 31 semanas de edad, fueron distribuidas aleatoriamente, en 2 sistemas de producción, en jaula (SPJ) y orgánico (SPO), divididos en 5 réplicas de 20 aves cada una:

- 100 gallinas fueron distribuidas en 10 baterías de 5 jaulas cada una (40cm x 38cm x 44cm) (2 aves /jaula, 880cm²/ ave). Temperatura promedio 25°C y una humedad relativa de 34%.
- 100 gallinas criadas en un sistema de producción orgánica, estuvieron alojadas en 5 corrales, de 40m² cada uno (20 aves/corral, 2m²/ave). Temperatura promedio 24°C y una humedad relativa de 34%.

A las gallinas en jaula (SPJ) se les suministró alimento balanceado comercial, marca Pone Oro®, mientras que las gallinas en sistema orgánico (SPO) consumieron alimento orgánico, elaborado en la granja. La composición química de las dietas se muestra en los Cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Análisis químico aproximado y energía de las dietas proporcionadas a las gallinas Dominant alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO)

	Dieta SPJ	Dieta SPO
Humedad	8.63	9.5
Cenizas	15.95	16.47
Proteína cruda (N x 6.25)	17.68	16.86
Lípidos totales	5.23	3.87
Fibra cruda	1.72	3.24
Energía bruta (kcal/100g)	376	349.8

Cuadro 7. Ácidos grasos presentes en las dietas proporcionadas a las gallinas alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO)

Ácidos grasos	Dieta SPJ		Dieta SPO	
	mg/100g	%TAG	mg/100g	%TAG
Mirístico (C14:0)	4.81	0.16	1.21	0.07
Pentadecanoico (C15:0)	1.26	0.04	0.00	0.00
Palmítico (C16:0)	430.96	13.99	299.28	16.69
Palmitoleico (C16:1)	8.52	0.28	1.84	0.1
Heptadecanoico (C17:0) cis10-heptadecanoico (C17:1)	2.53	0.08	0.00	0.00
Estearico (C18:0)	82.5	2.68	79.79	4.45
Elaidico (C18:1 n9t)	4.64	0.15	1.4	0.08
Oleico (C18:1)	1094.27	35.53	589.41	32.88
Linoleico (C18:2 n-3 AL)	1333.61	43.3	755.9	42.17
Alfa-linolénico (C18:3 n-3 ALA)	62.68	2.03	41.23	2.3
Araquídico (C20:0)	16.29	0.53	10.34	0.58
cis 11-eicosapentaenoico (C20:1)	11.46	0.37	3.91	0.22
cis 11,14-eicosapentaenoico(C20:2)	0.88	0.03	0.00	0.00
Behénico (C22:0)	8.34	0.27	5.31	0.3
Erúcico (C22:1n9)	2.11	0.07	0.00	0.00
Tricosanoico (C23:0)	1.9	0.06	0.00	0.00
Lignocérico (C24:0)	12.56	0.04	2.98	0.17
Total	3080.04	99.63	1792.6	100.01

TAG-Total de ácidos grasos

6.3 Variables Productivas

Se llevó un registro diario de la producción de huevo, peso del huevo y porcentaje de huevo sucio. El registro del consumo de alimento fue semanal. Estos datos se utilizaron para calcular la conversión alimenticia y la masa de huevo.

- Consumo de alimento diario: $\frac{\text{kg de alimento consumido en un día}}{\text{número de aves}}$
- Porcentaje de postura: $\frac{\text{número de huevos producidos}}{\text{número de gallinas}} \times 100$
- Conversión alimenticia: $\frac{\text{kg de alimento consumido}}{\text{kg de huevos producidos}}$
- Masa del huevo: $\frac{\% \text{ de postura}}{\text{peso promedio del huevo}} \times 100$
- Peso del huevo

- Porcentaje de huevo sucio

6.4 Calidad física del huevo

Cada semana, se tomaron de cada sistema de producción (SPJ y SPO) 4 huevos por réplica, dando un total de 20 huevos por tratamiento, para evaluar la calidad interna y externa de cada pieza. Esta evaluación se realizó en el Departamento de Nutrición Animal del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ), utilizando un equipo automatizado (Technical Services and Supplies, Inc. 1999, England). Las variables evaluadas fueron:

- Índice de forma: $\frac{\text{ancho del huevo}}{\text{largo del huevo}} \times 100$
- Altura de albúmina
- Unidades Haugh
- Color de la yema
- Grosor del cascarón
- Peso del cascarón
- Peso del huevo
- Índice de yema: $\frac{\text{altura de la yema}}{\text{diámetro de la yema}}$

6.5 Evaluación sensorial

En el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del INCMNSZ, se llevó a cabo esta prueba en cubículos individuales. Las características evaluadas fueron: el sabor del huevo frito y el color de la yema. Se utilizó una escala hedónica de cinco puntos, en la que el participante manifestó el grado de aceptación por el producto (5=gusta mucho, 4=gusta poco, 3= ni gusta ni disgusta, 2= disgusta mucho, 1= disgusta poco). Fueron 30 personas (adultos de ambos sexos), consumidores habituales de huevo, quienes participaron como jueces o panelistas. Para la evaluación del color de la yema cruda, se empleó luz blanca en los cubículos; mientras que, para evaluar el sabor del huevo, se utilizó luz roja. El huevo que se ofreció a los panelistas era huevo frito, preparado con aceite en aerosol (PAM^R) y sin sal. En un plato se colocó una pequeña muestra de

huevo de cada grupo (SPJ y SPO), acompañada de una rebanada de pan blanco y agua para eliminar sabores residuales entre muestra y muestra.

6.6 Contenido de ácidos grasos en la yema de huevo

En el laboratorio del Departamento de Nutrición Animal del INCMNSZ, se realizaron los análisis químicos. Para ello, se tomaron 3 huevos por réplica, dando un total de 15 huevos por sistema de producción. En cada pieza, se separó la clara de la yema, estas últimas se mantuvieron en congelación (-4°C) hasta su análisis. Posteriormente, 24 horas antes de su análisis químico, se pasaron a refrigeración (4°C). La determinación de lípidos totales y de ácidos grasos se realizó en cada yema, utilizando los métodos descritos en la Association of Official Analytical chemists (AOAC, 2005):

- Lípidos Totales (método 923.07)
- Perfil de ácidos grasos (método 969.33)

6.7 Análisis estadístico

A los resultados obtenidos en las variables productivas, calidad física del huevo y contenido de ácidos grasos en yema de huevo se les aplicaron las pruebas de normalidad y homocedasticidad. Los datos fueron analizados a través de un análisis de varianza para un diseño factorial 2x5, en el que un factor era el sistema de producción (SPJ y SPO) y el otro el tiempo (5 semanas). La base de datos fue elaborada en el programa Microsoft Excel® 2013 y se utilizó el programa estadístico SAS ® versión 9.00, año 2002, SAS Institute inc. Cary, N Caroline, USA, para el análisis de los datos ($P < 0.05$).

Los resultados obtenidos en la prueba de evaluación sensorial fueron analizados utilizando la prueba no paramétrica de Friedman ($P < 0.05$) (Berlanga. y Rubio, 2012).

VII. RESULTADOS

7.1 Variables productivas

Se observó que el porcentaje de postura, peso del huevo, consumo de alimento, masa de huevo y conversión alimenticia, fueron mejores en las gallinas criadas bajo un sistema de producción orgánico ($P < 0.05$). Sin embargo, este mismo grupo presentó el mayor porcentaje de huevo sucio ($P < 0.05$) (Cuadro 8). Sólo se detectó interacción en el peso del huevo y el consumo de alimento ($P < 0.05$).

Cuadro 8. Variables productivas de gallinas Dominant alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) durante 5 semanas.

Factores	Producción de huevo %	Peso del huevo g	Consumo de alimento g/ave/día	Masa de huevo g/ave/día	Conversión alimenticia kg: kg	Huevo sucio %
Sistema de Producción (SP)						
SPJ	57.5±0.0 b	58.0±6.5 b	118.7±8.2 b	34.4±0.5 b	3.57±1.07 a	4±1.2 b
SPO	71.1±0.6 a	67.3±7.8 a	120±5.7 a	41.9±0.4 a	2.91±1.06 b	20.4±4.8 a
$p \leq 0.05$	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**
Tiempo (T)						
Sem 1	69.0±0.0 a	62.6±6.6 ba	120±4.3 a	43.1±0.2 a	2.80±1.05 b	16±3.7 a
Sem 2	67.8±1.0 ba	67.8±10.8 a	118.9±10.8 c	39.8±0.6 ba	3.10±1.67 ba	13±3.2 a
Sem 3	64.4±0.6 ba	64.4±7.1 ba	119.3±7.1 b	37.9±0.3 ba	3.20±1.88 ba	8±3.9 a
Sem 4	60.7±0.7 ba	60.7±10.9 ba	119.3±10.9 b	35.2±0.5 b	3.50±1.05 a	14±3.0 a
Sem 5	59.7±0.6 b	57.9±11.0 b	119.3±4.3 b	34.7±0.8 b	3.61±1.42 a	10±3.5 a
$p \leq 0.05$	0.008**	0.0042**	0.0001**	0.003**	0.0009**	0.4189
Interacción						
SP x T	0.6954	0.0019**	0.0001**	0.7036	0.5503	0.7288

T= promedio de SPJ y SPO durante las 5 semanas del estudio.

a, b. En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

7.2 Calidad física del huevo

Con respecto a la calidad física del huevo, no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre sistemas, excepto en el color de la yema, el cual fue más intenso en el huevo de gallinas en jaula ($P < 0.05$) (Cuadro 9). Solo se detectó interacción en el color de la yema y el grosor de cascarón ($P < 0.05$).

Cuadro 9. Calidad física del huevo de gallinas Dominant criadas en un sistema de producción en jaula (SPJ) y en un sistema de producción orgánico (SPO).

Factores	Índice de forma %	Índice de yema	Altura albumina cm	Unidades Haugh	Color de yema DSM	Grosor de cascarón mm	Peso del cascarón g
Sistema de producción (SP)							
SPJ	76.1±2.3 a	0.3±0.1 a	7.5±1.0 a	85.2±0.03 a	10.1±3.4 a	0.3±0.1 a	5.2±0.2 a
SPO	76.5±3.2 a	0.3±0.1 a	7.6±0.8 a	85.7±0.02 a	9±3.3 b	0.3±0.1 a	5.3±0.3 a
p≤0.05	0.46	0.52	0.71	0.75	0.0001**	0.64	0.76
Tiempo (T)							
Sem 1	79.7±3.8 a	0.3±0.0 b	6.8±0.6 b	81.4±0.02 bc	8.7±3.9 b	0.3±0.2 b	5.3±0.4 a
Sem 2	75.2±1.5 b	0.3±0.2 ba	7.0±0.7 ba	80.3±0.01 c	9.8±3.7 a	0.2±0.2 d	5.1±0.1 a
Sem 3	75.3±1.8 b	0.3±0.3 a	8.0±0.6 a	88.6±0.01 ba	9.7±3.8 a	0.3±0.5 c	5.4±0.2 a
Sem 4	75.4±3.4 b	0.3±0.1 a	8.0±1.0 a	89.3±0.01 a	9.8±4.9 a	0.3±0.1 cb	5.2±0.2 a
Sem 5	76.0±2.0 b	0.3±0.3 a	7.8±1.0 ba	87.7±0.01 bac	9.8±6.4 a	0.3±0.1 a	5.3±0.3 a
p≤0.05	0.0001**	0.0021**	0.006**	0.003**	0.0002**	0.0001**	0.39
Interacción							
SP x T	0.13	0.30	0.78	0.79	0.0001**	0.0002**	0.33

T= promedio de SPJ y SPO durante las 5 semanas del estudio.

a, b. En cada columna, literales opuestas indican diferencia estadística ($P \leq 0.05$).

Cuadro 10. Coeficiente de variación (CV) en los indicadores de calidad interna y externa del huevo de gallinas alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema de producción orgánica (SPO) (expresado en %).

Indicador	SPJ		SPO	
	Media	%CV	Media	%CV
Índice de forma	75.9	2.20	76.54	2.08
índice de yema	0.35	2.86	0.47	4.26
Altura albúmina	7.92	9.09	7.91	7.84
Unidades Haugh	87.09	4.83	88.2	3.84
Color de yema	10.00	0.00	9.10	9.12
Grosor de cascarón	0.33	3.03	0.33	3.03
Peso del cascarón	5.27	4.93	5.32	4.14

7.3 Evaluación sensorial

La aceptación por el huevo frito y el color de la yema, no fue diferente entre ambos grupos (SPJ y SPO) ($P>0.05$) (Cuadro 11), ubicándose la calificación de ambos en 4 (gusta poco).

Cuadro 11. Preferencia por el sabor del huevo y color de la yema de huevos de Gallina Dominant alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO)

Factores	Sabor huevo frito	Color de yema
SPJ	3.8 ± 1.09 a	4.2 ± 1.12 a
SPO	4.1 ± 0.17 a	4.0 ± 1.11 a
p ≤ 0.05	0.304	0.237
EEM	0.200	0.203

No se detectaron diferencias estadística entre tratamientos ($P>0.05$).

**Escala hedónica de cinco puntos; 5=gusta mucho, 4=gusta poco, 3= ni gusta ni disgusta, 2= disgusta mucho, 1= disgusta poco.

7.4 Contenido de ácidos grasos en las dietas y en las yemas de huevo.

De los 37 ácidos grasos estudiados, en ninguna de las dos dietas se detectó la presencia de los ácidos grasos: cis10-pentadecenoico, linolelaídico, gamma-linolenico, cis-8,11,14-eicosadienoico, cis-11,14,17-eicosatrienoico, araquidónico, heneicosanoico, eicosapentaenoico (EPA), nervónico y docosahexanoico (DHA)

En el caso de las yemas de huevo, los ácidos grasos, butírico, caproico, caprilico, caprico, undecanoico, laurico, tridecanoico, henecoisanoico, behenico, eicosapentaenoico, erucico, cis-13,16-docosadienoico, tricosanoico, lignocerico y nervónico, no fueron detectados. Mientras que, los ácidos grasos, cis-10 pentadecenoico, cis-10-heptadecenoico, elaidico, linolelaídico, cis11-eicosenoico, cis-8,11,14-eicosadienoico, cis-11,14,17-eicosatrienoico, palmitoleico, heptadecanoico, gamma- linolenico y araquidico, se detectaron en concentraciones menores al 1% del total de ácidos grasos, en SPJ y SPO.

No se detectaron diferencias significativas entre los huevos del SPJ y los del SPO en lo referente al contenido total de ácidos grasos saturados (AGS), insaturados (AGI), monoinsaturados (AGM), poliinsaturados (AGPI), lípidos totales (LT), omega 3 (n-3), omega 6 (n-6), y su relación (n-6:n-3) ($p > 0.05$). Sin embargo, si hubo diferencias significativas en la relación insaturados/ saturados, siendo el tratamiento SPJ el que mejor relación ácidos insaturados:saturados presentó ($P < 0.05$) (Cuadro 12).

El tiempo fue un factor que influyó significativamente en el contenido de los lípidos totales y de los ácidos grasos ($p < 0.05$). Estos fueron disminuyendo conforme pasó el tiempo. Solo se observó interacción SP X T, en los AGM, relación insaturados:saturados y en los LT ($p < 0.05$) (Cuadro 12).

En cuanto al contenido de ácidos grasos saturados en la yema de huevo, se encontraron diferencias significativas en el contenido del ácido pentadecanoico (C15:0), el cual fue mayor en las gallinas alojadas en un sistema en jaulas que en el orgánico. Respecto al ácido esteárico (C18:0), ocurrió lo contrario, en el sistema orgánico el huevo presentó una mayor concentración de este ácido graso que en huevo del sistema en jaula (Cuadro 13). Respecto al efecto del tiempo, en todos los AGS, la concentración fue disminuyendo conforme pasó el tiempo ($p < 0.05$). La interacción sistema de producción y tiempo, solo se presentó en los ácidos pentadecanoico, heptadecanoico y el esteárico ($p < 0.05$).

Cuadro 12. Total de ácidos grasos en la yema de huevo de Gallinas Dominant alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) (mg de ácidos grasos /100 g de muestra).

Factores	Saturados	Insaturados	Monoinsaturados	Polinsaturados	Insat:Sat	Omega 3	Omega 6	Omega 6/ Omega 3	Lípidos Totales
Sistema de producción (SP)									
SPJ	6963.86±121.8 a	13842.33±228.3 a	9070.09±157.7 a	4772.37±185.9 a	1.99±0.14 a	255.09±55.09 a	4380.50±82.9 a	17.5±3.3 a	27.71±2.54 a
SPO	7111.44±121.8 a	13720.69±267.6 a	8956.15±173.8 a	4764.54±118.2 a	1.92±0.18 b	269.05±70.81 a	4353.60±110.5 a	16.6±4.4 a	27.10±2.14 a
P<0.05	0.366	0.696	0.594	0.955	0.004*	0.529	0.8378	0.984	0.061
Tiempo (T)									
Sem 1	7548.97±104.4ba	14545.25±207.7ba	9655.44±139.5 ba	4889.81±92.9 a	1.92±0.09 bc	296.06±56.0 a	4442.57±87.1 ba	15.18±2.5 b	28.78±2.9 a
Sem 2	7922.69±89.1 a	15785.12±159.2 a	10317.52±94.1 a	5367.59±88.9 a	2.00±0.19 ba	295.07±60.7 a	5013.85±82.0 a	17.42±3.4 ba	27.37±1.5 b
Sem 3	7075.00±128.4bc	14373.69±261.9 b	9190.08±193.0 b	5183.60±91.1 a	2.03±0.12 a	285.37±52.0 a	4756.38±85.1 a	16.9±3.1 ba	26.22±2.2 b
Sem 4	6402.95±111.6dc	12390.21±192.6 c	8114.30±124.0 c	4275.90±100.6 b	1.95±0.20bac	230.46±47.3 b	3923.68±97.6 bc	17.43±3.7 ba	27.44±2.3 ba
Sem 5	6238.66±81.8 d	11813.29±174.3 c	7788.25±116.8 c	4025.04±73.8 b	1.89±0.14 c	203.38±38.9 b	3697.77±70.6 c	18.49±3.4 a	27.22±1.8 b
P<0.05	0.001**	0.0001**	0.0001**	0.0001**	0.0016**	0.352	0.001**	0.393	0.001**
Interacción (P≤ 0.05)									
SP*T	0.099	0.097	0.034**	0.322	0.002	0.243	0.308	0.392	0.001**

T= promedio de SPJ y SPO durante las 5 semanas del estudio.

a, b. En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística (P ≤ 0.05)

Cuadro 13. Contenido de ácidos grasos saturados en la yema de huevo de gallinas Dominant alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) (mg de ácidos grasos /100 g de muestra)

Factores	Pentadecanoico (C15:0)	Palmítico (C16:0)	Heptadecanoico (C17:0)	Estearico (C18:0)
Sistema de producción (SP)				
SPJ	13.22±3.1 a	5146.74±89.3 a	43.03±1.0 a	1704.52±35.8 b
SPO	11.91±3.6 b	5196.91±95.4 a	41.09±1.1 a	1805.72±31.6 a
p<0.05	0.0065**	0.4233	0.3257	0.0383**
Tiempo (T)				
Sem 1	12.58±3.8 ba	5574.19±75.6 ba	40.60±1.2 bac	1855.52±31.8 a
Sem 2	14.06±2.5 a	5846.62±75.0 a	47.27±0.9 a	1951.49±22.9 a
Sem 3	13.80±3.2 a	5218.93±98.8 bc	45.49±1.0 ba	1742.13±35.9 ba
Sem 4	11.48±3.6 b	4703.76±75.5 dc	39.28±1.1 bc	1597.96±39.9 b
Sem 5	10.88±2.8 b	4515.65±60.0 d	37.63±1.0 c	1628.48±24.5 b
p<0.05	0.001**	0.0001**	0.002**	0.0001**
Interacción (P≤ 0.05)				
SPxT	0.001**	0.5212	0.0024**	0.0194*

T= promedio de SPJ y SPO durante las 5 semanas del estudio
a, b. En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística (P ≤ 0.05).

En los ácidos grasos monoinsaturados, no se observaron diferencias significativas entre ambos sistemas de producción (P<0.05) (Cuadro 14). Sin embargo, respecto al tiempo ocurrió lo mismo que con los AGS, la concentración de todos fue disminuyendo conforme paso el tiempo (p<0.05).

En los poliinsaturados, solo se encontró diferencia significativa en la familia de los n-6, específicamente el contenido del ácido gamma-linolénico (C18:3 n-6 GLA) fue mayor en el huevo de gallinas criadas en sistema orgánico (p<0.05). Al igual que ocurrió con los AGS y los AGM, en los AGPI también se observó una reducción conforme pasó del tiempo (Cuadro 14).

La interacción sistema de producción y tiempo, solo se presentó en los ácidos Oleico, Araquidónico y DHA (p<0.05).

Cuadro 14. Contenido de ácidos grasos insaturados en la yema de huevo de gallinas alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) (mg de ácidos grasos / 100 g de muestra)

Factores	Palmitoleico C16:1	Oleico C18:1 n-9	α -linolenico C18:3 n-3	γ -linolenico C18:3 n-6	Linoleico C18:2 n-6	Araquidónico C20:4 n-6	DHA C22:6 n-3
Sistema de Producción (SP)							
SPJ	455.76±14.3 a	8569.57±151.3 a	92.98±18.4 a	28.80±6.5 b	3876.93±76.0 a	474.75±82.1 a	162.10±41.6 a
SPO	460.42±13.6 a	8451.70±165.9 a	98.81±27.9 a	31.22±7.0 a	3839.77±103.4 a	482.61±95.9 a	170.23±48.5 a
p<0.05	0.562	0.7482	0.3964	0.0213**	0.6691	0.4889	0.1505
Tiempo (T)							
Semana 1	566.03±12.4 a	9048.60±135.3 ba	109.42±28.0 a	29.09±5.3 ba	3914.60±82.6 ba	498.88±67.9 a	186.64±35.4 a
Semana 2	499.03±11.6 ba	9769.63±91.7 a	105.25±24.6 a	33.07±7.4 a	4436.59±76.2 a	544.17±81.4 a	189.82±42.0 a
Semana 3	428.38±10.2 bc	8716.46±186.3 b	99.48±16.7 a	31.05±7.07 ba	4214.71±77.6 a	511.61±87.9 a	185.88±41.4 a
Semana 4	409.83±15.5 c	7663.78±116.2 c	83.79±19.7 b	29.77±6.7 ba	3457.07±94.9 bc	436.83±65.1 b	146.67±32.7 b
Semana 5	387.18±11.3 c	7354.71±112.9 c	81.56±13.6 b	27.08±6.5 b	3268.79±65.6 c	401.90±60.5 b	121.82±29.0 c
p<0.05	0.0001**	0.0001**	0.5436	0.0067**	0.0056**	0.0001**	0.0001**
Interacción (P≤ 0.05)							
SP*T	0.4427	0.0146**	0.3528	0.3006	0.3499	0.0193**	0.0294**

T= promedio de SPJ y SPO durante las 5 semanas del estudio

a, b. En cada columna, literales distintas indican diferencia estadística (P ≤ 0.05).

Cuadro 15. Composición¹ y coeficiente de variación de los ácidos grasos en el huevo de gallinas Dominant alojadas en jaula (SPJ) y en un sistema orgánico (SPO) (expresados en %).

Ácido graso	SPJ			SPO		
	Promedio mg/100g	Composición %	CV %	Promedio mg/100g	Composición %	CV %
Palmítico (C16:0)	5045.6	24.77	0.96	5172.8	25.05	0.57
Esteárico (C18:0)	1674.77	8.22	1.03	1788.7	8.66	0.78
Palmitoleico (C16:1)	440.63	2.16	1.18	464.24	2.25	1.21
Linoleico (C18:2)	3888	19.08	0.89	3980.2	19.27	2.02
α-linolénico (C18:3)	135.26	0.66	11.68	100.22	0.49	11.28
Oleico (C18:1)	8550.1	41.97	0.82	8488.2	41.10	0.69
Araquidónico (C20:4)	473.21	2.32	7.27	483.81	2.34	6.44
DHA (C22:6)	164.64	0.81	9.17	173.52	0.84	7.62
Total AGS	6833.6	17.39	0.92	7070.7	17.81	0.59
Total AGI	13864.7	35.29	0.07	13908.0	35.03	0.08
Total n-6	4428.1	11.27	0.86	4537.1	11.43	1.8
Total n-3	299.9	0.76	5.3	273.75	0.69	8.18

¹ Composición en relación al total de ácidos grasos n=15

VIII. DISCUSIÓN

8.1 Variables productivas

El hecho de que el porcentaje de postura en el sistema de producción orgánica, resultará ser mayor (71.11%) que en las gallinas alojadas en jaula (57.56%), pudo deberse, entre otras razones, a lo siguiente.

Las gallinas Dominant son de origen checo, resultado de la cruce de gallos Rhode Island con gallinas Sussex y aun cuando en el manual de manejo, se comenta que esta línea está diseñada para ser utilizada en diferentes sistemas de producción (rural, orgánico, extensivo e industrial), en el presente estudio se observó que la adaptación de estas aves a cualquiera de los sistemas de producción (SPJ y SPO) fue difícil, más aun para las que estuvieron alojadas en jaula. El ser introducidas a una nueva granja, sumado al hecho de mantenerlas en jaula, pudo provocarles estrés y en consecuencia bajar la producción de huevo.

De cualquier manera, en ambos grupos (SPJ y SPO) la producción de huevo resultó ser más baja de lo esperado, ya que el Manual de la estirpe, señala que el porcentaje de postura esperado entre las semanas 31 a 37, es de 90%. Esto pudo deberse a que el estudio se realizó a las pocas semanas de que las gallinas habían sido trasladadas a una nueva granja y el proceso de adaptación pudo generar estrés y disminuir la postura.

Aun cuando el porcentaje de producción de las gallinas en el SPO fue más alto (71%) que en el SPJ (57.56%), fue más bajo al observado en gallinas comerciales de la misma edad, lo que concuerda por lo señalado por Hammeishoj (2011), quien menciona que una desventaja en la producción de huevo orgánico es la menor producción de huevos (en Dinamarca se ha llegado a alcanzar hasta 82%).

El consumo de alimento observado en los dos tratamientos fue ligeramente menor a lo señalado en el Manual de la estirpe, donde se habla de un consumo promedio de aproximadamente 122 g/ día. Las razones pudieran ser las mismas que se mencionaron para la producción de huevo, además de que la disminución

en el consumo de alimento por parte de las gallinas en SPJ, pudo deberse al hecho de que se mantuvieron en jaulas y/o a la poca actividad física. Mientras que, como lo menciona Ferrante et al. (2009) en un sistema de producción orgánica, las aves se mueven más y gastan más energía, por lo tanto consumen más alimento.

El peso promedio del huevo de las gallinas en SPJ fue menor (58 g) a lo señalado en el Manual para esta estirpe (62.5 g), mientras que el huevo de gallinas en SPO fue superior a lo esperado (67 g). De cualquier manera, el peso del huevo resultó ser superior a lo observado por Sokolowicz et al. (2019) en gallinas nativas como la Araucana (52-56 g) y la Pativerde de Polonia (52 – 57 g), y similar al informado para la Hy-Line Brown (60 – 62 g). Quitral et al. (2009) observaron en los huevos de campo, orgánicos y comerciales un peso de 50, 55 y 59 g respectivamente. Hidalgo et al. (2008), señalan para huevos de gallinas en jaula, libre pastoreo, granero y orgánico un peso promedio de 63 g, 67 g, 62 g y 65 g respectivamente. Es importante mencionar que en el peso del huevo influyen diversas variables como el genotipo, la dieta, la edad, entre otros factores (Quintana, 2011; Sokolowicz et al. 2019).

Aunque los avicultores suelen medir los resultados de sus ponedoras por el porcentaje de postura o por el número de huevos producidos por ave alojada, algunos autores consideran que el mejor indicador de la productividad de las aves es la masa de huevo, ya que en ella sí se toma en consideración el peso del huevo. En el presente estudio los valores de masa de huevo obtenidos en ambos grupos están por debajo de lo encontrado por otros autores, que utilizaron diferentes estirpes de gallina. Cevallos et al. (2009) informan una masa de huevo de 51-55 g para gallinas Isa Babcock con 32 a 39 semanas de edad. Cortes et al. (2016) encontraron una masa promedio de 57g en gallinas Isa Brown en semilibertad, en un periodo de 30 a 45 semanas de edad.

La conversión alimenticia en ambos grupos estuvo muy por arriba de lo esperado. El Manual para esta estirpe señala una conversión de 2.35. Seguramente los problemas mencionados arriba influyeron en la baja producción de huevo y en consecuencia el índice de conversión se elevó notablemente.

El porcentaje de huevo sucio fue mayor en el huevo orgánico (20%) que en el procedente de gallinas en jaula (4%), esto concuerda con Ferrante et al. (2009) quienes al comparar dos sistemas de producción, orgánica y convencional, observaron que los huevos recolectados del sistema de producción orgánica estaban más sucios en comparación que los de la zona de corral, debido a que las aves están libres y no tienen una zona determinada para poner el huevo, lo que provoca que lo depositen en lugares donde se ensucian fácilmente. Es importante tomar en cuenta que la NOM-159-SSA1-2016 menciona que el huevo con cascarón que será comercializado como tal, no debe ser lavado. Por lo que según la misma Norma, cualquier huevo sucio, con cascarón manchado de sangre o excremento, no debe emplearse, suministrarse, ni expendirse para consumo humano. Quintana (2011) considera que menos del 5% de huevo sucio de la producción total de huevo es lo aceptado.

Con respecto al tiempo, la reducción en los valores de las variables productivas de las gallinas en el SPJ y SPO, fue un comportamiento contrario a lo esperado. Posiblemente problemas de adaptación de las gallinas a la nueva granja, a la altitud de la zona y a otros factores ambientales, influyeron notablemente. Ya que como menciona Quintana (2011), para el desempeño de sus funciones, el organismo de las aves es tan sensible al ambiente, como el del ser humano.

8.2 Calidad física del huevo

El hecho de que solo el color de la yema fuera diferente entre el huevo del SPJ y el de SPO, puede ser resultado de que en el sistema orgánico no se debe agregar pigmentos que hayan sido obtenidos por extracción química, a la dieta, como lo especifica la Norma, en este estudio además las gallinas no tenían acceso a pastos. Por otro lado, la dieta de las gallinas en el SPJ si contenía pigmentos, por ello las yemas tenían una mayor coloración. Hidalgo et al. (2008) encontró en yemas de gallinas criadas en diferentes sistemas de producción (jaula, libre pastoreo, granero y orgánico) valores de 10.5, 10, 9.7 y 9.4 respectivamente (abanico DSM). Sokolowicz et al. (2019) observaron valores de 9.4-10.8 (abanico DSM) en la yema

de gallinas polacas Pativerdes, 8.2-10.5 en la de gallinas Araucanas y 7.3-10.2 en gallinas Hy-Line Brown, todas ellas criadas en un sistema orgánico y con acceso a pastos. Lo que indica que la coloración de la yema está dada por la alimentación y el genotipo.

Minelli et al. (2007) señalan que la menor coloración de la yema observada en el huevo orgánico se debe al hecho de que a este alimento no se añadieron pigmentos y no siempre tienen acceso a pastos.

Por otra parte, el hecho de que en las demás variables no se hayan detectado diferencias en el huevo de gallinas en jaula y del sistema orgánico, difiere de los encontrado por otros autores. Minelli et al. (2007) reportan que el peso del cascarón y del huevo orgánico eran menores en comparación con los de gallinas en jaula. Samman et al. (2009) al comparar porcentaje del peso del cascarón de huevos convencionales, orgánicos y enriquecidos con omega-3, encontraron que era más alto en huevos enriquecidos con omega-3 y más bajo en huevos orgánicos (convencionales 11.4%, orgánicos 11.0% y enriquecidos con omega-3 12.3%, $P < 0.05$).

Asimismo, Quitral et al. (2009) encontraron que el peso del huevo orgánico resultó menor que el del huevo convencional (55g, 59g respectivamente) y señalan que en huevos de campo existe mayor variabilidad de peso y tamaño. Samman et al (2009), observaron que el peso de huevos convencionales era mayor en comparación con los orgánicos y los enriquecidos con omega-3 (convencionales 61.70 g, orgánicos 59.62g enriquecidos con omega-3 54.92g) y también menciona que en los huevos convencionales hay una menor variabilidad. En el caso del presente estudio se observó una mayor variabilidad en lo referente a la calidad del huevo en los huevos de gallinas criadas en jaula.

Ferrante et al. (2009) encontraron que los huevos recolectados de un sistema orgánico, presentaron mayor grosor que los de gallinas alojadas en sistemas convencionales (0.44 mm vs 0.42 mm respectivamente $P < 0.001$), señalando el hecho de que mantener libres a las gallinas tiene un efecto positivo sobre el grosor del cascarón.

Sokołowicz et al. (2019) evaluaron la calidad de huevos orgánicos, producidos por gallinas Pativerdes, Araucanas y Hy-Line Brown encontrando a las 42 semanas de edad, diferencias en el peso del huevo (55.9g, 55,9g y 60.5g respectivamente), peso del cascarón (6.1g, 6.1g, 7.5g respectivamente), altura de albumina (7.8mm, 5.9mm, 8.0mm respectivamente), Unidades Haugh (89, 76 y 89 respectivamente); en el grosor y dureza del cascarón e índice de forma no detectaron diferencias.

8.3 Evaluación sensorial

El hecho de que la aceptación por el sabor del huevo frito y el color de la yema, fuese igual entre los dos grupos (SPJ y SPO), difiere de lo encontrado por Quiral et al. (2009) quienes hallaron una mayor preferencia por el color de la yema de los huevos orgánicos y del campo. En los huevos orgánicos la yema tenía un color amarillo (8.1 del abanico colorimétrico DSM), en los comerciales un tono amarillo pálido (5.8) y en los huevos de campo un amarillo intenso (7.5). El color de la yema está determinado principalmente por la cantidad de xantofilas que tenga la dieta (Quintana, 2011). En este mismo estudio, los autores encontraron en el sabor, diferencias significativas entre las 3 muestras de huevo (orgánico, comercial y de campo). Siendo mejor calificados los huevos de campo, seguidos por los orgánicos y en el último lugar los comerciales.

Sin embargo, los resultados concuerdan con lo informado por Mizumoto et al. (2008) quienes evaluaron las características sensoriales de huevos convencionales blancos y marrones y las de huevos orgánicos, pero no encontraron diferencias significativas en el sabor del huevo y color de la yema..

Hammeishoj (2011) menciona un estudio realizado en el Reino Unido, en el que se aplicó una encuesta a consumidores con el objetivo de conocer la aceptación de los diferentes tipos de huevo y se halló que 5% de los encuestados, no detectaron diferencia en el sabor entre los diferentes tipos de huevo, mas del 50% refirieron diferencia en el sabor y el 35% de los encuestados cree que el sabor de los huevos es la principal característica que distingue a los huevos de gallinas libres.

8.4 Contenido de lípidos totales y ácidos grasos en la yema de huevo

El hecho de que no se hayan detectado diferencias en el contenido de lípidos totales en la yema de huevos de gallinas en SPJ y SPO, a pesar de que la alimentación fue diferente, concuerda con lo informado por Hidalgo et al. (2008) quienes no encontraron diferencias en el contenido de lípidos totales en el huevo de gallinas en jaula, libre pastoreo, granero y orgánicos (9.5%, 9.4%, 9.5% y 10.1% respectivamente) y con lo señalado por Sujiwo et al. (2017) quienes tampoco encontraron diferencia en el contenido de grasa total en la yema de huevos de gallinas azules (Araucana x Ogol x White Leghorn) criadas en libre pastoreo y la yema de huevos comerciales (28.9% vs 29.3%).

Sin embargo, los resultados difieren de lo informado por Quitral et al. (2009) quienes hallaron que el contenido de lípidos totales en yemas de huevos de campo era más alto que en huevos orgánicos y comerciales (37%, 35% y 36% respectivamente). Cherian et al. (2002) también hallaron diferencias al comparar el contenido de grasa total en huevos de gallinas alimentadas con una dieta libre de grasa animal (SP1), huevos marrones orgánicos de granja certificados (SP2), huevo marrones no medicados sin jaulas (SP3), huevos marrones de dieta vegetariana sin jaula (SP4) y huevos naturalmente anidados sin jaula (SP5), utilizando huevos blancos como control y encontraron que el contenido de lípidos era menor en SP4. Samman et al. (2009) encontraron que el porcentaje de grasa total fue menor en los huevos de gallinas en jaula, en comparación con el huevo de gallinas en granero y campo (4.11%, 4.46%, 4.47%, respectivamente) (Cuadro 16).

Respecto a los ácidos grasos, se observó en el presente estudio que la concentración total de ácidos grasos saturados (AGS), insaturados (AGI), monoinsaturados (AGM), polinsaturados (AGPI), omega 6 (n-6), omega 3 (n-3), así como la relación n-6:n-3 en la yema, fue igual en SPJ y SPO. Solo en la relación I:S se observó un índice mas alto en SPJ (1.99) que en SPO (1.92). Estos resultados

concuerdan con lo informado por Samman et al. (2009) quienes no encontraron diferencia en el contenido de AGM y AGPI en huevos orgánicos y convencionales.

Sokołowicz et al. (2019) analizaron el contenido de ácidos grasos en yema de huevo de gallinas de diferentes genotipos (pativerdes polacas, Araucanas y Hy-Line Brown) criadas en un sistema orgánico y encontraron que la concentración total de AGS, AGI, y n-6 en yema, eran estadísticamente iguales entre los tres genotipos (40%, 60% y 12% respectivamente). Solo en el total de AGM encontraron que la yema de huevo de las gallinas Araucanas tenía una menor concentración que las Hy Line Brown (44.9 vs 47.7%) y que estas últimas a su vez tenían una menor concentración de AGPI (12.5% vs 14.2% y 14.8%, respectivamente) y n-3 que las Pativerdes y Araucanas (1.10 vs 1.93 y 1.79 respectivamente). La relación insaturados: saturados (1:5), fue igual en los tres genotipos.

Los resultados también concuerdan en algunos aspectos con lo informado por Cherian et al. (2002) quienes encontraron que el contenido total de AGM fue igual en huevos de gallinas alimentadas con una dieta libre de grasa animal (SP1), huevos marrones orgánicos de granja certificados (SP2), huevo marrones no medicados sin jaulas (SP3), huevos marrones de dieta vegetariana sin jaula (SP4), huevos naturalmente anidados sin jaula (SP5) y huevos blancos comerciales; sin embargo, el total de AGS fue menor en SP1 y el de AGn-3 de SP2, SP3 y SP4 fue similar al huevo comercial (Cuadro16).

Hidalgo et al. (2008) no encontraron diferencia en el contenido total de AGM, AGPI, n-6, n-3, relación n-6: n-3 en huevos de gallinas en jaula, libre pastoreo, granero y orgánico. En cuanto al contenido total de AGS las diferencias fueron poco significativas ($P < 0.05$). Sujiwo et al. (2017) tampoco encontraron diferencias en la concentración total de AGS, AGI, AGM, AGPI y relación n-6:n-3 en huevos de gallinas azules (Araucanas x Ogol x White Leghorn) criadas en libre pastoreo y comerciales (Hy-Line Brown).

Cuadro 16.Resultados Cherian et al., (2002)

Composición (%)	Control	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Lípidos totales	25.1	27.7	24.6	26.2	22.9	25.9
ácido esteárico	8.9	8.7	9.0	9.6	9.2	8.7
ácido palmitoleico	3.2	3.2	3.8	3.4	3.7	3.3
ácido oleico	42.6	45.2	43.5	43.9	43.7	43.7
Total de ácidos monoinsaturados	45.8	48.4	47.3	47.2	47.4	47.6
Total de ácidos saturados	35.2	33.3	34.6	35.5	34.9	34.3
n-3	0.7	1.5	0.6	1.2	0.7	0.5

SP1: huevos de gallinas alimentadas con una dieta libre de grasa animal, SP2: huevos marrones orgánicos de granja certificados, SP3: huevo marrones no medicados sin jaulas, SP4: huevos marrones de dieta vegetariana sin jaula, SP5: huevos naturalmente anidados sin jaula.

De manera específica, los únicos ácidos grasos que fueron diferentes en el huevo de gallinas en SPJ y SPO, fueron los ácidos grasos pentadecanoico (C15:0), esteárico (C18:0) y el gama-linolenico (C18:3 n-6). El primero y el último se presentaron en mayor concentración en el huevo de gallinas en SPJ, mientras que el esteárico se presentó en mayor concentración en el huevo de gallinas en SPO. Varios autores concuerdan con el hecho de que la composición en ácidos grasos del huevo puede ser afectada por diversos factores, tales como la raza (Simmons y Somes, 1985), la dieta (Millet et al., 2006; Hidalgo et al. 2008; Altuntas y Aydin, 2014) y también el sistema de alojamiento (Matt et al. 2009), como ocurrió en el presente estudio.

El hecho de que el ácido esteárico se presentara en mayor concentración en el huevo orgánico, concuerda con lo señalado por Samman et al. (2009) quienes al analizar un total de 180 huevos adquiridos en el área metropolitana de Sídney (de los cuales 96 eran convencionales, 72 orgánicos y 12 enriquecidos con omega-3) encontraron que los huevos orgánicos contenían mayor cantidad ácidos grasos saturados, sobre todo el palmítico y esteárico, en comparación con los huevos convencionales. (34.6 ± 1.10 , 33.8 ± 1.20 , respectivamente) ($P < 0.05$).

Es interesante observar también que, aun cuando en la dieta de ambos grupos (SPJ y SPO) no están presentes ni el ácido eicosapentaenoico (C20:5 n-3 EPA) ni el ácido docosahexaenoico (C22:6 n-3 DHA) en la yema se detecta la presencia del DHA, lo que indica que las gallinas tienen la capacidad de sintetizar DHA a partir de procesos de elongación y desaturación del ácido alfa-linolenico (C18:3 n-3 ALA), el cual se transforma en EPA y finalmente en DHA (González y Leeson, 2001). Esto también lo confirman observaciones realizadas por otros autores (Hidalgo et al., 2008; Sokolowicz et al. 2019).

En general, no es frecuente encontrar EPA en huevos comerciales, pero si en gallinas criollas como la Araucana y Pativerde (Polonia), aunque en muy bajas concentraciones (Sokolowicz et al. 2019).

En algo que coinciden varios autores (Hidalgo et al.2008; Sujiwo et al. 2017; Sokolowicz et al. 2019) incluido el presente estudio, es que, independientemente del genotipo, de la dieta y del sistema de producción, en el huevo existe una mayor cantidad de AGI (2/3) que de AGS (1/3) y que los ácidos grasos que predominan en la yema son, en el siguiente orden: oleico (C18:1) > palmítico (C16:0) > linoleico (C18:2) > esteárico (C18:0).

Con respecto al tiempo, todos los ácidos grasos (saturados, monoinsaturados, poliinsaturados, omega 3 y omega 6), tendieron a la baja conforme paso el tiempo. Posiblemente como consecuencia del comportamiento también observado en las variables productivas.

Esto difiere con lo señalado por Scheideler et al. (1998) quienes estudiaron los efectos de la estirpe, la edad y la dieta sobre la producción y composición de huevos, así como la incorporación de ácidos grasos en la yema. Estudiaron 3 líneas diferentes Delta, Babcock B300 y Hy Line W-36 de 30 a 50 semanas de edad y les proporcionaron una dieta a base de linaza al 10%+ avena. Encontrando que ni la estirpe, ni la dieta tuvieron efecto significativo sobre el ácido linoleico y ácido linolénico. Sin embargo, la edad mostró un efecto positivo en la deposición de ácidos grasos en la yema, principalmente del ácido linoleico, linolénico, araquidónico y DHA en el huevo. Reportando que la deposición de ciertos ácidos grasos en la yema, fue

mayor a mayor edad del ave. La diferencia con este estudio puede deberse a la adaptación y la edad de las gallinas, además de la alimentación que llevaban.

Respecto a las interacciones, estas solo fueron observadas en los ácidos pentadecanoico (c15:0), heptadecanoico (c17:0) y lípidos totales. Lo que indica que la concentración de estos en el huevo se vió afectada por el tiempo y el sistema de producción.

En cuanto al cuadro de coeficiente de variación, se observa que los ácidos con menor variación son el oleico, palmítico, linoleico, esteárico y palmitoleico, esto coincide con el hecho antes mencionado de que son los más abundantes en el huevo (41.68%, 24.6%, 18.95% 8.16% y 2.15% respectivamente) pero su menor coeficiente de variación indica que son más estables que los otros ácidos grasos, posiblemente porque son precursores de prostaglandinas, tromboxanos y leucotrienos, los cuales son importantes en procesos inflamatorios y adherencias (Castillo et al., 2005).

IX. CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones en que se desarrolló este estudio, se concluye que entre el sistema de producción en jaula y el orgánico en las gallinas Dominant en las 5 semanas del estudio, el cual fue reducido. La calidad interna y externa (excepto el color de la yema) así como el sabor y la concentración total de ácidos grasos saturados e insaturados, omega 6 y omega 3 tuvieron el mismo comportamiento.

X. RECOMENDACIONES

Se sugiere realizar más estudios con diferentes estirpes de gallinas productoras de huevo, dietas y sistemas de producción para determinar cómo se comportan las variables productivas, la calidad interna y externa del huevo, así como el contenido de ácidos grasos en la yema de huevo. Además, es recomendable tomar en cuenta, el tiempo de adaptación de las aves y considerar que en los sistemas de producción orgánica, se deben tener las medidas de bioseguridad necesarias para evitar la contaminación del huevo.

XI. REFERENCIAS

- Altuntas A, Aydin R. Fatty acid composition of egg yolk from chickens fed a diet including Marigold (*Tagetes erecta* L.). *J. Lipids*. 2014: 1-4.
- AOAC. Official methods of analysis, DC, Published by the: Association of Official Analytical chemists. Washington: 16th, 2005.
- AVMA. Literature review on the Welfare Implications of Laying Hen Housing, January 26, 2012. , [En línea] Disponible en: <https://www.avma.org/KB/Resources/LiteratureReviews/Pages/Welfare-Implications-of-Laying-Hen-Housing.aspx>
- Berlanga V. y Rubio M J. Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *REIRE. Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2012; 2 (5): 101-113.
- Castillo C, Vázquez J, González M, Morales E, Castillo R, Carrillo S. The tuna oil as ω -3 fatty acids source for egg of laying hens. *Grasas y Aceites*, 2005; 56(2): 153-159.
- Carrillo S, Carranco M E y Solano L. . Huevos de aves. En: M. Muñoz de Chavez, et al. eds. *Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo*. Mexico, D.F.: McGraw-Hill, 3^a edición ,pp. 287-296; 2014.
- Castro M. Ácidos Grasos Omega 3: Beneficios y Fuentes. *Interciencia*, 2002; 27 (2): 128-136
- CERTIMEX-01-2018-01. Normas para la producción, el procesamiento y la comercialización de productos ecológicos, Certificadora Mexicana de Productos y Procesos Ecológicos. S.C. Décima segunda edición 2018, [En línea] Disponible en: <https://www.certimexsc.com/index.php/Recursos>
- Cevallos A L, Fuente M B, Cortés A, Ávila G E. Nivel óptimo de lisina digestible en dietas para gallinas de postura de primer ciclo. *Téc Pecu Méx* 2009; 47(2):215-222.

- Cherian G, Holsonbake T. B y Goeger M P. Fatty acid composition and egg components of specialty eggs. Poultry Science, 2002; 81(1): 30-33.
- Cortes C A, Cedillo M S, Gómez V G, Balderas G A, Ávila G E. Producción y calidad del huevo en gallinas en semilibertad alimentadas con diferentes niveles de pasta de canola. Rev Mex Cienc Pec, 2016;7 (2):173-184.
- De Ferrer A R. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados en la alimentación del lactante. Archivos argentinos de pediatría, 2000; 98: 231.
- Dolz S y Piensos H C. Utilización de grasas y subproductos lipídicos en monogástricos. XII Curso de Especialización FEDNA. Madrid, 1996: 7-8.
- Dominant CZ. Final hybrid common management guide layers programmes, Czech Republic, 2008. [En línea] Disponible en: <https://dominant-cz.cz/>
- Elson H A. Sistemas de alojamiento para gallinas ponedoras en Europa: desarrollo actual y resultados técnicos.. Selecciones avícolas, 2009:8-12.
- FAO. El huevo en cifras, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/284415/>
[Ultimo acceso: 07 Septiembre 2018]
- Ferrante V, Lolli S, Vezzoli G y Cavalchini LG. Effects of two different rearing systems (organic and barn) on production performance, animal welfare traits and egg quality characteristics in laying hens, Italian Journal of Animal Science, 2009; 8 (2): 165-174.
- González R, Leeson S. Alternatives for enrichment of eggs and chicken meat with omea-3 fatty acids. Can Vet J, 2001; 81(3):295-305.

- Granados D , López G, Hernández M A y Sánchez A. Ecología de la Fauna Silvestre de la Sierra Nevada y la Sierra del Ajusco. Revista Chapingo Serie Horticultura, 2005;10(2): 111-117.
- Grobas S y Mateos G. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. XII Curso de especialización FEDNA, 1996: 25.
- Hammeishoj, M. Organic and free-range egg production. En Improving the Safety and Quality of Eggs and Egg Products: Egg Chemistry, Production and Consumption, 2011: 463-486.
- Hidalgo A, Rossi M, Clerici F, Ratti S. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. Food Chem, 2008; 106:1031-1038.
- Horton R, Moran L, Scrimgeour G, Perry M, Rawn D. Principios de Bioquímica. 4ta edición PEARSON EDUCACIÓN, México, 2008: 976.
- Instituto de Estudios del Huevo. El gran libro del huevo, 1ª edición: octubre .Editorial Everest, S. A, 2009.
- Matt D, Veromann E, Luik A. Effect of housing system on biochemical composition of chicken eggs. Agron Res, 2009; 7:662-667.
- Melo V y Cuamatzi O. Bioquímica de los Procesos Metabólicos. 2ª edición, México, REVERTÉ Ediciones, SA de CV, 2007: 125-130.
- Millet S, De Ceulaer K, Van Paemel M, Raes K, De Smet S, Janssens GPJ. Lipid profile in eggs of Araucana hens compared with Lohman Selected Leghorn and ISA Brown hens given diets with different fat sources. Br Poult Sci, 2006; 47:294-300.
- Minelli G, Sirri F, Folegatti E, Meluzzi A, Franchini A. Egg quality traits of laying hens reared in organic and conventional systems. Italian Journal of Animal Science, 2007; 6(1): 728-730.
- Mizumoto E M, Canniatti SG, y Machado, FMVF. Chemical and sensorial evaluation of eggs obtained by different production systems, Ciencia y Tecnologia de Alimentos, 2008; 28 (1): 60–65.

- NMX-FF-127-SCFI-2016 Productos avícolas - Huevo fresco de gallina – Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-FF-079- 2004), Secretaria de Economía. [Último acceso: 06 Enero 2019]
- NOM-159-SSA1-2016, Productos y servicios. Huevo y sus productos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Método de prueba, Secretaria de Salud. [Último acceso: 22 Mayo 2019]
- Quintana J A. Avitecna, Manejo de las Aves Domésticas más comunes. 4a ed. México: Trillas, 2011.
- Quitral V, Donoso M L y Acevedo N. Comparación fisico-química y sensorial de huevos de campo, orgánicos y comerciales. *Revista de salud publica y nutrición*, 2009;10(2), [En línea] Disponible en: <http://www.medigraphic.com>
- SAGARPA. Avanza México en el ranking mundial de producción de huevo. 2016 [En línea] Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/prensa/avanza-mexico-en-el-ranking-mundial-de-produccion-de-huevo> [Último acceso: 05 Septiembre 2018].
- SAGARPA. Ley de productos organicos. Estados Unidos Mexicanos: Diario Oficial de la Federación (DOF), publicado el Martes 07 de febrero del 2006.
- Samman, S., Kung, F. P., Carter, L. M., Foster, M. J., Ahmad, Z. I., Phuyal, J. L., y Petocz, P. Fatty acid composition of certified organic, conventional and omega-3 eggs. *Food Chemistry*, 2009; 116(4): 911-914.
- Scheideler S E, Jaroni D y Froning G. Strain and age effects on egg composition from hens fed diets rich in n-3 fatty acids. *Poultry science*, 1998; 77(2): 192-196.
- Simmons II, Somes JR. Chemical characteristics of Araucana chicken eggs. *Poultry Sci*, 1985; 64: 1246-1268.

SMN. Información climatológica por Estado, 2010. [En línea] .Disponible en:
<http://smn.cna.gob.mx>

[Último acceso: 06 Agosto 2018].

Sokołowicz Z., Dykiel M., Krawczyk J. y Augustyńska-Prejsnar, A. Effect of layer genotype on physical characteristics and nutritive value of organic eggs. *CyTA-Journal of Food*, 2019; 17(1): 11-19.

Sujiwo J, Kim D, Yoon JY, Kim H, Kim JS, Lee SK, Jang A. Physicochemical and functional characterization of blue-shelled eggs in Korea. *Korean J Food Sci An Res*, 2017; 37(2):181-190.

Torre M, Fonseca P, Quintana J A. El huevo Mitos, realidades y beneficios. México, editorial Trillas pp144, 2012.

UNA. Compendio de indicadores económicos del sector avícola, Unión Nacional de Avicultores, edición 2018.

UNA. Union Nacional de Avicultores, 2014. [En línea] Disponible en:
<http://www.una.org.mx>

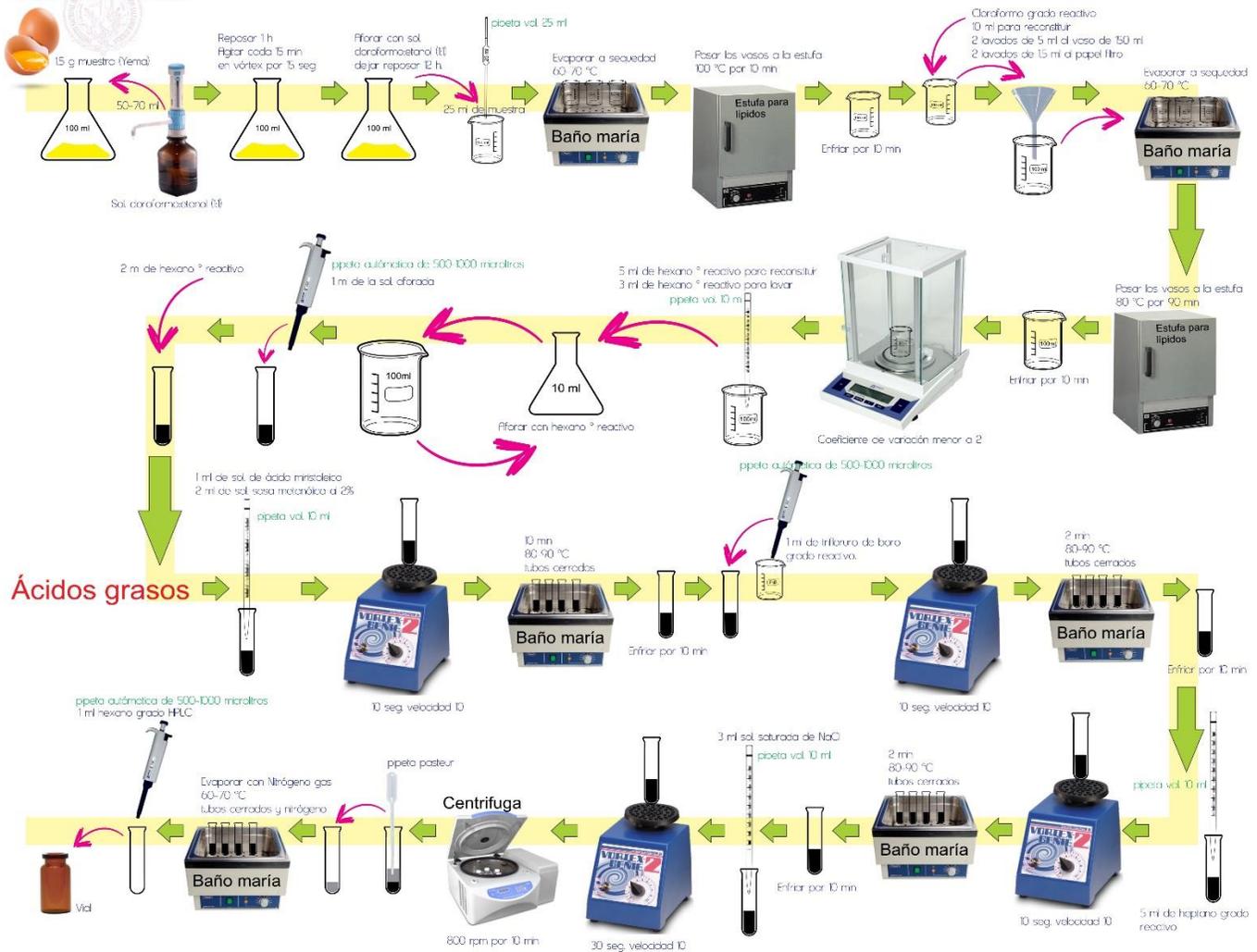
[Último acceso: 23 Agosto 2018].

Valadez R. De nuevo México en el 2018, romperá el récord como el país con mayor consumo per cápita de huevo del mundo, 2018. [En línea] Disponible en: <https://www.avicultura.mx/destacado/De-nuevo-M%C3%A9xico-en-el-2018%2C-romper%C3%A1-el-r%C3%A9cord-como-el-pa%C3%ADs-con-mayor-consumo-per-c%C3%A1pita>.

XII. ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de la técnica de extracción de ácidos grasos.

Lípidos totales



Editado por Herrera G.E. 2018, INCMNSZ

Anexo 2. Cuestionario para evaluar el sabor del huevo frito

Prueba de Nivel de Agrado

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: Huevo frito

Prueba para evaluar únicamente: SABOR

Instrucciones:

Pruebe cada una de las muestras de huevo que a continuación se le presentan, y por favor indique con una “X” su nivel de agrado. Es importante que entre muestra y muestra tome un poco de agua y pan.

	775	050	810	404
Gusta mucho	_____	_____	_____	_____
Gusta poco	_____	_____	_____	_____
Ni gusta ni disgusta	_____	_____	_____	_____
Disgusta poco	_____	_____	_____	_____
Disgusta mucho	_____	_____	_____	_____

Observaciones: _____

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

Anexo 3. Cuestionario para evaluar el color de la yema de huevo.

Prueba de Nivel de Agrado

Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: Yema de huevo

Prueba para evaluar únicamente: COLOR

Instrucciones:

Observe detenidamente cada una de las yemas de huevo que a continuación se le presentan, y por favor indique con una “X” su nivel de agrado.

	045	214	858	021
Gusta mucho	_____	_____	_____	_____
Gusta poco	_____	_____	_____	_____
Ni gusta ni disgusta	_____	_____	_____	_____
Disgusta poco	_____	_____	_____	_____
Disgusta mucho	_____	_____	_____	_____

Observaciones: _____

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!