

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

ESCUELA DE ZOOTECNIA

Efecto de la suplementación con harina de microalgas sobre el desempeño de reproductores pesados.

Natalia Rojas Araya

Tesis presentada para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Ciudad Universidad Rodrigo Facio

2017

TRIBUNAL EVALUADOR

Esta tesis fue aceptada por la comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia.



Ing. Catalina Salas Durán, Ph.D.

Directora de Tesis
Subdirectora de Escuela




Ing. Carlos Orozco Vidaorreta. M.B.A

Miembro del Tribunal



Ing. Michael López Herrera. M.Sc.

Miembro del Tribunal



Ing. Sebastián Dorado Montenegro. M.Sc.

Miembro del Tribunal



Ing. Juan Ignacio Herrera Muñoz. M.B.A

Miembro del tribunal



Bach. Natalia Rojas Araya

Sustentante

DEDICATORIA

A Dios, mi familia y a todas las personas que me han apoyado en este camino, que forma parte de mis logros.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la oportunidad de realizar este proyecto y por la salud hasta este momento.

A mi madre y hermanos por todo el apoyo en los momentos difíciles.

A todos los profesores en especial a Catalina Salas Durán, que han sido parte de mi formación académica, por todo el tiempo destinado, paciencia y las lecciones aprendidas durante todo este tiempo.

A ambas empresas que confiaron en la propuesta de trabajo presentada y por permitir desarrollar este trabajo.

A los diferentes amigos que me apoyaron durante este proceso en especial a Daniela Arroyo por el apoyo y la compañía.

ÍNDICE GENERAL

TRIBUNAL EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE GENERAL	5
ÍNDICE DE CUADROS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVOS	12
Objetivo General:.....	12
Objetivos Específicos:	12
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	13
1.Nutrición de aves reproductoras pesadas.....	13
2. Importancia de las microalgas en la nutrición animal.....	14
3. Perfil nutricional y perfil de ácidos grasos de la harina de microalgas	16
4. Impacto de los ácidos grasos poliinsaturados en parámetros zootécnicos, composición y calidad del huevo fértil, calidad espermática del macho.....	19
5.Resultados reportados en la literatura	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
1.Utilización de microalgas en el alimento balanceado.....	23
2. Monitoreo de aves Reproductoras.....	24
3.Análisis de penetración espermática	27
4.Calidad de pollito.....	28
5.Prueba de pollo de engorde	29
DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
1.Tratamientos:	31
2.Variables a evaluar y unidades experimentales:.....	31
3.Descripción del análisis de varianza.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
1.Monitoreo de hembras reproductoras.....	33
2.Calidad de pollito.....	40
3.Prueba de campo pollo engorde.....	43

4.Penetración espermática.....	46
5.Impacto económico	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
LITERATURA CITADA	52

ÍNDICE DE CUADROS

Figura	Titulo	Página
1	Diferentes sustancias presentes en microalgas.	15
2	Composición general de diferentes tipos de algas.	15
3	Perfil nutricional de la harina de microalgas	17
4	Perfil de los diferentes ácidos grasos y su contenido Porcentual en la harina de microalgas	18
5	Composición en ácidos grasos poliinsaturados de las principales fracciones de la yema en porcentaje relativo al total de ácidos grasos.	20
6	Distribución, densidad de las aves por metro cuadrado y cantidad de aves por equipo utilizado, en los galpones de la prueba de campo monitoreada.	25
7	Distribución del equipo utilizado en la prueba de campo monitoreada.	29
8	Porcentaje de nacimientos y porcentaje de nacimientos de pollitos de primera de huevos de la semana de producción 35 hasta la 49.	39
9	Datos promedio de parámetros obtenidos del análisis de calidad de pollito nacido de las semanas 30, 35, 40 y 49 de producción.	41
10	Peso vivo promedio (g) de pollitos que descienden de aves reproductoras suplementadas con microalgas.	44
11	Conversión alimenticia promedio de los pollitos de las aves en estudio, sometidas a los tratamientos resumidos a lo largo de las 5 semana de la prueba de campo de pollo de engorde	45
12	Parámetros económicos.	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Estructura química de los principales ácidos grasos poliinsaturados.	16
2	Porcentaje de postura de las aves de la galera 1 (Tratamiento) y galera 2 (Control) versus ideal de postura.	33
3	Consumo de alimento y porcentaje de producción de las galeras control y tratamiento	34
4	Porcentaje de aprovechamiento de huevo de las galeras en producción (tratamiento y control) versus ideal de porcentaje de aprovechamiento Cobb- Vantress.	35
5	Huevos acumulados por ave alojada para las aves en estudio versus ideal de porcentaje de aprovechamiento Cobb- Vantress.	36
6	Número de huevos incubables por ave alojada de las aves en producción de la G.1 (T) y G.2 (C) versus datos estándar de Cobb- Vantress.	37
7	Porcentaje de incubabilidad de las aves en producción de la G.1 (T) y G.2 (C) versus el estándar Cobb-Vantress de incubabilidad.	38
8	Comparación de pollitos acumulados por ave alojada de la G.1 (T) y G.2(C) vs el estándar acumulado.	40
9	Resultados del análisis de penetración espermática de las semanas 29, 33, 38,42 y 46 del ciclo de producción, para los huevos fértiles evaluados de la G.1 (T) y G.2(C).	47

RESUMEN

El objetivo del proyecto es evaluar la utilización de la harina de microalgas, durante el periodo de producción de aves reproductoras pesadas (hembras y machos) para optimizar parámetros productivos y reproductivos de esta forma contribuir con el propósito de obtener pollos de engorde de alta calidad. Se visitó una granja de reproductoras pesadas, una incubadora, y una granja de pollo de engorde, así mismo, se realizaron pruebas de penetración espermática y calidad de pollito. También se monitoreó el rendimiento zootécnico de un lote de aves a las que se les suplementó con harina de microalgas desde la semana 25 de producción hasta la semana 49 de producción, para un total de 24 semanas evaluadas. Se trasladó un grupo de aves reproductoras pesadas, (hembras y machos), en la semana 24 de vida y se dividieron en dos galeras, donde la G.1 fue el grupo suplementado y la G.2 fue el grupo control. Se realizó un seguimiento de diferentes parámetros productivos y reproductivos. Se monitoreó el porcentaje de postura para establecer el comportamiento del ciclo, el pico de postura que presentó la G.1 (T) fue 86,91% y para la G.2 (C) fue 86,94%. El promedio del porcentaje de producción esperado desde la semana 24 hasta la semana 49, para la G.1 (T) fue de 66,96% y para la galera G.2 (C) fue de 66,65%. El porcentaje promedio de aprovechamiento de la G1 (T) fue 93,99% y el de la G2 (C) fue 94,09%. La cantidad de huevos por ave alojada desde la semana 25 hasta la semana 49 para la galera G.1 (T) fue 121,64, mientras que para la G.2 (C) fue de 124,16. La cantidad de huevos incubables por ave alojada a la semana 49 en la G.1 (T) fue 118,2, versus 120,5 que se obtuvieron en la G.2 (C). Al finalizar la prueba se obtienen 106,97 pollitos acumulados por ave alojada para la G.1 (T) y 105,15 para la G.2 (C). Se realizaron 4 análisis de calidad de pollito durante las 24 semanas de ensayo, con el propósito de monitorear diferencias de parámetros entre pollitos que descienden de aves tratamiento y aves control; los pollitos provenientes de aves de la G1. (T) y los pollitos provenientes de aves de la G2. (C), las medidas que se evaluaron fueron peso del pollito, largo del pollito, peso del saco vitelino, proporción del saco vitelino; hay diferencias significativas en las medidas de largo y proporción del saco vitelino en pollitos nacidos de la semana 40 de producción. Se realizó una prueba de campo con pollo de engorde para evaluar el peso corporal y conversión alimenticia de la progenie desde el día 1 hasta el día 35 de vida. Se realizaron cinco análisis de penetración espermática durante las 24 semanas de ensayo, con el propósito de monitorear la fertilidad de las aves. En los cinco análisis realizados, los machos de la G1. (T) tiene una mayor fertilidad durante estas semanas, que los machos de la G2. (C).

INTRODUCCIÓN

La actividad avícola representa el 0,73% del producto interno bruto (PIB) de Costa Rica, es una fuente de empleo directo para 12.500 personas y de oficio indirecto para unas 100.000 personas (Chaves 2011). A nivel nacional el consumo per cápita anual de carne de pollo es de 27kg y el consumo per cápita anual de huevos es de 206 huevos (Fratti 2016). La producción anual de carne de pollo es de 140.000.000 kilogramos de carne de pollo, mientras que la producción anual de huevo es de 1000.000.000 de huevos, para cubrir la demanda de ambos productos a nivel nacional (Fratti 2016).

En la industria avícola se da la integración vertical de los procesos productivos donde tanto las reproductoras livianas como las pesadas, parten del proceso de incubación del huevo fértil (Chaves 2011). A nivel nacional existen 6 granjas de reproductoras pesadas; para obtener el huevo fértil; deben de importar de los Estados Unidos, los reproductores paternos de un día de edad.

La mejora genética en avicultura se ha desarrollado en dos líneas, por un lado se han producido aves de líneas livianas con el fin de maximizar la producción de huevo comercial, y por otro lado, se han desarrollado líneas pesadas con el objetivo de que la descendencia sea eficaz en la conversión alimenticia (Rodríguez 2014). Por lo tanto, la industria del pollo de engorde presenta mejorías anuales en los rendimientos productivos, lo que genera un ave de rápido crecimiento y gran eficiencia en la utilización de los nutrientes (Salas 2013).

Los reproductores pesados, (hembras y machos), tienen un efecto mayor del que se pensaba en el desarrollo post natal de los pollos, por lo tanto, para potencializar el factor genético de las progenitoras se considera la utilización de aditivos en los alimentos balanceados como una herramienta para complementar la nutrición (Rodríguez 2014).

La avicultura se encuentra en constante evolución, y adopta los avances en tecnología, manejo, salud, genética y nutrición (Vaca 2003), con el fin de mejorar e incrementar la fertilidad de los huevos, la incubabilidad, y la cantidad de pollitos producidos por gallina alojada.

En la actualidad se evalúa la utilización de diferentes aditivos nutricionales en búsqueda de maximizar los rendimientos de los animales, además de proporcionar bienestar y valor agregado. Entre las herramientas que se pueden utilizar se encuentran géneros de microalgas, con aporte de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (Delles et al. 2015), destacando altos niveles el ácido docosaheaxoico (DHA), por lo que se utiliza en las dietas de los animales (Ao et al. 2015) por su valor nutracéutico, ya que genera un efecto en parámetros reproductivos de diferentes especies animales, incluyendo las aves (Risso et al .2014). Según Ross y Dominy (1990), el porcentaje de fertilidad del huevo puede pasar de un 87% a un 96% por el uso de este tipo de productos, por lo que tienen un efecto directo en el rendimiento productivo de las aves.

El presente proyecto pretende conocer el efecto de suplementar harina de microalgas dentro de los ingredientes de la dieta de aves reproductoras pesadas, por su perfil de ácidos grasos de cadena larga; para valorar el impacto en diferentes parámetros reproductivos-productivos, y los efectos zootécnicos en la progenie durante la primera semana hasta la cuarta semana de vida.

OBJETIVOS

Objetivo General:

1. Evaluar la utilización de la harina de microalgas durante el periodo de producción de aves reproductoras pesadas, (hembras y machos), para optimizar parámetros productivos y reproductivos.

Objetivos Específicos:

1. Monitorear el efecto de la adición de harina de microalgas en el desempeño de las gallinas reproductoras pesadas, por medio de parámetros de rendimiento: consumo de alimento, infertilidad, huevos incubables, y cantidad de pollitos nacidos.

2. Medir la calidad de pollito desde el día 1 hasta el día 35 de vida, a través de una prueba de campo, por medio de parámetros zootécnicos, como indicador de la transferencia de nutrientes de los progenitores, suplementados con harina de microalgas, a su progenie.

3. Valorar el nivel de penetración espermática en huevos fértiles de machos reproductores pesados, suplementados con la harina de microalgas versus el grupo control.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Nutrición de aves reproductoras pesadas

Los principales objetivos en las producciones avícolas de reproductoras pesadas son producir el mayor número de huevos con calidad suficiente para maximizar los nacimientos, garantizar a los pollitos la capacidad de tolerar los desafíos iniciales de campo, alcanzando las metas de desempeño (Silva 2013). Según Lozano (2011), estos propósitos están determinados por varios factores, dentro de los más importantes se encuentran:

- Salud y bienestar de las aves.
- Nutrición.
- Genética.
- Manejo de los animales.
- Manejo de los huevos fértiles.
- Proceso de incubación (nacedoras, vacunación, sexado y transporte).

La nutrición es el segundo factor que influye en el rendimiento productivo, ya que se debe adaptar para lograr las metas productivas y evitar potenciales efectos negativos sobre la respuesta del animal, por impacto del sobrepeso. Por lo que surge el reto de obtener ganancias de peso sin afectar parámetros como fertilidad, postura, integridad esquelética, y en la formación del esqueleto, hueso medular (en el caso de las hembras) y aparato reproductivo; estructuras imprescindibles en la vida adulta de las aves (Lozano 2011).

Las etapas de producción dependen de manera directa de la nutrición; el ave debe de distribuir los nutrientes disponibles en el desarrollo del sistema reproductivo, crecimiento y mantenimiento, por lo tanto la nutrición es clave desde el momento de la estimulación lumínica y hasta el ciclo de postura principalmente durante el pico de producción, porque hay un aumento de los requerimientos (Rodríguez 2014)

Según Grobas y Mateos (1996), la composición del huevo varía de acuerdo ha: la edad de la gallina, línea genética y el tipo de manejo, no obstante, el principal factor es la nutrición. Los nutrientes del huevo que son influenciados por cambios en la dieta son los

microminerales, vitaminas y ácidos grasos, mientras que los que muestran escasas modificaciones son la proteína, grasa total y macrominerales. Por lo tanto, la nutrición se convierte en un punto clave en la deposición y modificación de nutrientes en el huevo fértil.

Los avances en nutrición animal para obtener mejoras en la actividad avícola; marcan tendencias de alimentación hacia la utilización de ingredientes naturales como alternativa a productos químicos, antibióticos y colorantes (Mariey et al. 2012). El sector avícola está en constante crecimiento, por lo tanto recurre a toda una gama de productos (aditivos), que buscan mejorar los rendimientos zootécnicos con el fin de optimizar y potenciar las diferentes producciones; a causa de estas tendencias se despierta el interés en la producción de microalgas por su perfil nutricional, para la inclusión en las dietas de aves reproductoras pesadas.

2. Importancia de las microalgas en la nutrición animal

Algunas microalgas son capaces de acumular biomasa por procesos fotosintéticos al utilizar luz solar, agua y dióxido de carbono; su ciclo de desarrollo varía, no obstante sus células se duplican en pocas horas durante su periodo de crecimiento exponencial (Skukla y Wattal 2013). Sin embargo, hay otras microalgas heterótrofas donde sus compuestos orgánicos proporcionan la energía y fuentes de carbono, (azúcares y almidones), por lo tanto, tienen la capacidad de desarrollarse en ausencia de luz (Alltech, 2016b).

Existen 50 000 especies de microalgas, sin embargo, solo cerca de 30 000 especies han sido estudiadas (Mata et al. 2010). Del total de la biomasa producida de microalgas, se utiliza un 30% como aditivo en la formulación de alimento balanceado (Richmond 2004), porque contienen sustancias de alto valor biológico (Cuadro 1), como proteína, aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales, pigmentos, ácidos grasos poliinsaturados y antioxidantes (Skukla y Wattal 2013).

Cuadro 1. Nutrientes presentes en las especies de microalgas analizadas.

Sustancia	Constituyente
Vitaminas	A, B1, B6, B12, C, E, biotina, riboflavina, ácido fólico, ácido nicotínico, pantotenato.
Pigmentos	Beta-caratenos, astaxantina, luteína, zeaxantina, cantaxantina, clorofila, fucosantina
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs)	DHA (C22:6), EPA (C20: 5), ARA (C20:4), GAL (C18:3)
Antioxidantes	Catalasas, polifenoles, superóxido dismutasa, tocoferoles

Adaptado de Skukla y Wattal (2013).

El cultivo de microalgas como ingrediente en la alimentación animal se dirige hacia la producción de especies como *Clorella spp*, *Espirulina spp*, *Escenedesmus spp*, *Schizochytrium sp*, entre otras, (Cuadro 2). Estas influyen de forma positiva en la fisiología animal (Skukla y Wattal 2013), ya que han demostrado que mejoran la respuesta inmune, la fertilidad y la reproducción (Hernández y Labeé 2014).

Cuadro 2. Composición general de diferentes tipos de algas.

Cepa de algas	Proteína	Hidratos de carbono	Lípidos
<i>Chlorella vulgaris</i>	47,82	51-58	13-32
* <i>Schizochytrium sp</i>	-	-	60
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Espirulina platensis</i>	63	15	11
<i>Escenedesmus oblicuo</i>	50-56	10-17	12-14

Aptado de Skukla y Wattal (2013) y Weatherly (2015), los valores son expresados en porcentaje de materia seca.

*: Microalga utilizada en la harina de microalgas

El proceso de obtención para el cultivo de algas heterótrofas, consiste en fermentadores; la producción inicia con la inoculación de una matriz en el laboratorio, posteriormente se transfieren a un fermentador semilla, donde se cultiva una siembra densa de células y luego se transfieren a tanques de fermentación, (son totalmente automatizados, se pueden monitorear y operar desde una sala de mando central); cuando están listas para cosechar se transfieren a centrifugas para remover soluciones del

cultivo, y por último a las secadoras por aspersión para pulverizar las algas (Alltech 2016).

A nivel industrial las microalgas autótrofas se producen en fotobiorreactores; que permiten producir grandes cantidades de biomasa. Las características que presentan estos sistemas es que son cerrados, algunos son iluminados de forma artificial por medio de lámparas fluorescentes, donde se controlan factores como la temperatura para no afectar el crecimiento de las microalgas (Lafarga 2012).

3. Perfil nutricional y perfil de ácidos grasos de la harina de microalgas

Las microalgas se consideran como potenciales fuentes de ácidos grasos poliinsaturados, (PUFAs), incluyendo principalmente ácido araquidónico, ácido docosahexaenoico, ácido eicosapentaenoico y ácido alfa linoleico (Lum et al. 2013). Según Coronado et al. (2006), La estructura molecular de los PUFAs se caracteriza por el número de carbonos y el sitio donde se encuentra el doble enlace (Figura 1);

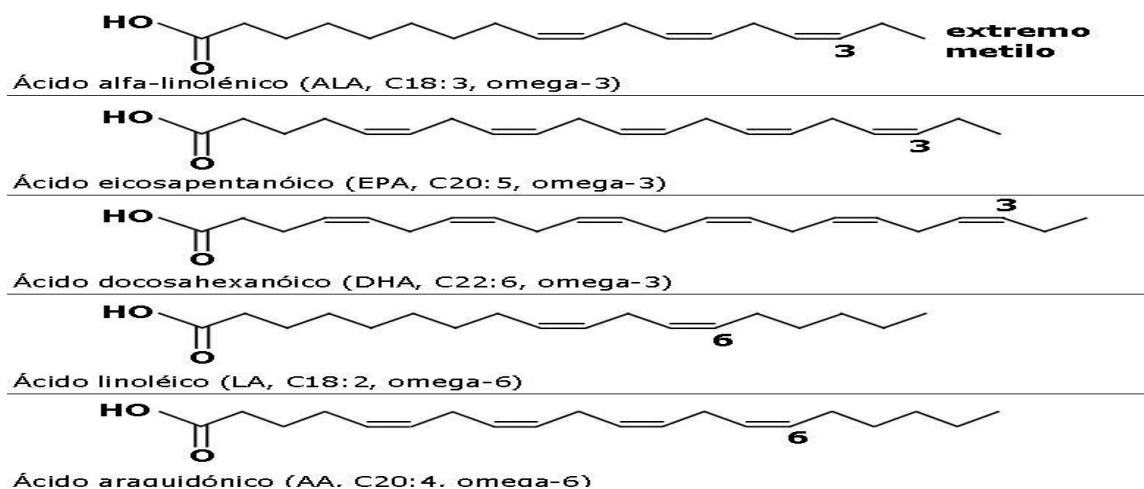


Figura 1 Estructura química de los principales ácidos grasos poliinsaturados. Adaptado de Elvira (2015).

En el Cuadro 3 se detalla el perfil nutricional y en el Cuadro 4 se detalla el perfil de ácidos grasos y contenido porcentual de la harina de microalgas (*Schizochytrium sp*) que se utilizará en este experimento y que se comercializa a nivel nacional.

Cuadro 3. Perfil nutricional de la harina de microalgas.

Componente	%*
Humedad	2,40
Ácidos grasos insaturados	67
Fibra cruda	0,90
Hidratos de carbono	17,30
Proteína	9,30
Cenizas totales	3,10
Macrominerales	%*
Sodio	0,10
Fósforo	0,47
Azufre	0,74
Potasio	0,55
Calcio	0,34
Microminerales	ppm*
Hierro	13
Cobre	2
Zinc	36
Selenio	0,13
Perfil de gliceridos	%*
Glicerol	<1
Monoglicéridos	3,81
Diglecéridos	4,69
Triglicéridos	85,80

Adaptado de ALL-G.RIGH Typical Nutrient Analysis (2016). *=Valores nutricionales representan la media de varios lotes

Cuadro 4. Perfil de los diferentes ácidos grasos y su contenido porcentual en la harina de microalgas.

Ácidos grasos	% de grasa
Ácido araquidónico	0,28
Ácido caprílico	< 0,10
Ácido caproico	< 0,10
Ácido docosahexaenoico	27,20
Ácido eicosadienoico	< 0,10
Ácido eicosapentaenoico	0,28
Ácido eicosatrienoico	< 0,10
Ácido eicosenoico	< 0,10
Ácido elaídico	< 0,10
Ácido erúcico	0,53
Ácido esteárico	1,80
Ácido heptanoico	< 0,10
Ácido láurico	< 0,10
Ácido linoleico	< 0,10
Ácido linoleínico	< 0,10
Ácido margárico	0,63
Ácido margaroleico	< 0,10
Ácido misrístoleico	1,6
Ácido mirístico	3,86
Ácido nonadecanoico	< 0,10
Ácido oleico	< 0,10
Ácido palmítico	54,69
Ácido palmitoleico	< 0,10
Ácido pentadecanoico	< 0,10
Ácido tridecanoico	< 0,10
Ácido undecanoico	< 0,10
Ácido vaccénico	< 0,10
Alfa-Ácido linoleico	< 0,10
Gamma-ácido linolénico	< 0,10

Adaptado de ALL-G.RIGH Typical Nutrient Analysis (2016). *=Valores nutricionales representan la media de varios lotes

4. Impacto de los ácidos grasos poliinsaturados en parámetros zootécnicos, composición y calidad del huevo fértil, calidad espermática del macho.

Uno de los componentes estructurales de las membranas celulares son los ácidos grasos (Grobas y Mateos 1996), los cuales tienen una función importante en el tracto reproductivo de la gallina, en la formación del huevo. Participan en el transporte de sustancias a través de las membranas biológicas, para la formación de nuevas sustancias (proteínas, lípidos, hormonas) (Rey 2007).

Desde el punto de vista nutricional, los ácidos grasos insaturados de origen vegetal mejoran el peso del huevo (ISA Poultry 2010); lo cual está directamente relacionado a la incubabilidad, ya que es una característica que tienen que presentar para ser incubables (igual a 60 g), por lo tanto, si no se logra este parámetro se reflejan pérdidas económicas para la producción. Por otra parte, también se relaciona con un efecto en el peso del pollito que se manifestará en una mayor ganancia de peso al final de la etapa de engorde (Quintana 2001).

Al aumentar el porcentaje de grasa en la dieta de gallinas reproductoras pesadas se incrementa la producción de huevos, mejora la conversión alimenticia y la fertilidad, por lo que hay una mayor producción de pollitos por ave, en relación al aporte de ácidos grasos que provee la dieta (Quintana 2001).

Según Grobas y Mateos (1996), la mayor parte de los lípidos se encuentran en la yema del huevo, constituyendo un 63% de la misma, en materia seca; los principales compuestos lipídicos son el colesterol, triglicéridos, fosfolípidos, que contienen ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, (de 20 a 22 carbonos), en diferentes proporciones como se detalla en el Cuadro 5. La deposición de nutrientes en el huevo fértil es clave, porque de esto dependen parámetros como incubabilidad y mortalidad embrionaria, ya que se reporta que entre los días 8 y 14 de incubación del huevo fértil podría ocurrir muerte embrionaria que se atribuye a deficiencias nutricionales. Asimismo, los nutrientes influyen en la calidad de pollito en su fase embrionaria, y en los primeros 3 a 4 días de vida, ya que participan en actividades metabólicas y de maduración de sistemas fisiológicos (inmune y digestivo) (Coto 2010).

Cuadro 5. Composición en ácidos grasos poliinsaturados de las principales fracciones de la yema en porcentaje relativo al total de ácidos grasos.

Ácido Graso	Fracciones de la yema (%)		
	Esteres de colesterol	Triglicéridos	Fosfolípidos
Palmítico	29,1	42,5	28,4
Palmitoleico	1	6,6	1,9
Esteárico	9,5	6,4	14,9
Oleico	40,1	46,2	29,5
Linoleico	18	14,7	13,8
Alfa - linolénico	0,3	1,1	0,3
Araquidónico	0,9	0,3	6,2
Docosahexaenoico	0,5	menos 0,2	4,1

Adaptado de Grobas y Mateos (1996).

Los fosfolípidos son el mayor componente lipídico de las membranas espermáticas, y contienen PUFAs de la serie de n-6, los cuales tienen un rol importante en las modificaciones fisicoquímicas que ocurren durante la fertilización, brindando la fluidez necesaria para que los espermatozoides sean capaces de fertilizar. Los PUFAs también participan en mecanismos reproductivos, porque son precursores para la síntesis de prostaglandinas y esteroides que participan en la regulación reproductiva, mientras el ácido araquidónico tiene un rol intermedio en la producción de testosterona. Las distintas proporciones de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) en las membranas celulares, y en los tejidos del tracto reproductivo de las especies monogástricas, están determinadas por las cantidades consumidas en la dieta. (Risso et al. 2014).

5. Resultados reportados en la literatura

Mariey et al. (2012), compararon en una prueba cuatro niveles de inclusión con *Espirulina platensis* en polvo (0% / 0,10% / 0,15% / 0,20%) en la dieta de dos variedades de gallinas ponedoras livianas para evaluar el rendimiento productivo y reproductivo de huevos fértiles.

Los rendimientos de aves alimentadas con las dietas donde se incluyó la microalga muestran diferencias significativas con el tratamiento control en tasa de producción de

huevos y conversión alimenticia. Asimismo presentan diferencias significativas superiores en comparación con el grupo control en relación a parámetros como porcentaje de fertilidad y capacidad de eclosión de los huevos producidos. Los resultados de este estudio coinciden con otros estudios donde la inclusión de *Espirulina* en la dieta puede mejorar la fertilidad del huevo de 87% a 96% (Ross y Dominy 1990), pero no presenta diferencias significativas en el peso del huevo y peso del pollito al nacimiento.

Por otro lado Halle et al. (2009), donde se compara una dieta control con tres niveles de inclusión de microalga de 2,5g - 5,0g - 7,5g de *Clorella vulgaris* / kg y dos tipos de secado de alimento (spray dryer y bullet-milled), (para un total de seis tratamientos); en dietas para gallinas ponedoras Lohmann Brown, con el fin de evaluar el rendimiento productivo y reproductivo. No hubo diferencias significativas en la intensidad de la puesta, el peso del huevo, la producción en masa de huevo diaria y la conversión alimenticia, pero si hubo diferencias significativas positivas en la incubabilidad y el peso del pollito.

En un estudio de Macalintal et al. (2015) se compara una dieta control y dieta tratamiento, donde se evalúa el efecto de incluir harina de microalgas y un antioxidante en la calidad de semen de gallos de pollo de engorde. Los autores reportan diferencias significativas a favor del tratamiento en: concentración espermática, porcentaje de espermatozoides normales-anormales y en el contenido de ácido docosahexaenoico en el semen. No hubo diferencias significativas en viabilidad, mortalidad, ni en el contenido de otros ácidos grasos analizados, (palmítico, palmitoleico, araquidónico, entre otros), y entre la relación de estos en el semen de los gallos. Risso et al. (2014), reportan que los ácidos grasos esenciales (AGE) mejoran las características reproductivas en los machos, obteniendo resultados positivos en relación a un aumento en la proporción de espermatozoides con motilidad progresiva y acrosomas normales, reducción de cantidad de morfoanomalías espermáticas, aumento de la fertilidad, y cambios en la composición de los lípidos de las membranas espermáticas en aves alimentadas con diferentes proporciones de AGE n-3 y n-6.

Existe poca información que indique el efecto de la nutrición de las reproductoras en el rendimiento de la progenie, sin embargo se relaciona que la edad de la gallina presenta un efecto en el crecimiento del pollo, lo cual se relaciona con el almacenamiento de grasa en la yema (saco vitelino) de los pollitos recién nacidos (Salas 2013).

Yadgary et al. (2010) reportaron que los pollitos de las gallinas reproductoras pesadas jóvenes, (30 semanas de edad), presentan menor grasa en el saco vitelino para su nutrición inmediata después de la eclosión en comparación con las gallinas reproductoras pesadas de mayor edad (50 semanas de edad). De la misma manera Şahan et al. (2014), reportaron que el peso y la absorción del saco vitelino de pollitos son mayores en gallinas reproductoras pesadas de mayor edad el peso y la absorción del saco vitelino de pollitos son superiores en gallinas reproductoras pesadas de mayor edad, (52 semanas de edad), en comparación con gallinas reproductoras pesadas de menor edad, (36 semanas de edad).

Uno de los factores que influye en la composición de saco vitelino es la nutrición por lo tanto se esperaría que, al suplementar con ciertos aditivos, aumente el contenido de ácidos grasos insaturados, los cuales aumentan el peso de la yema por la estimulación en la deposición lipídica y aumento del peso del albumen por estimulación estrogénica del huevo fértil (Pérez 2013).

El experimento pretende conocer el efecto de suplementar harina de microalgas dentro de los ingredientes de la dieta de aves reproductoras pesadas (Incluyendo hembras y machos), por su perfil de ácidos grasos de cadena larga; para evaluar el impacto en diferentes parámetros reproductivos-productivos y los efectos zootécnicos en la progenie durante la primera hasta la cuarta semana de vida.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en conjunto con las empresas Alltech y Corporación Multi Inversiones en la División Industrial Pecuaria (DIP-CMI), en la Granja El Alto ubicada en Sabana Redonda, Poás, Alajuela. El cantón de Poás presenta una altitud de 600 m.s.n.m en el punto más bajo, mientras que en el punto más alto la altitud es de 2838 m.s.n.m. La oscilación térmica es de 12 C⁰ a 25 C⁰ (promedio anual), la humedad relativa promedio es de 90% (Quesada et al. 2015).

Durante la prueba de campo se realizó el monitoreo de reproductores pesados (hembras y machos) suplementados con harina de microalgas, desde la semana 25 hasta la semana 49 de producción, para un total de 24 semanas; con el fin de evaluar el efecto del aditivo sobre los parámetros zootécnicos de aves; producción de huevos, incubabilidad, fertilidad, pollitos nacidos, calidad espermática y calidad de pollito, por lo que fueron los principales parámetros evaluados durante la prueba.

1. Utilización de microalgas en el alimento balanceado

Se evaluó el efecto de adicionar harina de microalgas en el alimento balanceado con un nivel de inclusión de 1,5 Kg por tonelada de alimento (nivel de inclusión recomendado en aves según lo recomendado por la etiqueta), en búsqueda de una mejora de parámetros productivos de aves reproductoras pesadas (hembras y machos). La composición general de la fórmula de producción para hembras es maíz, soya y aceite de soya crudo. En el caso de la fórmula para machos es maíz, soya y acemite. En ambos casos se adicionan micronutrientes con aminoácidos, vitaminas y minerales.

2. Monitoreo de aves Reproductoras

La prueba se realizó en granja El Alto, ubicada en Sabana Redonda de Poás de Alajuela, con un lote de 10.293 hembras y 1.016 machos, los cuales se dividieron en dos grupos según las especificaciones y dinámica de trabajo de la granja. Se definió un grupo como tratamiento (G1. (T)) y el otro grupo como control (G2. (C)).

La granja cuenta con dos galeras semejantes que miden 12 metros de ancho y 100 metros de largo; ubicadas una al lado de la otra, cada galpón se divide en áreas iguales, se colocaron 5.148 hembras y 509 machos en la G1. (T) y 5.145 hembras y 507 machos en la G2. (C), para un total de 10.293 hembras y 1.016 machos. Al grupo G1. (T) se le suministró alimento balanceado mezclado con harina de microalgas, a razón de 1,5 Kg por tonelada de alimento balanceado, mientras que G2. (C) se les suministró alimento con los mismos ingredientes y composición nutricional que el grupo anterior, pero no se adiciona el aditivo por lo que cumple la función de control durante la prueba.

La composición general de las tres fórmulas de producción para hembras según la fase de alimentación, es a base de maíz, harina de soya y aceite de soya crudo. En el caso de la composición de la dieta de machos utiliza las mismas materias primas, pero se le adiciona un 15% de acemite de trigo. Los niveles de proteína y energía metabolizable de las dietas son los siguientes:

- Alimento balanceado Fase Reproductora 1: contiene un 13,23% de proteína cruda y 2850 Kcal, se utiliza cuando el huevo presenta un peso menor a 60 g.
- Alimento balanceado Fase Reproductora 2: contiene un 12,65% de proteína cruda y 2850 Kcal, se utiliza cuando el huevo presenta un peso entre 60 a 65 g.
- Alimento balanceado Fase Reproductora 3: contiene 12,07% de proteína cruda y 2850 Kcal, se utiliza cuando el huevo presenta un peso mayor a 65 g
- Alimento balanceado Machos : 13,71% de proteína cruda y 2800 Kcal

El traslado de los animales de la granja de crianza a la producción, se realizó a las 21,5 semanas de edad del lote, sin embargo, hasta las 25 semanas de edad alcanzaron un 5% de postura. Se inició la alimentación con los tratamientos; monitoreo de las hembras y de los machos desde la semana 25 de edad, hasta la semana 49 del ciclo productivo, para un total de 24 semanas de ensayo.

La distribución del equipo para la alimentación y la cantidad de nidos en cada galera, se realizó según la capacidad de cada una, así como la cantidad de aves alojadas. En el Cuadro 6 se presenta la distribución utilizada.

Cuadro 6. Distribución, densidad de las aves por metro cuadrado y cantidad de aves por equipo utilizado, en los galpones de la prueba de campo monitoreada.

	G1.(T)	G2. (C)
Área	1200 m ²	1200 m ²
Nidos	1320	1340
Bebederos	70 unidades	70 unidades
Comederos de plato para hembras	473 unidades	477 unidades
Canoas para gallos	32 unidades	31 unidades
Aves/m ²	4,71	4,71
Hembras/m ²	4,30	4,29
Hembras/Macho	10,11	10,15
Aves/nido	3,90	3,84
Aves/comedero	10,88	10,79

Durante el desarrollo de la prueba los parámetros evaluados fueron consumo de alimento, fertilidad, huevos totales, huevos incubables, pollitos nacidos, mortalidad. Estos parámetros se evaluaron de la siguiente manera:

- Consumo de alimento (gramos/día)

-

$$\frac{\text{Alimento consumido total}}{\text{Total de aves vivas}}$$

- Porcentaje de Infertilidad:

$$\frac{\text{Total de huevos infértiles}}{\text{Total de huevos incubables}} * 100$$

- Huevos totales por ave alojada (cantidad de huevos):

$$\frac{\text{Número de huevos acumulados}}{\text{Número de aves alojadas}}$$

- Huevos incubables por ave alojada (cantidad de huevos):

$$\frac{\text{Huevos totales acumulados}^* \% \text{ aprovechamiento}}{\text{Número de aves alojadas}}$$

- Pollitos nacidos por ave alojada (cantidad de pollitos):

$$\frac{\text{Total de pollitos nacidos acumulados}}{\text{Número de aves alojadas}}$$

3. Análisis de penetración espermática

Para medir la fertilidad de la parvada se complementó la prueba con cinco análisis de penetración espermática durante las 25 semanas del ensayo; la muestra fue de 12 huevos por galera (control versus tratamiento), en total 24 huevos analizados.

Se realizó con una frecuencia aproximada de cada 4 semanas entre análisis. Esta prueba determina la frecuencia de penetración de los espermatozoides en el disco germinal, y por lo tanto, permitió evaluar la probabilidad de fecundación. Se utilizó la metodología de Bramwell et al. (1995) la cual consiste en:

- Separar la yema del albumen del huevo.
- Limpiar con papel toalla el disco germinal hasta que este visiblemente libre del albumen adherido.
- Colocar la yema en una solución al 1% de cloruro de sodio, (NaCl), el área del disco germinal debe de estar totalmente cubierta durante 5 minutos.
- Cortar la capa perivitelina donde se ubica el disco germinal, se sobrepone al disco germinal fuera de la yema.
- Agitar vigorosamente la sección cortada de la capa vitelina, en la solución de NaCl, para estar seguro que está libre de material de la yema adherido.
- Ubicar la sección de capa perivitelina en un portaobjetos, centrar y mantener la sección del disco germinal tan uniforme como sea posible.
- Agregar unas gotas de solución de formalina al 5% a la sección de la capa perivitelina y dejar reposar por unos 10 a 20 segundos.
- Añadir unas gotas de reactivo de Schiff y permitir un espacio de tiempo para que la sección de la capa perivitelina tome color.
- Situar un cubreobjetos sobre la sección de la capa perivitelina y presionar cuidadosamente para remover burbujas de aire.
- Ubicar la placa al estereoscopio y contar los orificios que se observan únicamente en la región circular del disco germinal.

Después de contar los orificios observados en el disco germinal se clasificó la muestra en los rangos de penetración indicados por Bramwell et al. (1995), los cuales son:

- 0 a 10 (sin penetración espermática).
- 11 a 30 (Baja penetración espermática).
- 31 a 60 (Media penetración espermática).
- 61 a 100 (Alta penetración espermática).
- 101 o más (Muy alta penetración espermática).

4. Calidad de pollito

Se realizaron 4 evaluaciones físicas de pollitos como indicadores de calidad. La muestra fue de 30 pollitos en cada uno de los muestreos, de los cuales 15 correspondieron a la progenie de la galera control y 15 a la progenie de la galera tratamiento. Durante la evaluación física se monitorearon los siguientes parámetros:

- **Peso promedio de los pollitos recién nacido (gramos):** Se realizó una muestra aleatoria de los 30 pollitos, se pesaron a la misma hora, de forma individual; se registró el peso en gramos.
- **Región umbilical:** se evaluó la cicatrización de los ombligos, (secos y completamente cerrados).
- **Largo del pollito (Centímetros):** Se colocó al pollito sobre una regla graduada, midiendo la longitud desde la punta del pico hasta el dedo medio de una de las patas.
- **Peso del saco vitelino residual (gramos):** Se pesó cada uno de los pollitos de la muestra y se registró el peso en gramos. Se sacrificó cada uno, desprendiendo el atlas del axis; posteriormente, se removió el saco vitelino y una vez que se obtuvo el peso, se desarrolló la siguiente fórmula, para obtener el porcentaje de absorción del saco vitelino (Adaptado de Cobb-Vantress, 2013).

$$\frac{\text{Peso del saco vitelino}}{\text{Peso del pollito}} * 100$$

5. Prueba de pollo de engorde

Se realizó una prueba de campo, a nivel de pollo de engorde. Se da seguimiento de los pollitos de las aves en estudio, con 34 semanas de vida, provenientes de la G1. (T) y G2. (C). Se utilizó la granja Rojas, ubicada en San Ramón de Alajuela, con un lote de 28.800 pollitos provenientes de ambos grupos de padres, (Control y Tratamiento), incluyendo hembras y machos, con el fin de monitorear el desempeño productivo de la progenie de los grupos monitoreados.

Para la prueba se utilizaron cuatro galeras, donde se dividieron los 28.800 pollitos en cuatro grupos de 7200 animales, según las especificaciones y dinámica de trabajo de la empresa. La distribución del equipo para la alimentación y mantenimiento de los pollitos, se realizó según la capacidad de cada una de las galeras (Cuadro 7).

Cuadro 7. Distribución dl equipo utilizado en la prueba de campo monitoreada.

	G.1 (C)	G.2 (C)	G.5 (T)	G.6 (T)
Comederos infantiles	75	75	75	75
Comederos	30	44	38	45
Niples	164	192	168	156
Bombillos	9	11	8	7
Criadoras	6	6	6	6

A los 4 grupos se les dio seguimiento desde el día 0 hasta el día 35 de vida. Se monitoreó peso semanal, consumo de alimento, conversión alimenticia, mortalidad, evaluados de la siguiente manera:

- Peso (gramos):

Peso de los pollitos a la misma hora, en el día 0 hasta el día 35, se pesó una muestra del 1% para obtener una muestra representativa por galera de forma aleatoria y se pesaron las aves individualmente.

- Consumo de alimento (g/día):

$$\frac{\text{Alimento consumido total}}{\text{Total de aves vivas}}$$

- Conversion alimenticia (gramos):

$$\frac{\text{Consumo de alimento en gramos}}{\text{Peso vivo en gramos}}$$

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1. Tratamientos:

Los tratamientos correspondientes en la dieta son:

- Control versus Tratamiento (**nivel de inclusión: 1,5kg/ton de harina de microalgas**).

2. Variables a evaluar y unidades experimentales:

- **Calidad espermática del gallo:** penetración espermática. Unidad experimental: cada huevo evaluado.
- **Calidad de pollito:** peso promedio, región umbilical, largo del pollito, peso del saco vitelino residual. Unidad experimental: cada pollito evaluado.
- **Prueba de campo pollo de engorde:** peso de los 6 a los 35 días de vida y conversión alimenticia, donde la unidad experimental será cada pollo evaluado.

3. Descripción del análisis de varianza

Se utilizó un diseño irrestricto al azar y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de los resultados obtenidos en el ensayo de calidad de pollito y prueba de pollo de engorde, mediante el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2015), comparando entre si los tratamientos y siguiendo el siguiente modelo:

$$y_{ij} = \mu + T_i + e_i$$

Donde:

- y_{ij} = respuesta asociada a la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.
- μ = media poblacional.
- T_i = efecto del i-ésimo tratamiento.
- e_{ij} = error experimental asociado a la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

Se aplicó la prueba de Tukey con el fin de diferenciar entre medias en los tratamientos ($p < 0,05$). En el caso del análisis de penetración espermática se aplicó el análisis de Kruskal Wallis con el fin de diferenciar entre medias en los tratamientos ($p < 0,05$)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Monitoreo de hembras reproductoras.

El inicio de producción en ambas galeras es temprano respecto a la curva de postura estándar, en la Figura 2 se muestra el comportamiento del ciclo de postura de la parvada. Las aves fueron trasladadas a producción durante la semana 21, sin embargo, iniciaron la producción hasta la semana 25. Durante el pico de producción la galera tratamiento (G.1) presentó un 86,91% de postura, mientras que la galera control (G.2) presentó un 86,94% de postura, ambas galeras presentan un porcentaje de producción mayor al esperado, el cual es de 83,00% (Cobb-Vantress, 2013).

En promedio, el porcentaje de producción esperado desde la semana 24 hasta la semana 49 es de 67,3% (Cobb-Vantress, 2013), en el caso de la G.1 (T) se obtuvo un porcentaje de postura de un 66,96% y para la galera G.2 (C) un 66,65%. Al final de la prueba se obtiene un mayor porcentaje de postura promedio de 0,31% en las aves suplementadas.

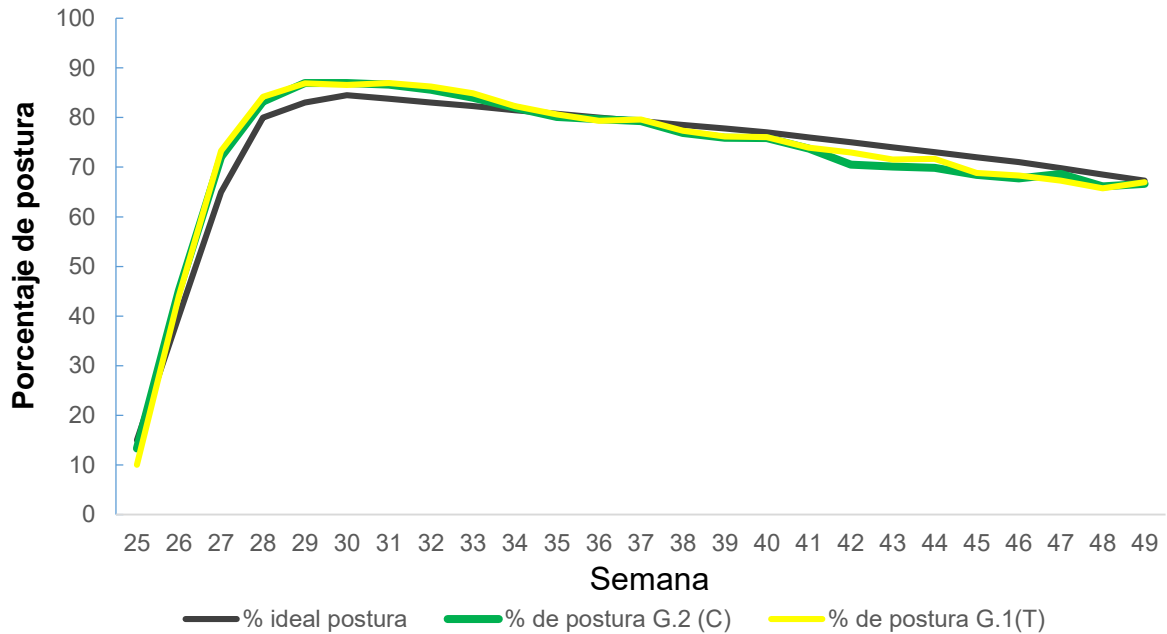


Figura 2. Porcentaje de postura de las aves de la galera 1(Tratamiento) y galera 2 (Control) versus ideal de postura.

Se observa una deficiencia leve en la persistencia del ciclo de postura para ambas galeras desde la semana 35 hasta la semana 49. Se debe a que hay una disminución de consumo de alimento como práctica de manejo de alimentación en ambas galeras, como se detalla en la Figura 3.

Otra causa se relaciona por características propias del ave donde se relaciona que existe una disminución en la persistencia desde la semana 40 para aves reproductoras pesadas, por ser seleccionadas genéticamente por su alta tasa de crecimiento, característica que afecta el objetivo de producción de huevos fértiles en las producciones al presentar altas tasas de crecimiento (Decuypere et al. 2006)

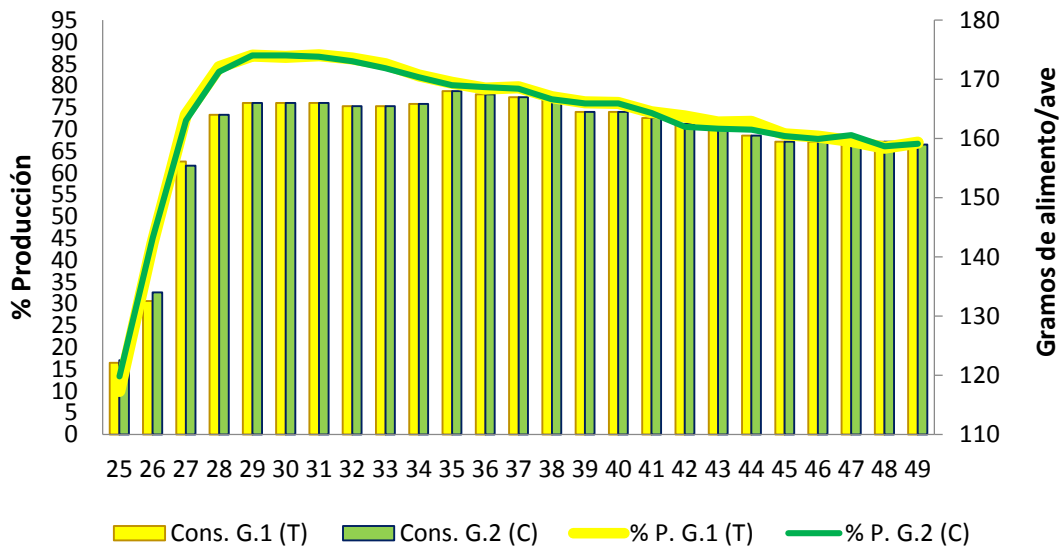


Figura 3. Consumo de alimento y porcentaje de producción de las galeras control y tratamiento. (Cons= consumo y % P =Porcentaje de postura)

En las 24 semanas de ensayo se monitoreó la cantidad de huevo incubable obtenido, para obtener este parámetro se requiere conocer el porcentaje de aprovechamiento de los huevos. En la Figura 4 se detalla el porcentaje de aprovechamiento obtenido. Se observa un menor aprovechamiento durante las primeras semanas, incluso en ambas galeras no alcanzan el ideal de aprovechamiento del huevo. Al final del periodo evaluado el porcentaje promedio de la G1 (T) es 93,99% y el de la G2 (C) es 94,09%, en ambos casos se encuentra por debajo del promedio esperado de

acuerdo a Cobb Vantress (2013), el cual es de 96,90%. La disminución del porcentaje de aprovechamiento es influenciado en las producciones avícolas por la categorización de los huevos en incubables y no incubables. En la granja El Alto se presenta esta selección de los huevos, donde los huevos incubables son los de categoría A o B, y la categoría C que son huevos no aptos para la incubación (pequeño, destruido, piso, deforme, picado), por lo que existe una estricta selección del huevo que se determina por su tamaño, forma, peso, limpieza e integridad, por lo tanto hay influencia por parte del criterio de cada uno los operarios encargados de la recolección y clasificación.

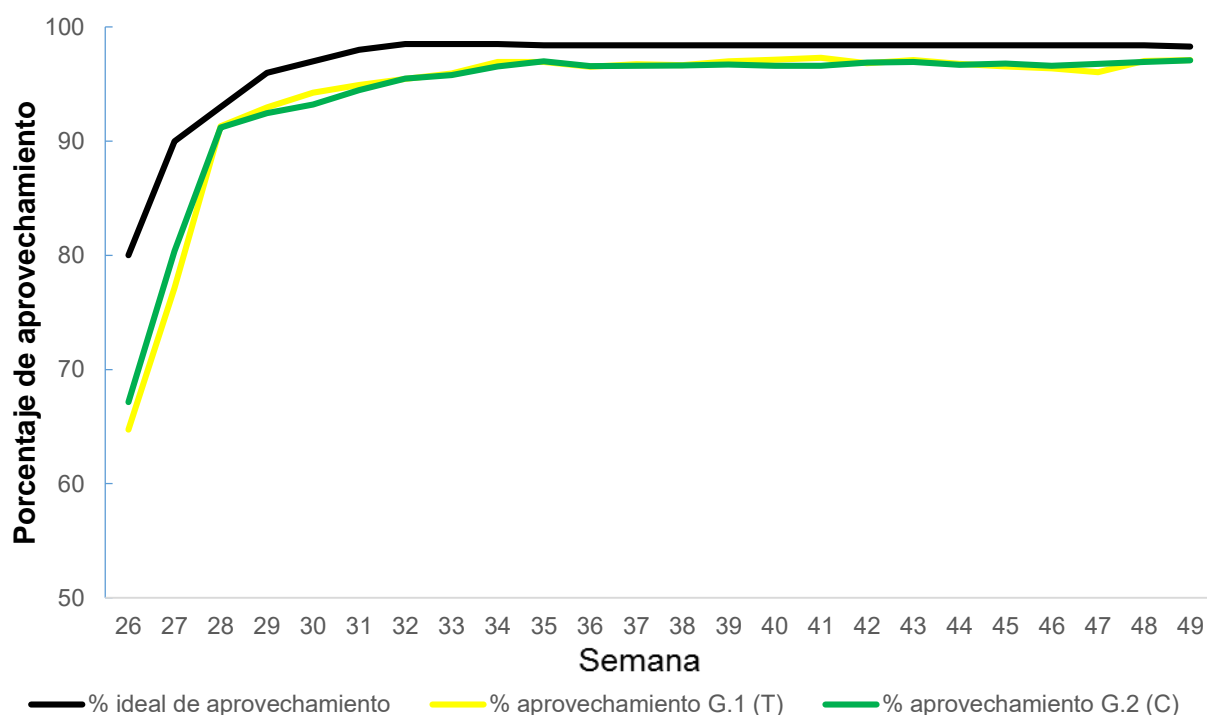


Figura 4. Porcentaje de aprovechamiento de huevo de las galeras en producción, (tratamiento y control), versus ideal de porcentaje de aprovechamiento Cobb-Vantress.

Las diferencias en producción generan una menor cantidad de huevo por ave alojada como se muestra en la Figura 5, la cantidad de huevos por ave alojada desde la semana 25 hasta la semana 49 para la galera G.1 (T) es 121,64, mientras que para la G.2 (C) es de 124,16; con un diferencia de -2,52 entre galeras. El valor de la G.1 (T) y G.2 (C),

se encuentran por debajo del promedio esperado de acuerdo a Cobb Vantress (2013), el cual es de 126,8.

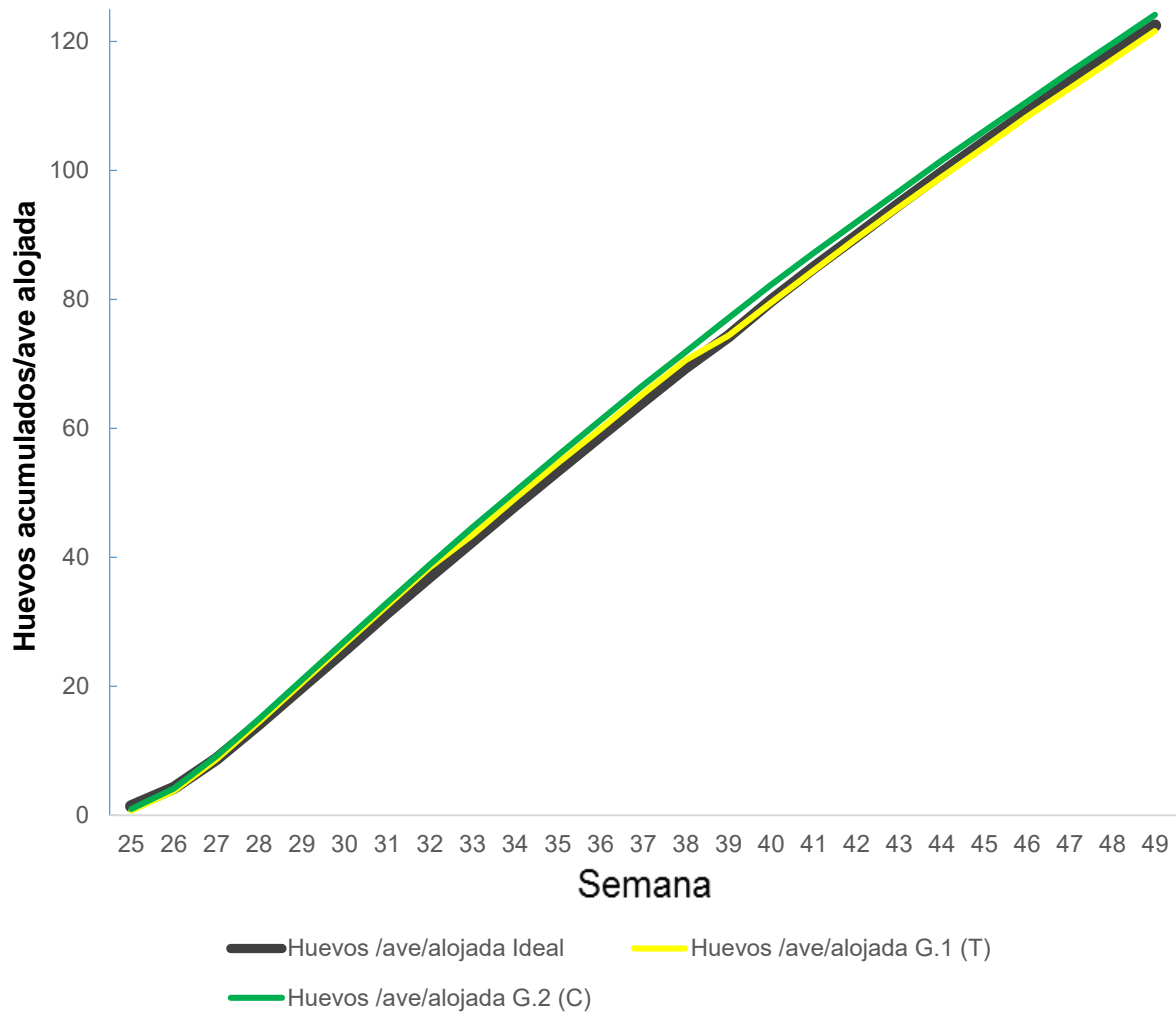


Figura 5. Huevos acumulados por ave alojada para las aves en estudio versus ideal de porcentaje de aprovechamiento Cobb- Vantress.

La cantidad de huevo incubable por ave alojada para la semana 49 en la G.1 (T) es 118,2, versus 120,5 que se obtuvo en la G.2 (C), con una diferencia de -2,3 huevos por ave entre ambas galera. El promedio esperado de acuerdo a Cobb Vantress (2013), es de 118,6. En la Figura 6 se muestra el comportamiento de este parámetro para cada una de las galeras evaluadas, no se aprecia una diferencia amplia de los grupos con respecto al

esperado, pero disminuye conforme avanza el periodo de producción en ambas galeras

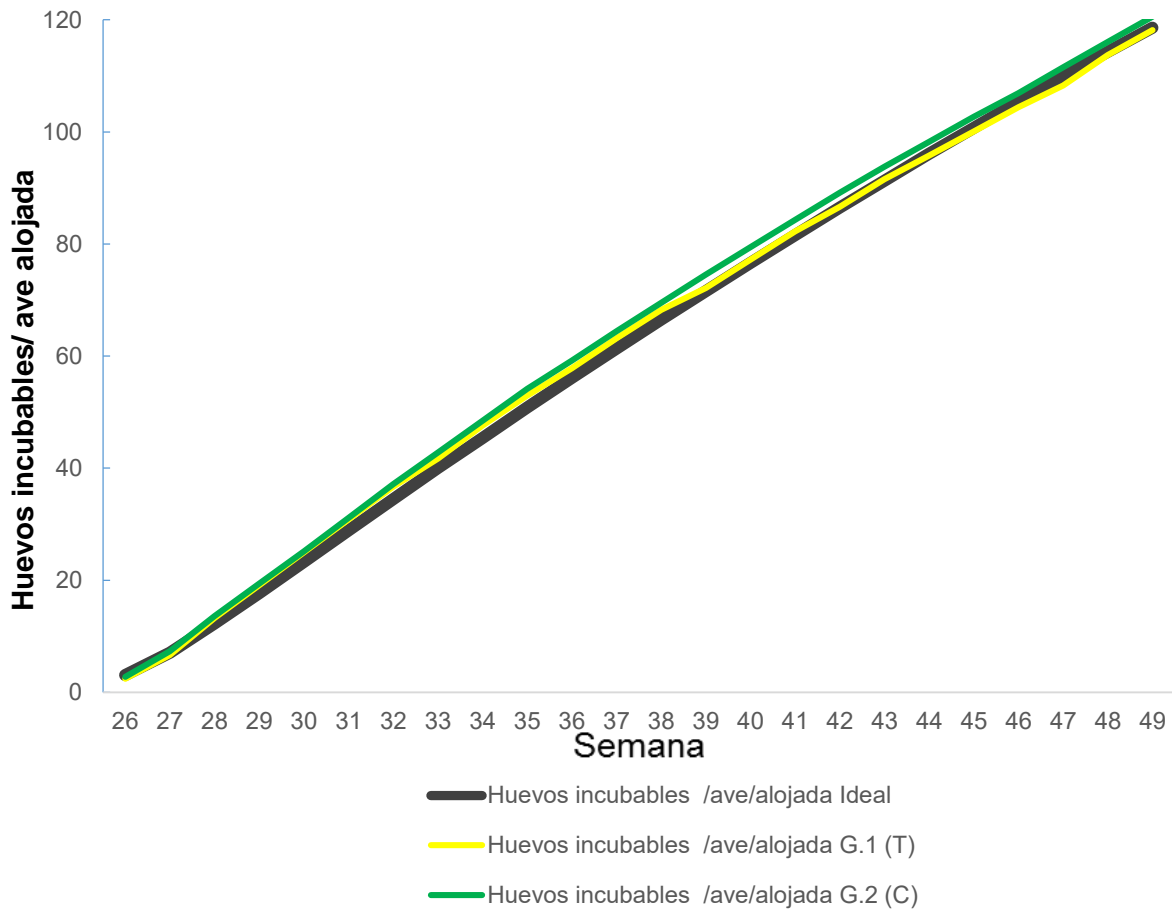


Figura 6. Número de huevos incubables por ave alojada de las aves en producción de la G.1 (T) y G.2 (C) versus datos estándar de Cobb- Vantress.

Uno de los parámetros evaluados es el porcentaje de incubación, desde la semana 26, hasta la semana 49, donde finalizó el periodo de evaluación del lote de aves. A nivel de incubadora se monitorean los parámetros de porcentaje de nacimientos, (incubabilidad), cantidad de pollito, (incluyendo pollitos de primera, segunda, descarte), en la Figura 7 se observa el comportamiento del porcentaje de incubabilidad de las aves en estudio.

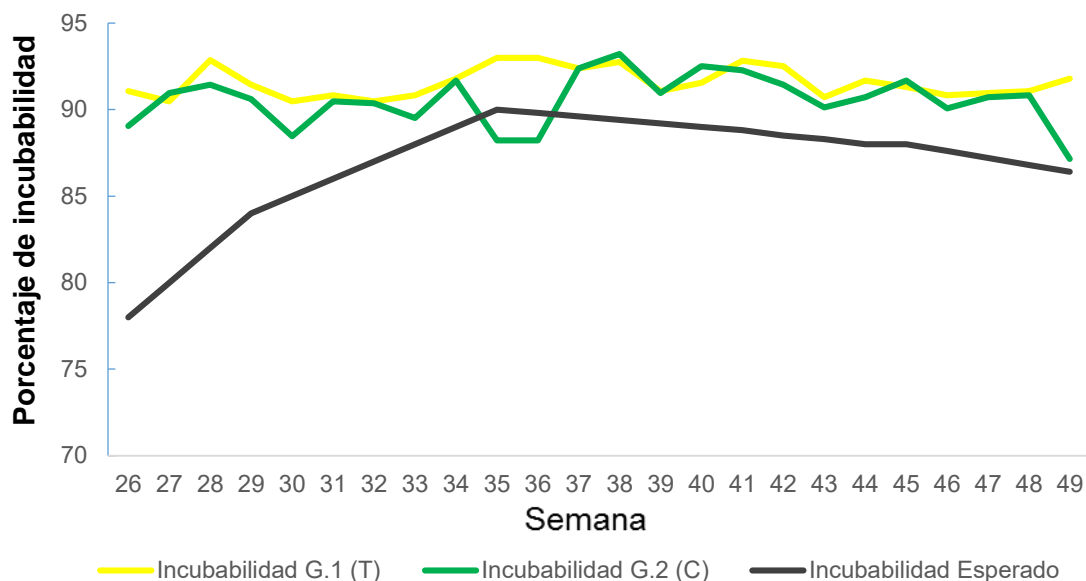


Figura 7. Porcentaje de incubabilidad de las aves en producción de la G.1 (T) y G.2 (C) versus el estándar Cobb-Vantress de incubabilidad.

Se observó que el porcentaje de incubabilidad de la G.1 (T) se mantiene constante a lo largo de las 24 semanas de evaluación, mientras que se observa una caída en el porcentaje de nacimientos de las aves de la G.2 (C) de la semana 35 a la 36 y durante la semana 49. La incubabilidad de los huevos provenientes de aves suplementadas, (hembras y machos), presentó una tendencia más constante y ligeramente mayor en comparación con los huevos provenientes de aves control. En un estudio de Mariey et al. (2012), compararon en una prueba cuatro niveles de inclusión con *Spirulina platensis* en polvo (0% / 0,10% / 0,15% / 0,20%) en la dieta de dos variedades de gallinas ponedoras livianas para evaluar el rendimiento productivo y reproductivo. Los rendimientos de aves alimentadas con las dietas donde se incluye la microalga muestran diferencias significativas con el tratamiento control en relación a capacidad de eclosión de los huevos producidos.

La calidad de pollito obtenida forma parte de los datos evaluados durante la prueba; en el Cuadro 8 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de porcentaje de nacimientos (incluidos pollito de primera, segunda y descarte) y nacimientos de primera durante las semanas evaluadas del ciclo productivo.

Cuadro 8. Porcentaje de nacimientos y porcentaje de nacimientos de pollitos de primera

	% Nacimiento			% Nacimientos Primera		
	G.1 (T)	G.2 (C)	Valor p	G.1 (T)	G.2 (C)	Valor p
Semana 35	92	92	0,910	89 ^a	87 ^b	0,0066
Semana 36	92	92	0,910	89 ^a	87 ^b	0,0066
Semana 37	92	92	0,9999	90 ^a	88 ^b	0,0179
Semana 38	93	93	0,6137	91 ^a	89 ^b	0,0163
Semana 39	91	91	0,3466	89	88	0,0836
Semana 40	92	92	0,6578	91	91	0,9488
Semana 41	93	92	0,2000	91	90	0,0790
Semana 42	93 ^a	91 ^b	0,0080	91 ^a	89 ^b	0,0054
Semana 43	91	90	0,1614	89	88	0,0636
Semana 44	92 ^a	91 ^b	0,0138	90 ^a	89 ^b	0,0138
Semana 45	92	92	0,1525	90 ^a	89 ^b	0,0242
Semana 46	91	91	0,4554	89	88	0,0598
Semana 47	91	91	0,9999	89	88	0,0596
Semana 48	91	91	0,3052	90 ^a	88 ^b	0,0032
Semana 49	92 ^a	87 ^b	0,0145	91 ^a	85 ^b	0,0018

de huevos de la semana de producción 35 hasta la 49.

a, b: letras diferentes entre filas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

La prueba estadística utilizada demuestra que no existe diferencia significativa en el porcentaje de nacimientos de los pollitos, entre los grupos en producción, excepto durante las semanas 42 y 44 y semana 49. No obstante, si existe diferencia significativa en el porcentaje de nacimientos de pollitos de primera entre la G.1 (T) y la G.2 (C), excepto durante las semanas 39, 40, 41, 43,46 y 47.

Las hembras reproductoras pesadas se miden por la cantidad de pollitos de calidad que produzcan, por lo que se considera el parámetro que determina el éxito de una producción avícola. Como se muestra en la Figura 8, al finalizar la prueba se obtienen 106,97 pollitos acumulados por ave alojada para la G.1 (T) y 105,15 para la G.2 (C), mientras que el ideal de pollitos acumulados por ave alojada a la semana 49 de producción es de 102, 4, según Cobb Vantress (2013). La diferencia entre la G.1 (T) y G. 2(C) es 1,8 pollitos acumulados por ave alojada, lo que indica un mejor comportamiento

de las aves suplementadas; lo que refleja un efecto positivo del producto utilizado en incubabilidad, además de calidad final del pollito.

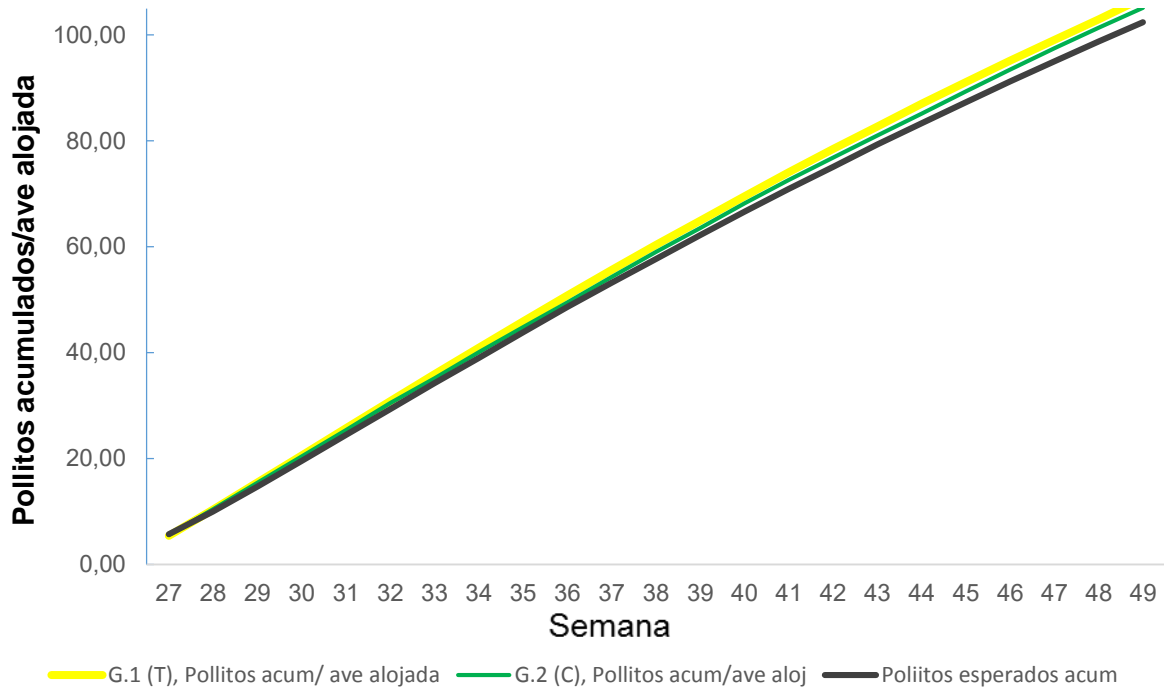


Figura 8. Comparación de pollitos acumulados por ave alojada de la G.1 (T) y G.2(C) vs el estándar acumulado.

2. Calidad de pollito

En el Cuadro 9, se muestran los resultados porcentuales de los siguientes parámetros: largo del pollito, peso del pollito, peso del saco vitelino y proporción del saco vitelino, que se obtuvieron de pollitos nacidos de reproductoras con 30, 35, 40 y 49 semanas de vida.

Los valores numéricos de las medidas que se evaluaron muestran que durante los cuatro análisis realizados (Cuadro 9), los pollitos provenientes de aves de la G1. (T) y los pollitos provenientes de aves de la G2. (C), no presentan diferencias significativas en las medidas de peso del pollito y peso del saco vitelino. Sin embargo, se presentan

diferencias significativas en las medidas de largo y proporción del saco vitelino en pollitos nacidos de huevos de la semana 40 de producción.

Según Şahan et al. (2014), el peso y la absorción del saco vitelino de pollitos son mayores en gallinas reproductoras pesadas de mayor edad, en comparación con gallinas reproductoras pesadas de menor edad. Existe un efecto de los ácidos grasos esenciales en la estimulación del ave por efecto de saturación hormonal (formación de hormonas), ya que el sistema reproductor del ave es un conjunto que constituye el hipotálamo, pituitaria, ovario, oviducto, hígado y sistema óseo, donde existe una relación estrogénica que influye en la deposición de lípidos y proteína en la yema del huevo (Antruejo 2010)

Cuadro 9. Datos promedio de parámetros obtenidos del análisis de calidad de pollito nacido de las semanas 30, 35, 40 y 49 de producción.

Semana de edad del ave	Protocolo	Largo (cm)	Peso del pollito (g)	Peso del saco vitelino (g)	Proporción del saco vitelino con respecto al peso del pollito
30	G.1(T)	18,43	39,42	4,32	10,98
	G.2 (C)	18,43	40,05	4,53	11,29
	Valor p	0,9999	0,6545	0,5368	0,6844
35	G.1(T)	19,17	44,00	5,53	12,47
	G.2 (C)	19,00	43,00	5,33	12,30
	Valor p	0,6311	0,3691	0,6881	0,8583
40	G.1(T)	19,59 ^a	44,47	5,63	13,05 ^a
	G.2 (C)	18,43 ^b	44,17	4,80	10,83 ^b
	Valor p	0,0001	0,7856	0,0837	0,0261
49	G.1(T)	19,31	45,89	5,03	10,96
	G.2 (C)	19,47	45,23	4,71	10,30
	Valor p	0,3313	0,5209	0,4499	0,4395

a, b: letras diferentes entre columnas, y por edad de las aves, indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (P<0,05)

En comparación con los parámetros establecidos por Cobb Vantress (2013) para calidad de pollito en incubadora, el largo del pollito nacido de reproductoras con edad

entre las 26 y 35 semanas de vida deben presentar un largo entre 19 a 21 cm; entre las 36 a 45 semanas deben presentar un largo entre 19,5 a 21,5 cm y más de 45 semanas deben presentar un largo de 20 a 22 cm. Los datos recolectados muestran que los pollitos provenientes de aves suplementadas presentan una longitud similar a lo esperado; los pollitos provenientes de aves control, numéricamente tienden a ser menores, pero fueron estadísticamente diferentes solo en semana 40 como se menciona anteriormente.

Otro de los parámetros que determinan la calidad del pollito es la proporción de absorción del saco vitelino, el valor esperado según Cobb Vantress (2013) es menor al 9%; los datos recolectados, muestran que tanto los pollitos que descienden de aves tratamiento y aves control presentan valores superiores al esperado, lo cual se relaciona con la nutrición. Según (Pérez 2013) uno de los factores que influye en la composición de saco vitelino, es la nutrición, por lo tanto, se esperaría que al suplementar con ciertos aditivos, aumente el contenido de ácidos grasos insaturados, los cuales aumentan el peso de la yema por la estimulación en la deposición lipídica.

Estos últimos parámetros de calidad de pollito pudieron ser influenciados por factores propios de la incubadora tales como temperatura, ventilación y humedad, porque se relaciona que los pollitos que se producen en la actualidad, por sus características de alto rendimiento, producen temperaturas embrionarias más altas por lo que aumenta el riesgo de sobrecalentar a los embriones (Cobb Vantress, 2013b). Preez (2007) reporta que la temperatura afecta la eclosión y la calidad del pollito, ya que puede afectar la captación o absorción de la yema y cicatrización del ombligo.

3. Prueba de campo pollo engorde

Con el fin de determinar el posible efecto de las microalgas sobre el rendimiento de la progenie, por una posible transferencia de nutrientes por parte de los progenitores hacia el huevo, se evaluó el peso corporal y conversión alimenticia de la progenie desde el día 0 hasta el día 35 de vida.

El peso vivo de los pollitos durante los primeros días de vida es uno de los parámetros que determina el rendimiento de las aves de engorde al finalizar el ciclo de vida. Los datos de peso vivo promedio para cada semana se presentan en el Cuadro 10; los pollitos provenientes de aves suplementadas con microalgas presentan un mayor peso a lo largo de su ciclo productivo con diferencias significativas durante los días 1, 7 y 14 de vida. Los pollitos que descienden de aves suplementadas finalizaron el periodo con 21,9 g más en promedio que la progenie de las aves control.

En un estudio realizado por Mariey et al. (2012), el peso de los pollitos provenientes de gallinas suplementadas con cuatro niveles de inclusión con *Espirulina platensis* en polvo (0% / 0,10% / 0,15% / 0,20%), fueron 31,24 g, 31,26 g, 32,13 g y 32,22; con respecto al nivel de inclusión que utilizaron en las progenitoras). En este estudio los pollitos provenientes de aves suplementadas presentaron mayor peso en el primer día de vida, sin diferencias significativas. No obstante, los pollitos que descienden de aves suplementadas con la harina de microalga (*Schizochytrium sp*) presentan diferencias durante el día 1 hasta el día 14 de vida (Cuadro 9).

Según Cuervo et al. (2002), se busca un aumento de peso en los primeros días de vida porque constituye el 16% del periodo de vida del ave, donde ocurren procesos de crecimiento de los órganos, transición entre la absorción de la yema por parte del embrión, y la utilización del alimento exógeno, maduración del sistema de termorregulación, y cambios en los patrones de crecimiento de los órganos de oferta y demanda.

Cuadro 10. Peso vivo promedio (g) de pollitos que descienden de aves reproductoras suplementadas con microalgas.

	Peso corporal promedio (g)					
	Día 1	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
Pollo control	40,2 ^b	148,7 ^b	426,5 ^b	869,9	1332,3	1885,4
Pollo tratamiento	41,1 ^a	153,2 ^a	437,5 ^a	886,6	1351,5	1907,3
Valor p	0,0212	0,0250	0,0368	0,0713	0,2092	0,3829

a,b: letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0,05$)

Otro de los parámetros clave en la producción de pollo de engorde es la conversión alimenticia (CV) porque permite medir el rendimiento de las aves; el Cuadro 11 presenta los datos de conversión alimenticia para cada semana; conforme avanza el periodo de producción este parámetro aumenta. Según Rodríguez (2014) es importante que la conversión alimenticia tenga un valor bajo, porque significa un menor consumo de alimento para producir un kg de carne, optimizando los recursos de las producciones.

La conversión alimenticia de los pollos tratamiento, es menor en las tres primeras semanas con diferencias significativas durante la segunda semana. Según Barragán (2014) la absorción de los nutrientes de la yema, a través de la membrana, y por endocitosis en el intestino, se dirige directamente a la sangre del pollito. Por lo tanto, los pollitos que descienden de aves suplementadas presentan una mayor disponibilidad de nutrientes, específicamente de ácidos grasos, por lo que son capaces de convertir estos nutrientes en gramos de peso vivo, que se traducen en animales más pesados durante sus primeros días de vida, y hacia el final del ciclo de vida como se detalla en el Cuadro 11 durante los primeros 14 días de vida.

Según Barragán (2014) existe evidencias suficientes de que la nutrición de las reproductoras se relaciona de manera directa con la viabilidad de los pollitos en las primeras fases del desarrollo pos embrionario, con su capacidad de establecer un buen sistema inmunitario, con su osificación y con el desarrollo corporal en las primeras semanas de vida, (peso corporal y conversión alimenticia), del pollo en desarrollo.

Cuadro 11. Conversión alimenticia promedio de los pollitos de las aves en estudio, sometidas a los tratamientos resumidos a lo largo de las 5 semanas de la prueba de campo de pollo de engorde

Protocolo	Conversión Alimenticia				
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28	Día 35
Pollo control	1,02 ^a	1,17 ^b	1,24 ^a	1,37 ^a	1,48 ^a
Pollo tratamiento	1,00 ^a	1,11 ^a	1,23 ^a	1,40 ^a	1,54 ^b
Valor p	0,3235	0,0005	0,1300	0,1110	0,0113

a,b: letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0,05$)

Los pollitos que descienden de aves tratamiento se les asigno las galeras con condiciones de mayor reto (ambiental y condiciones físicas de las instalaciones) en comparación con los pollitos control. No obstante, presentaron resultados positivos aun en comparación con los pollitos que descienden de aves control

Durante la última semana la conversión alimenticia aumenta en comparación con los pollos control y presenta diferencias significativas, se relaciona que, durante los últimos días del ciclo productivo del pollo de engorde, este se ve influenciado por factores externos de manejo, nutrición, ambiente y mayores densidades, que genera que el animal requiera una mayor cantidad de alimento, pero sin ser capaz de convertirlo en ganancia de peso vivo aumentando la conversión alimenticia

Se relaciona que se obtuvieron resultados positivos de los pollitos que descienden de aves tratamiento, en relación a la transferencia de nutrientes del saco vitelino por la deposición de ácidos grasos poliinsaturados (Coto 2010), principalmente durante la primera semana de vida, la cual es clave para el éxito del ciclo de vida de los pollitos, porque se da el desarrollo de los órganos de demanda, maduración del sistema de termorregulación y el inicio de la inmunocompetencia (Cuervo 2002). No se consideró la mortalidad dentro de los parámetros, pues el propietario manejaba un criterio muy estricto de selección de los animales

4. Penetración espermática

En la Figura 9, se muestran los resultados porcentuales de penetración espermática que se obtuvieron en las semanas 29, 33, 38, 42 y 46, respectivamente, durante las 24 semanas de evaluación del ciclo productivo.

Los valores numéricos de penetración espermática de la Figura 9 muestran que durante los cinco análisis realizados, los machos de la G1. (T) tienden a tener una mayor fertilidad durante estas semanas, que los machos de la G2. (C). En la figura se observa un mayor porcentaje de penetración espermática por encima de los 60 orificios en el disco germinal de los huevos analizados de la G.1 (T) y un menor porcentaje de penetración espermática en los huevos de la G.2 (C). Se correlaciona que entre mayor sea el número de orificios en el disco germinal (penetración) mayor es la fertilidad (Bramwell et al. 1998)

Se realizó el análisis estadístico de Kruskal Wallis para el conjunto de datos obtenidos de los 5 análisis realizados, donde se obtuvo una diferencia estadística significativa entre el grupo tratamiento y el grupo control ($p=0,0108$)

Según Risso et al. (2014), en los animales, las distintas proporciones de ácidos grasos poliinsaturados en las membranas celulares y en los tejidos del tracto reproductivo están determinados por la dieta, por lo tanto, al suplementar ácidos grasos esenciales en la dieta se mejora características reproductivas en los machos. El autor reporta que en aves alimentadas con dietas a diferentes niveles de ácidos grasos n-3 y n-6 observaron cambios en la composición de los lípidos de las membranas espermáticas por la transferencia de los ácidos grasos a los espermatozoides especialmente de los ácidos grasos n-6, ya que son los prevalentes en el esperma de los gallos (Olubowale et al. 2014).

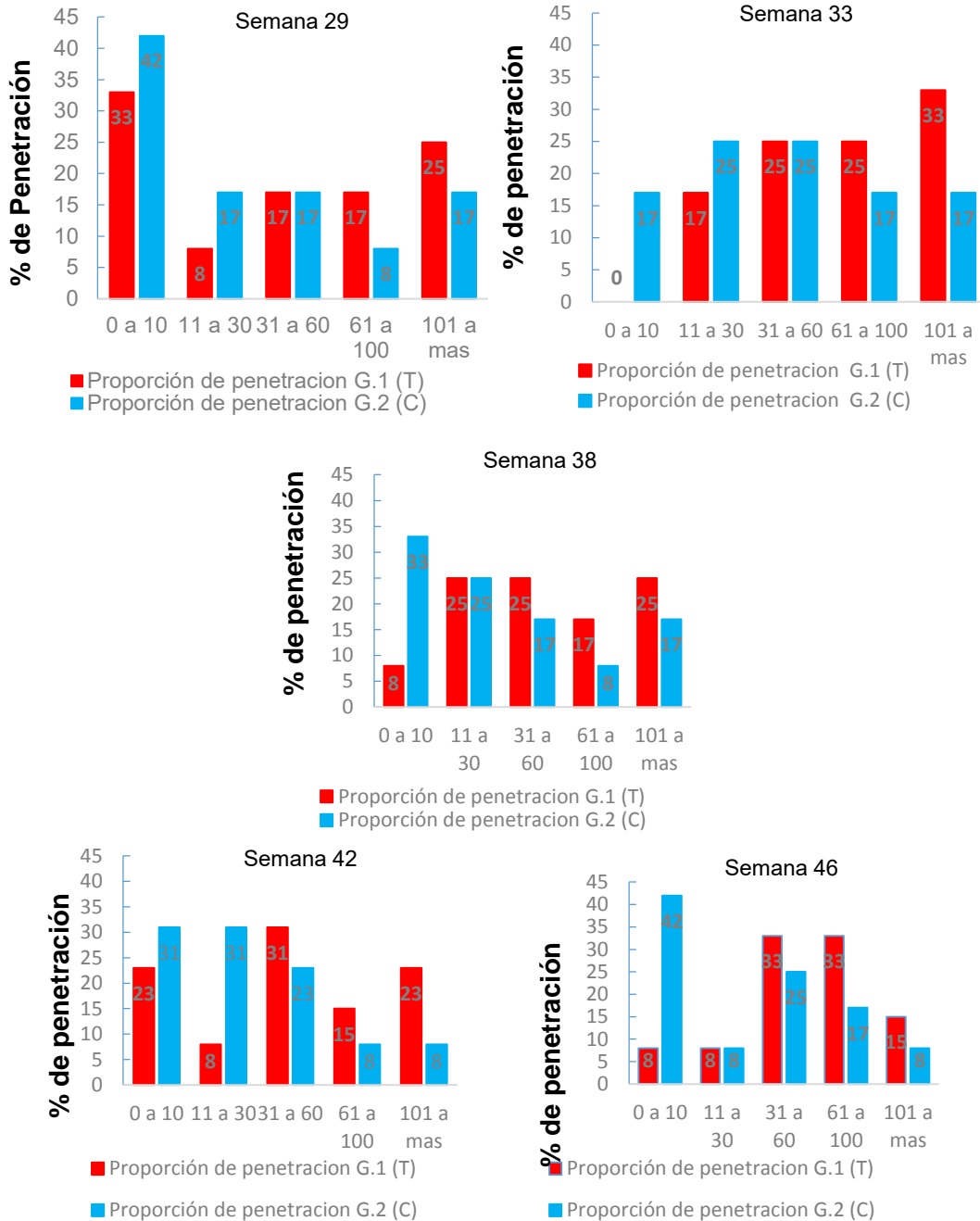


Figura 9. Resultados del análisis de penetración espermática de las semanas 29, 33, 38,42 y 46 del ciclo de producción, para los huevos fértiles evaluados de la G.1 (T) y G.2(C)..

Lo anterior se relaciona con los datos presentados en la Figura 9 donde los huevos analizados y provenientes de machos suplementados con la harina de microalgas presentan los mayores rangos de penetración espermática. Los ácidos grasos en forma

de fosfolípidos son el mayor componente de las membranas espermáticas por lo que influyen en procesos fisiológicos como la reproducción porque son un factor para la formación de hormonas esteroideas (testosterona), brindan al espermatozoide la fluidez necesaria para la fertilización (Feng et al. 2015), generan modificaciones fisicoquímicas como es la hidrólisis de la membrana perivitelina para la fertilización poliespermatocica del disco germinal ubicado en la capa perivitelina del huevo (Bramwell et al. 1998).

Por estas razones los machos suplementados pueden llevar una ventaja en características de viabilidad y motilidad espermática, porque los espermatozoides deben atravesar la vagina, donde ocurre la primera selección de cuerpos extraños, posteriormente se almacenan en las glándulas tubulares (espermateca) que los preparan para el ascenso hasta el infundíbulo que es donde ocurre la fertilización del óvulo (Sarabia 2005) lo que determina la probabilidad de fecundar al óvulo por parte de los espermatozoides,.

En los últimos análisis de evaluación de los huevos, se observa una disminución en los rangos de penetración espermática en la G1. (T) y G.2. (C), se relaciona con una disminución de la fertilidad de los machos por factores como la edad, ya que se encuentran en el periodo de adultos donde inicia un proceso de envejecimiento fisiológico testicular y hormonal (Sarabia 2005). No obstante los huevos provenientes de los animales suplementados continúan presentado valores más altos de penetración espermática en los rangos de mayor penetración.

5. Impacto económico

En el Cuadro 12 se muestran parámetros de consumo de harina de microalgas y el retorno sobre la inversión de la inclusión de la harina de microalgas en el alimento balanceado.

Cuadro 12. Parámetros económicos

Parámetros económicos	G.1 (T)
Gramos de harina de microalgas consumidos en 24 semanas/gallina	6,26
Kilogramos de harina de microalgas consumidos en 24 semanas/gallina	0,00626
Pollitos de mas	1,82
RSI	4,41

RSI=Retorno sobre la inversión. Se calcula al considerar el costo del producto. Vrs. el costo de un pollito
(Información confidencial)

El RSI muestra que la inclusión de harina de microalgas en el alimento balanceado presenta un impacto positivo, porque al obtener un RSI de 4,41 refleja una ganancia de cuatro veces el dinero que se invirtió en la suplementación de harina de microalgas en la dieta de las aves reproductora pesadas. Es importante recalcar que entre mayor sea la cantidad de pollitos obtenidos, se garantiza el éxito de las producciones avícolas, por la razón, de que se va a traducir en una mayor probabilidad de pollitos viables que culminen con éxito la etapa productiva de engorde y así obtener un mayor rendimiento de canal.

Con base en el resultado obtenido de RSI se podría considerar la suplementación de harina de microalgas en el alimento balanceado de las reproductoras pesadas, como un aditivo que proporciona un valor agregado a las producciones, al generar un impacto positivo en parámetros zootécnicos y económicos, que tiene como propósito la optimización de las producciones.

Por otra parte en los resultados se reportó que los pollitos provenientes de aves suplementadas presentan 21,9 g más en comparación con los pollitos de aves control, se traduce en 300.687 kg (13730 pollitos* 21,9g) más, con una mortalidad promedio acumulada de 4,65%. En términos económicos se percibiría un ingreso extra de ¢210 481 (300.687kg* ¢700/kg de carne) en el caso de las dos galeras que tenían los pollitos provenientes de progenitores suplementados

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo y monitoreo de la prueba con harina de microalgas los animales tratamiento mejoraron parámetros determinantes en la producción avícola de reproductoras pesadas, como es el caso de los pollitos acumulados por ave alojada (1,8 pollitos de más en la galera tratamiento), a pesar de que se produce una menor cantidad de huevos acumulados por ave alojada y huevos incubables por ave alojada. Por otra parte, presentan un mayor porcentaje de nacimientos de primera a lo largo de las 24 semanas de evaluación en comparación con la galera Control.

Los huevos fértiles provenientes de aves tratamiento presentan mayores rangos de penetración espermática (entre 60 a 100 orificios) en comparación con los huevos fértiles de aves control, lo cual refleja un impacto positivo al suplementar el alimento balanceado con harina de microalgas. Porque aporta ácidos grasos poliinsaturados que mejoran las características funcionales de los espermatozoides, lo cual aumentan las probabilidades de fertilización del óvulo.

En términos de calidad de pollito no existió un impacto tangible en términos de parámetros como largo del pollito y absorción del saco vitelino en relación al peso del pollito, sin embargo, si existió un impacto positivo en el peso vivo (Pollitos tratamiento presentan 21,9 g más en comparación con los pollitos tratamiento) y la conversión alimenticia de los pollitos, desde el día 1 hasta el día 35 de vida.

RECOMENDACIONES

Es importante dar un mayor seguimiento a la curva de peso vivo de los reproductores pesados (hembras y machos), porque es un parámetro que va a determinar la respuesta reproductiva de las aves, ya que por sus características genéticas tiene un predisposición a la ganancia de peso, que de no ser controlada va a afectar el sistema reproductivo de las aves

Aumentar el periodo de suplementación de la harina de microalgas hasta las 65 semanas del ciclo de vida de los reproductores pesados; con el propósito de medir si existe un aumento de los beneficios que provee la harina de microalgas al aumentar el tiempo de suplementación

Con el fin de medir la transferencia de nutrientes (ácidos grasos poliinsaturados) de los progenitores hacia la progenie, se recomienda realizar pruebas en otros lotes de pollitos, donde las condiciones ambientales, nutricionales y de manejo, sean diferentes a las que se evaluaron para generar una mayor respaldo estadístico y determinar si el impacto positivo se debe a características per se de la harina de microalgas o a la influencia de diferentes parámetros.

Se recomienda la suplementación de harina de microalgas en la nutrición de los pollitos de 1 día de vida hasta los 7 ó 10 días de vida; con el fin de medir de manera directa el impacto de la microalga como aditivo que provee ácidos grasos poliinsaturados.

En el caso de los análisis de calidad de pollito y penetración espermática aumentar el tamaño de la muestra, con el fin de aumentar la representatividad de los datos que se obtuvieron durante la prueba. Se recomienda realizar análisis del perfil de ácidos grasos en los huevos fértiles con el fin de medir la deposición de ácidos grasos de las aves (hembras suplementadas)

LITERATURA CITADA

- ALLTECH Inc. 2016(a). ALL-G RICH Typical Nutrient Analysis. Nicholasville, Kentucky, Estados Unidos
- ALLTECH Inc. 2016(b). Las algas son la base de la cadena alimentaria. Alltech, Nicholasville, Kentucky, Estados Unidos. 24 de Octubre del 2016, <http://es.alltech.com/future-of-farming/algae-the-growth-platform>
- ANTRUJO A.E. 2010. Obtención de huevos de gallinas para consumo de calidad diferenciada, incrementando la proporción de ácidos grasos Omega-3 y reduciendo el contenido de colesterol. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina. 192
- AO T., MACALINTAL M.A., PAUL M.A., PESCATORE J.E., CANTOR H.M., FORD M.J., TIMMONS B., DAWSON K.A. 2015. Effects of supplementing microalgae in laying hen diets on productive performance, fatty-acid profile, and oxidative stability of eggs. *Journal Applied Poultry Research* 24 (3): 394-400
- BARRAGÁN J.I. 2014. La nutrición de las gallinas reproductoras pesadas y su relación con la progenie. Jornada Técnica Internacional de Reproducción y Incubación aviNews 2014. España
- BRAMWELL R., MARKS H., HOWARTH B. 1995. Quantitative determination of spermatozoa penetration of the perivitelline layer of the hens' ovum as assessed on oviposited eggs. *Poultry Science* 74(11):1875-1883.
- CERON M.C. 2013. Producción de microalgas con aplicaciones nutricionales para humanos y animales. Cuadernos de estudios agroalimentarios (CEA05), Universidad de Almería, Barcelona, España.
- CHAVES R. 2011. Servicio Nacional de Salud Animal: Programa nacional de salud aviar. Costa Rica. 7p.
- COBB-VANTRESS. 2013(a). Complemento para el manejo de reproductoras emplumado lento hembras. 15 de junio del 2017, <https://cobb->

guides.s3.amazonaws.com/Cobb500_SF_Breeder_Management_Supplement_V1_ES.pdf.

COBB-VANTRESS. 2013(b). Desarrollo óptimo del pollo de engorde: Una guía práctica para asegurar el correcto desarrollo inicial del pollo. 15 de julio del 2017, http://cobb-vantress.com/languages/guidefiles/055769bb-6a4b-41b7-822e-44a32b85c629_es.pdf

COTO C. 2010. La importancia de las reservas maternas en aves para un exitoso desarrollo de la progenie. ECAG informa. N° 54.

CUERVO M., GÓMEZ C., ROMERO H. 2002. Efecto de la utilización de un suplemento nutricional hidratado en pollos de engorde recién nacidos. Revista Colombiana Ciencia Pecuaria 15 (3): 319-329.

DECUYPERE, E., P.M. HOCKING, K. TONA, O. ONAGBESAN, V. BRUGGEMAN, E.K.M. JONES, S. CASSY, N. RIDEAU, S. METAYER, Y. JEGO, J. PUTTERFLAM, S. TESSERAUD, A. COLLIN, M DUCLOS, J.J. TREVIDY AND J. WILLIAMS. 2006. Broiler breeder paradox: A project report. World's Poultry. Science Journal 62(3): 443-453.

DELLES R. M., AO T., FORD M J., SAMUEL R., XIONG Y. L., PESCATORE J., CANTOR A. H., DAWSON K.A. 2015. Dietary inclusion of docosahexaenoic acid (DHA) rich microalgae meal on oxidative stability and water-holding capacity of broiler thigh meat during storage. International Poultry Scientific Forum Atlanta, USA.

DU PREEZ J.H. 2007. The effect of different incubation temperatures on chick quality. University of Stellenbosch, Stellenbosch, Sudafrica, Africa. 17 de setiembre del 2017, scholar.sun.ac.za/bitstream/handle/...1/.../dupreez_effect_2007.pdf

ELVIRA S. 2015. Ácidos grasos poliinsaturados omega-3. Efectos antiinflamatorios. 13 de Julio del 2016, <http://santelvgar.blogspot.com/2015/05/propiedades-antiinflamatorias-de-acidos.html>.

- FENG Y., DING Y., LIU J., TIAN Y., YANG Y., GUAN S., ZHANG C. 2015. Effects dietary omega -3/ omega-6 fatty acid ration on reproduction in the young breeder roosters. BMC Veterinary Research 11(73): 1-7.
- FRATTI R.2015. Cada costarricense consume 27 kilos de pollo y 13 kilos de huevos al año. 22 de julio, 2017, <https://revistaproagro.com/cada-costarricense-consume-27-kilos-de-pollo-y-13-kilos-de-huevos-al-ano/>
- GROBAS S., MATEOS G.G. 1996. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. XII Curso de especialización FEDNA
- HALLE I., JANCZYK P., FREYER G., SOUFFRANT W.B. 2009. Effect of microalgae *Chlorella vulgaris* on laying hen performance. Archiva Zootechnica 12 (2):5-13.
- HERNÁNDEZ A., LABEÉ J.I. 2014. Microalgas, cultivo y beneficio. Revista de Biología Marina y Oceanografía 49 (2): 157-173.
- ISA Poultry.2010. Guía general de manejo de reproductores para puesta. Hendrics Genetics, Boxmeer, Holanda. 26 de julio del 2016 <http://www.isapoultry.com/~media/Files/ISA/Different%20languages/Spanish/Products/PS/ISA/Guia%20general%20de%20reproductores%20ISA%20brown.pdf>.
- LAFARGA T. 2012. Aspectos prácticos de la producción de microalgas: Objetivos y necesidades. Tesis de maestría, Universidad Almería, Almería, España. 30 p.
- CORONADO M., VEGA S., GUTIÉRREZ R., GARCÍA B., DÍAZ G. 2006. Los ácidos grasos Omega- 3 y Omega- 6: Nutrición, Bioquímica y Salud. REB 25(3): 72-79.
- LOZANO C.A.2011. Nuevas opciones en reproducción de estirpes pesadas. DSM Nutricional Products, Ecuador. 20 de junio de 2016, http://amevea-ecuador.org/web_antigua/memorias2011/pdf/NUEVAS%20OPCIONES%20EN%20REPRODUCCION%20DE%20ESTIRPES%20PESADAS.pdf

- LUM K.K., LEI X.G. 2013. Dual potential of microalgae as a sustainable biofuel feedstock and animal feed. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 53 (4):1-7
- MACALINTAL L.M., AO T., PESCATORE A.J., CANTOR A.H., FOR M.J., KING W.D., DAWSON K.A. 2015. Effects of dietary All-G-Rich™ and EconomasE® on semen quality of broiler breeder roosters. Alltech-University of Kentucky Nutrition Research Alliance, Lexington, Kentucky.
- MARIEY Y. A., SAMAK H R., IBRAHEM M.A. 2015. Effect of using spirulina platensis algae as a feed additive for poultry diets: 1- productive and reproductive performances of local laying hens. *Egypt Poultry Science* 32(1): 201-215
- MATA T.M., MARTINS A.A., CAETANO N.S. 2009. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. *Renew Sustainable Energy Reviews* 14: 217-232.
- OLUBOWALW O.S., GREYLING J.P.C., DE WITT F.F., HUGO A., RAITO M B. 2014. Effects of dietary lipid sources on the semen quality of Hy-Line Silver- Brown Cockerels. *Journal of Animal y Plant Sciences* 24 (4): 991-997
- PÉREZ A. 2013. Influencia de factores nutricionales y de manejo sobre la productividad y la calidad del huevo en gallinas ponedoras rubias. Congreso científico de avicultura, Cedillo del condado, Toledo, España. 28 de julio del 2016, http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/adriano_perez_bonilla.pdf
- QUINTANA J.N. 2001. Efecto de la proteína cruda, energía metabolizable y consumo de alimento sobre la productividad, incubabilidad, contenido de lípidos en suero, huevo hormonas sexuales de gallinas reproductoras pesadas. Tesis de doctorado. Universidad de Colima, Colima, México. 147 p.
- 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, Bogota, Colombia. 26 de julio del 2016, <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/6695/13982002.pdf?sequence=1>.

- RICHMOND A. 2004. Handbook of Microalgae Culture: Biotechnology and Phycology. Blackwell Science 513-524 pp
- RISSO A., PELLEGRINO F.J., RELING A., CORRADA Y. 2014. Uso de ácidos grasos esenciales para mejorar parámetros reproductivos en el macho. Revista Analecta Veterinaria 34(1-2): 33-41.
- RODRÍGUEZ P.S. 2014. Práctica dirigida en la empresa DIP-CMI (División industria Pecuaria-Corporación Multi Inversiones) Costa Rica, en el área de gallinas reproductoras pesadas. Práctica de licenciatura, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica 3 p.
- ROSS E., DOMINY W.1990. The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina platensis*) for poultry. Poultry Science 69 (5): 794-800.
- ŞAHAN U., IPEK A., SOZCU A. 2014. Yolk sac fatty acid composition, yolk absorption, embryo development, and chick quality during incubation in eggs from young and old broiler breeders.
- SALAS C. 2013. Energía metabolizable en reproductoras pesadas: Factores que afectan los requerimientos. Nutrición Animal Tropical 7(1): 51-69.
- SARABIA J. 2005. Desarrollo sexual del macho reproductor pesado. Técnicas de manejo para mejorar la fertilidad.
- SILVA M.A. 2013. Nutrición de reproductoras pesadas. Asociación de Especialistas en Ciencias Avícolas del Centro de México A.C, San Juan del Rio, Querétaro, México. 9 de Julio del 2016, <http://www.avem.mx/memorias2013.pdf>.
- SKUKLA M., WATTAL D. 2013. Biotechnological Potentials of Microalgae: Past and present Scenario. Centre for Conservation and Utilisation of Blue Green Algae, Agricultural Research Institute, Nueva Delhi, India. 06 de Junio del 2016, <http://www.scitechnol.com/peer-review/biotechnological-potentials-of-microalgae-past-and-present-scenario-xZoV.pdf>

VACA L. 2003. Producción Avícola. EUNED. San José, Costa Rica. 260p.

WEATHERLY M. E. 2015. Algae or yeast supplementation for lactating dairy cows. Tesis de maestría, Universidad de Kentucky, Kentucky, Estados Unidos

YADGARY L., CAHANER A., KEDAR O., UNI Z. 2010. Yolk sac nutrient composition and fat uptake in late-term embryonic eggs from young and old broiler breeder hens. Poultry science 89(11): 2441-2452.