

HARINA DE CEFALOTÓRAX DE CAMARÓN EN RACIONES PARA GALLINAS PONEDORAS: EFECTOS EN EL HUEVO¹

Alejandro Chacón-Villalobos², Catalina Salas-Durán³, Laura Zamora-Sánchez⁴

RESUMEN

Harina de cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras: efectos en el huevo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la harina de cefalotórax de camarón *Pleuroncodes planipes* (HC) en dietas de gallinas ponedoras sobre la calidad del huevo y el color de la yema. Entre abril y septiembre de 2013, en San José, Costa Rica, se evaluaron cuatro porcentajes de inclusión de HC (0%, 5%, 10%, 15%) en raciones para 140 gallinas Hy-Line Brown (35 por tratamiento). No existieron diferencias significativas en unidades Haugh (M=90), índice de yema (M=0,41) y pH (M=6,2). El menor grosor de cáscara fue para 15% HC (0,44 mm; p<0,05). El índice morfológico exhibió diferencias significativas (p<0,05) entre 15% HC (77,04%) y 0% HC (76,23%). El peso mostró diferencias (p<0,05) entre 5% HC (62,76 g) y 10% HC (61,43 g). El color de yema según escala Roche fue mayor para 15% HC (14; p<0,05). No existieron diferencias en los parámetros de color L*(M= 61,59), b* (M= 57,58) y C* (M= 62,60). El parámetro a* fue significativamente más alto (p<0,05) para 15% HC (29,34). El parámetro °h fue mayor (p<0,05) para 0% HC (M=72,4) al igual que lo fue el agrado por el color de la yema (M=7,4) (p<0,05). El agrado del sabor generó tres conglomerados: 40% de las personas prefirió 0% HC, 27% prefirió 15% HC y un 33% fue indiferente. Los resultados revelaron que las inclusiones de HC se asocian con un agrado aceptable del huevo, implicando un posible mercado para producirlos bajo inclusión de entre 10% y 15% HC.

Palabras claves: calidad de huevo, color de yema, alimentación animal, avicultura, manejo de desechos.

ABSTRACT

Shrimp cephalothorax meal in laying hen diets: effects on egg. The aim of this study was to evaluate the effect of shrimp cephalothorax meal *Pleuroncodes planipes* (HC) in laying hen diets over egg quality and yolk color. From April to September 2013 in San José Costa Rica, four inclusion levels of meal were evaluated (0% HC, 5% HC, 10% HC, 15% HC) in rations for 140 Hy-Line Brown hens (35 per treatment). There were no significant differences (p>0.05) for Haugh units (M= 90), yolk index (M= 0.41), and pH (M= 6.2). The lowest shell thickness was for 15% HC (M= 0.44 mm) (p<0.05). The morphological index differed (p<0.05) between 15 % HC (M = 77.04%) and 0% HC (M = 76.23%). Weight was different (p<0.05) for 5% HC (M= 62.76 g) and 10% HC (61.43 g). Roche color value was higher (p<0.05) for 15% HC (M= 14). There were no differences (p>0.05) among color parameters L* (M= 61.59), b* (M= 57.58) and C* (M = 62.60). The parameter a* was significantly higher (M=72,4) (p<0.05) for 15% HC (M= 29.34). The °h parameter was higher for 0% HC (p<0.05) (M=72.39), and liking for the color of yolk (M= 7.4) was higher as well (p<0.05). Flavor liking generated three clusters: 40% of people preferred 0% HC, 27% preferred 15% HC, and 33% were indifferent. The results show that the inclusions of HC are associated with an acceptable liking of egg, generating a possible market to produce them with inclusions among 10% and 15% HC.

Keywords: egg quality, yolk colour, animal feed, aviculture, waste management.

¹ Recibido: 22 abril, 2015. Aceptado: 25 de junio, 2015. Este trabajo formó parte de la tesis de grado del tercer autor. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Zootecnia. San José, Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. alejandro.chacon@ucr.ac.cr

³ Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Zootecnia. San José, Costa Rica. catalina.salas@ucr.ac.cr

⁴ Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA). Ciudad Quesada, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. lizamora@corfoga.org



INTRODUCCIÓN

El huevo es un componente importante en la dieta de los costarricenses; hasta un 96,9% de los hogares lo consumen regularmente (Monge, 2001). El incremento anual en el consumo de huevos es una tendencia mundial, especialmente en los países en vías de desarrollo (FAO, 2009). En los últimos veinticinco años se ha dado un incremento de un 100% en la producción mundial del huevo, proyectándose una obtención de 70 millones de toneladas para el año 2015 (Aho, 2013). México destaca como el mayor consumidor de huevos a nivel mundial (21,9 kg/ per cápita), ocupando el sexto como productor más importante en el mundo (108,5 millones de cajas/año) (UNA, 2014), así como primer lugar en producción para el año 2013 a nivel de Latinoamérica (Gobierno de México, 2001; Evans, 2015).

El huevo representa una importante opción dentro de dietas humanas balanceadas y dinámicas, dado su importante contenido en proteínas, minerales, vitaminas y ácidos grasos (Ortega, 2014). Para el consumidor, más allá de lo nutricional, es también importante la calidad aparente del huevo, en la que destacan aspectos como el tamaño, frescura, limpieza y color de la yema (Monge, 2001); siendo este último aspecto la primera característica notable al romperse el cascarón (Aro et al., 2009).

El color usualmente se considera como el atributo más importante de la apariencia de cualquier alimento, sobre todo si se asocia con los otros aspectos de la calidad (Mac Dougall, 2002). Para el caso particular del huevo, una gran mayoría de las personas consideran la coloración de la yema como un predictor del potencial aporte nutricional (Aro et al., 2009), especialmente cuando la yema es intensa en tonos amarillos y anaranjados (Monge, 2001). La coloración está en función del tipo y proporción de pigmentos liposolubles que se aporten en la dieta de la gallina ponedora, dado que las aves son incapaces de sintetizarlos por sí mismas (Galobart et al., 2004; Lokaewmanee et al., 2009).

En el mercado actual, si bien existen pigmentantes artificiales que pueden utilizarse con la intención de mejorar la coloración de la yema del huevo, se dan tendencias y hábitos de consumo más orientados a opciones naturales (Delgado et al., 2000; Lokaewmanee et al., 2009). Como respuesta a estas

nuevas preferencias de consumo, la investigación de nuevas aplicaciones para pigmentos naturales en la industria se convierte en una prioridad (Baiao et al., 1999), especialmente en un momento donde los pigmentos artificiales se encuentran, cada vez más, sujetos a controles rigurosos (Carranco et al., 2003).

Como fuentes de pigmentos naturales para generar una coloración en la yema de huevo se encuentran los carotenoides, los cuales pueden localizarse, entre otras fuentes, en los desechos de cefalotórax de camarón, principalmente en forma de astaxantina (Chavarría, 1993; Carmona, 2004). Chavarría (1993) encontró que dietas con un 10% de harina de cefalotórax de camarón generaban coloraciones de yema equivalentes a catorce en el abanico de Roche, en contraste con una dieta control que contenía 25 mg/kg de Carophyll Rojo®, y que generaba una coloración de once.

El procesamiento de los desechos de camarón en la forma de harinas podría representar no solo una estrategia para el aprovechamiento de los pigmentos que contiene, sino que adicionalmente implicaría un beneficio económico para las industrias camaroneras (Carmona, 2004; Moreno, 2010). Las gallinas ponedoras podrían constituir un grupo de monogástricos cuyas dietas podrían incluir harina de cefalotórax de camarón, dado que la literatura no señala que esto influya negativamente en las variables productivas de las aves (producción de huevo, peso del huevo, conversión alimentaria, consumo de alimento por ave, etc.) (Cruz et al., 1993; Carranco et al., 2011b; Cedeño, 2013; Salas et al., 2015). De hecho, esta harina vendría a complementar las raciones basadas en granos, ya que son ricas en minerales, vitaminas, proteína de alta calidad, pigmentos y quitina (Chavarría, 1993).

El proceso de elaboración de la harina de cefalotórax de camarón, tal y como ha sido descrito por Andrade et al. (2007) y Chávez et al. (2010), involucra una cocción a 95 °C durante diez minutos y una molienda preliminar de la materia prima hasta generar una pasta de alta humedad, la que después de ser sometida a un proceso de secado a 65 °C -100 °C es molida nuevamente hasta un tamaño promedio de partícula de 300 µm. En Costa Rica ha sido poco estudiada la opción de utilizar harina de subproductos de camarón en la alimentación avícola, especialmente en términos de su potencial como colorante frente a los costosos productos sintéticos importados, a

pesar de existir muchos estudios que dan fe de esta posibilidad técnica (Chavarría, 1993; Gernat, 2001; Carranco, 2002; Carranco et al., 2011b). En el caso de los camarones, solo la cola posee valor comercial en el país, por lo que el cefalotórax representa un desecho que constituye entre un 30-48 % del peso total (Pan, 1990). Los remanentes resultantes usualmente no se aprovechan y suelen transformarse en un desecho (Carmona, 2004). Es por ello que la elaboración de harinas de cefalotórax de camarón con la intención de utilizarlas en alimentación animal abre posibilidades económicas y nutricionales, ya que estas pueden utilizarse como posible sustituto parcial o total de las fuentes convencionales de proteínas (Gernat, 2001), y para el aprovechamiento colateral de los pigmentos en la coloración de la yema del huevo (Carranco et al., 2011a), ambas opciones poco evaluadas en Costa Rica.

La inclusión de la harina de cefalotórax de camarón podría presentar otros efectos además de la variación de la coloración de la yema, dada la naturaleza de la modificación nutricional introducida en las aves. Por ello resulta conveniente, que además de evaluar los aspectos morfológicos y físicos del huevo, se realice la evaluación del agrado sensorial, debido a que esta característica puede influir en la decisión de compra (Carranco, 2011a). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la harina de cefalotórax de camarón en la dieta de gallinas ponedoras sobre la calidad del huevo y el color de la yema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se efectuó entre abril y septiembre del año 2013 en Costa Rica. La harina de cefalotórax de camarón se obtuvo del procesamiento efectuado por la planta harinera de la empresa Alimentos Pro Salud S.A., localizada en la comunidad del Roble de la provincia de Puntarenas. El ensayo biológico con gallinas ponedoras se llevó a cabo en la Granja Avícola Piedras Negras, localizada en Piedras Negras de Mora, provincia de San José. Los análisis instrumentales y sensoriales del huevo se realizaron en los laboratorios de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, ubicados en San Pedro de Motes de Oca, San José.

Ensayo biológico con gallinas ponedoras

Para suplementar las dietas de las gallinas ponedoras se empleó una harina elaborada a partir de cefalotórax y de exoesqueletos de camarón de la especie *Pleuroncodes planipes*, conocida en el argot popular como “langostilla”. La misma fue hecha según los procesos estandarizados de la empresa Alimentos Pro Salud S.A. descritos por Zamora (2013). La harina resultante presentó contenidos estimados de 11,3% de humedad, 11,0% de extracto etéreo, 40,7% de proteína cruda, 27,5% de cenizas, 9,0% de calcio, 2,7% de fósforo, 7% de fibra cruda, así como una digestibilidad por pepsina de 84,3%, un tamaño de partícula de 256,31 μm y un pH de 8,3 (Salas et al., 2015). Asimismo, se le atribuyen a este tipo de harina contenidos de hasta 10,9 mg/100g de astaxantina total (Carranco et al., 2011a).

Para el estudio se utilizaron 140 gallinas de la línea Hy-Line variedad Brown, con una edad de cuarenta semanas. Estas se distribuyeron equitativamente en cuatro tratamientos, uno con una dieta control sin inclusión de harina de cefalotórax de camarón y con adición de 0,002% de colorante Lucatin rojo. Los demás tratamientos consistieron en otras tres dietas con niveles crecientes de inclusión de la harina (5%, 10% y 15%) y sin colorante artificial alguno (Cuadro 1).

Las aves se dispusieron en baterías de jaulas de tres niveles a razón de siete animales por jaula. En total se utilizaron veinte jaulas (unidades experimentales), de manera que cada tratamiento contó con cinco repeticiones asignadas completamente al azar.

Las dietas se mantuvieron isocalóricas e isoprotéicas (18% proteína cruda y 2850 kcal); se formularon de acuerdo con los requerimientos nutricionales de la línea genética de las aves, según lo sugerido por la Guía de Manejo Comercial para la línea genética Hy-Line variedad Brown (2009-2011) (ISA Hendrix Genetics Company, 2009). La formulación se efectuó con proteína ideal y aminoácidos digestibles para un consumo de 105 g/ave. En las dietas con inclusión de harina de cefalotórax de camarón fue necesario adicionar fosfato monocálcico, debido a que esta contenía menor cantidad de fósforo en comparación con la harina de carne y hueso que fue el ingrediente que se reemplazó. El periodo del ensayo biológico fue de cuatro semanas, donde el agua y el alimento se ofrecieron *ad libitum*.

Cuadro 1. Formulaciones de las raciones experimentales usadas para alimentar las gallinas ponedoras comerciales línea Hy-Line Brown. San José, Costa Rica. 2015.

Table 1. Formulations of the experimental diets used to feed commercial Hy-Line Brown laying hens. San José, Costa Rica. 2015.

Ingredientes (%)	Control	5% HC	10% HC	15% HC
Maíz	58,10	55,02	56,84	57,68
Soya 47%	20,11	23,19	17,45	13,34
Carbonato de calcio	8,76	8,93	7,88	7,05
Harina de camarón	-	5,00	10,00	15,00
Harina de carne	5,98	0,08	0,76	0,15
Acemite de trigo	3,91	3,74	4,00	4,00
Aceite de soya	1,96	2,05	1,30	1,00
Fosfato monocálcico	-	0,86	0,53	0,43
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40
Secuestrante de micotoxinas	0,27	0,27	0,27	0,27
Metionina	0,23	0,23	0,24	0,27
Lisina	0,11	0,07	0,13	0,18
Premezcla de vitaminas y minerales	0,10	0,10	0,10	0,10
Colina 60%	0,05	0,05	0,05	0,05
Treonina	0,02	0,01	0,05	0,08
Lucantin rojo	0,002	-	-	-
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

HC= Harina de camarón / HC= Shrimp meal.

Evaluaciones instrumentales del huevo

Para efecto de las evaluaciones instrumentales, durante el periodo experimental se recolectaron aleatoriamente ochenta huevos en total. El muestreo se realizó una vez por semana, para lo cual se tomó un huevo por repetición al azar para un total de cinco por tratamiento.

Los huevos se pesaron en una balanza granataria electrónica portátil, modelo BHK-5000, con una mínima detección de 1 g y capacidad máxima de 5000 g. Se les midió el índice morfológico definido por la relación entre la anchura y la longitud del huevo multiplicada por 100. Se empleó para este fin un micrómetro digital modelo me1072, con capacidad resolutive de 0,01 mm.

Se empleó este mismo aparato, una vez quebrados los huevos, para determinar la altura de la clara densa del huevo (h), de manera que, en conjunción con los datos del peso del huevo (w), se pudiesen estimar las unidades Haugh (UH) por medio de un cálculo matemático (Zamora, 2013). A las cáscaras resultantes, después de quebrar los huevos, se les determinó el grosor en la zona central aledaña al punto de ruptura, utilizando un micrómetro digital modelo IP54 con capacidad resolutive de 0,001 mm.

Para establecer la existencia de diferencias entre tratamientos, se empleó un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95%, utilizando el programa JMP de SAS versión 9.0.2 (SAS Institute, 2010). Pruebas *post hoc* de Bonferroni se efectuaron para establecer la naturaleza de la diferencia entre medias, según recomienda Mongay (2002) para el tamaño de muestra utilizado. Cuando fue pertinente, según la tendencia de los datos, se efectuaron evaluaciones de correlación empleando la Rho de Spearman (Haber y Runyon, 1973).

El color aparente de la yema se determinó de manera cualitativa al emplear el abanico colorimétrico de DSM (abanico de Roche). Este contempla una clasificación en quince categorías diferentes según la intensidad del color de la yema, desde el amarillo pálido hasta el naranja intenso. Los resultados se evaluaron con una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para evidenciar diferencias significativas entre tratamientos, reportándose la mediana, la media y la desviación estándar.

Se midió instrumentalmente el color de la yema para cinco unidades muestrales por tratamiento. Se utilizó un colorímetro HunterLab modelo ColorFlex, para un ángulo del observador de 10°, iluminante D65 y geometría 45°/0°, empleando la escala cartesiana de CIELab y la polar CIELCh. La calibración del equipo se realizó con patrones blanco y negro, mientras que la verificación se hizo con un patrón color verde (HunterLab, 2013).

Para estos mismos huevos se estableció el pH de la yema, empleando un pH-metro modelo 827 pH lab; este se calibró antes de su uso con disoluciones amortiguadoras de pH 4,01 y pH 7,00.

La medición colorimétrica se denotó como un vector tridimensional en un marco de referencia donde el eje perpendicular denotó la luminosidad (L^*), mientras que los ejes en el plano, a^* y b^* ,

fueron las coordenadas oponentes que representaron los componentes cromáticos rojo/verde y amarillo/azul, respectivamente. El componente a^* va de verde (valores negativos) a rojo (valores positivos), mientras que el b^* va de azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos) (MacDougall, 2002). La intensidad del color (saturación) se estableció por medio del parámetro Chroma (C^*) que oscila entre valores de 0 a 100 (Lauro et al., 2005). El matiz o tono ($^{\circ}h$) correspondió al ángulo de giro derivado de los valores a^* y b^* , dónde un ángulo de 0° representan el color rojo, 90° corresponde al color amarillo, 180° al verde y 270° al azul (Brenes, 2010; Cordero, 2010).

Evaluaciones sensoriales

Se preparó un panel sensorial de agrado que contempló la participación de 101 comensales adultos consumidores habituales de huevo. Se utilizaron huevos de once días de edad almacenados a temperatura ambiente. Alrededor de veinte huevos por cada uno de los tratamientos se prepararon en forma de tortas individuales previo batido para homogenizar. Estas tortas circulares fueron divididas en cuatro segmentos triangulares homogéneos, de manera que pudiesen obtenerse suficientes secciones de cada tratamiento para presentar a los comensales. La presentación se hizo en un orden aleatorizado y siguiendo los procedimientos de evaluación sensorial señalados por Sancho et al. (1999) y Anzaldúa (1994). Se utilizó la escala híbrida descrita por Villanueva et al. (2005). Siguiendo la misma metodología se presentó a los panelistas, en un orden aleatorio, una muestra de un huevo crudo de cada tratamiento quebrado al momento de la evaluación, de manera que pudiesen manifestar el agrado por el color de la yema.

Para las pruebas de agrado se utilizó un diseño irrestricto aleatorio con cuatro tratamientos. Cuando no se estableció una diferencia de medias en la población general, se realizó un análisis de conglomerados en función del agrado con el método de aglomeración de Ward en el programa SAS 9.1 (SAS Institute, 2008), esto con la finalidad de encontrar subgrupos con agrado similar. Posteriormente, con los jueces anidados por conglomerados, se realizó un análisis de varianza con el programa JMP SAS versión 9.0.2 (SAS Institute, 2010), con el objetivo de encontrar diferencias significativas en el agrado de los diferentes tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones instrumentales del huevo

Evaluaciones morfológicas

Para el grosor de cáscara, se observó como en todos los casos los valores medios superaron el valor de 0,35 mm establecidos por la literatura como adecuado (Periago, 2012), por lo que la inclusión de harina de cefalotórax de camarón no generó inconformidades en este parámetro para ninguno de los niveles evaluados (Cuadro 2). Esto implica que para este parámetro, no se puede evidenciar un efecto negativo de la suplementación de harina de camarón en la dieta. Existió diferencia significativa ($p < 0,05$) en el grosor de la cáscara entre el grupo control y el suplementado al 15% con harina de cefalotórax de camarón, siendo el control en promedio 0,05 mm más grueso. De igual manera, se considera que esta diferencia no tiene implicaciones en la calidad del huevo, pues el grosor de la cáscara fue en todos los casos el apropiado para garantizar la integridad de este en el transporte y las adecuadas tasas de intercambio gaseoso en almacenamiento (Instituto de Estudios del Huevo, 2003).

No existió efecto de la edad de las aves sobre el grosor de la cáscara del huevo, esto debido a que en este estudio se utilizó una edad específica de la gallina (cuarenta semanas); además, la literatura reporta que los extremos de edad se asocia con cáscaras más delgadas siendo entre 33 y 54 semanas lo ideal (Abanikannda y Leigh, 2012), y que las condiciones de manejo zootécnico fueron estandarizadas (Periago, 2012); es por ello que se tuvo por supuesto que dos de las principales fuentes de variación en el grosor de la cáscara (edad del ave y ambiente) no tuvieron incidencia en las variaciones observadas. Por lo tanto, es factible que las diferencias observadas deriven del contenido de minerales de las dietas y su metabolismo subsecuente (Carranco, 2002). Al estimar estadísticamente la Rho de Spearman, existió una correlación decreciente significativa ($p < 0,05$) del grosor de la cáscara del huevo a medida que aumentó el nivel de inclusión de harina de cefalotórax de camarón en la dieta de las gallinas; sin embargo, la misma no fue de una magnitud tal que revistiera alguna importancia práctica (coeficiente de correlación

Cuadro 2. Parámetros de calidad evaluados en huevos provenientes de gallinas Hy-Line Brown alimentadas con diferentes grados de inclusión de harina de cefalotórax de *Pleuroncodes planipes* en sus dietas. San José, Costa Rica. 2015.

Table 2. Quality parameters evaluated for eggs from Hy-Line Brown hens fed with different degrees of inclusion of a *Pleuroncodes planipes* carapace meal in their diets. San José, Costa Rica. 2015.

Parámetro	Promedios			
	0% HC	5% HC	10% HC	15% HC
Grosor de cáscara (mm)	0,49 a	0,47 ab	0,47 ab	0,44 b
Peso (g)	61,68 ab	62,76 a	61,43 b	61,51 ab
Unidades Haugh	89,86	88,65	89,87	91,61
Índice morfológico (%)	76,23 ab	74,81 abc	75,75 abc	77,04 bc
Índice de yema	0,41	0,40	0,42	0,41
pH de la yema	6,11	6,18	6,04	6,29

HC: harina de cefalotórax de camarón. Letras diferentes en cada fila denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) / HC: shrimp meal. In the same row, means with different letter are significantly different ($p \leq 0,05$).

de -0,22). Si bien es cierto, el grosor de la cáscara puede verse afectado por la posición del huevo en la serie ovular, en estirpes de aves modernas la duración de las secuencias tiende a ser de entre quince y diecinueve días (Riczu et al. 2004), por lo que no se esperó un efecto importante durante el periodo de este estudio (cuatro semanas), pudiéndose presentar como máximo dos secuencias.

El peso medio de los huevos, indistintamente del tratamiento, se ubicó en el intervalo de 53 g - 63 g (Cuadro 2), lo cual permitió clasificarlos como huevos de tamaño mediano según los estándares de la literatura (Organización de Profesionales del Huevo y sus Productos, 2014). El análisis estadístico mostró una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre la media de los pesos para los tratamientos con 5% y 10% de inclusión de harina de cefalotórax de camarón, con una tendencia a un mayor peso medio en el primero. Esta diferencia representó solo un 2,1% de masa promedio en los huevos del tratamiento al 5% comparativamente con el de 10% (alrededor de 1,3 g). La diferencia no pareció seguir un patrón asociado al incremento del grado de inclusión, pues esta no se evidenció al comparar el tratamiento al 5% con el control y con el de inclusión al 15%. Estudios análogos no lograron establecer algún efecto significativo en el peso del huevo al emplear harinas de crustáceos en las dietas para diferentes niveles de formulación (Gernat, 2001; Carranco et al., 2011b).

En todos los casos, ninguno de los pesos obtenidos en los diferentes tratamientos puede clasificarse como comparativamente anormal, por lo cual es importante considerar que el uso de harina de cefalotórax de camarón no conduce a variaciones de una magnitud tal que las haga indeseables en términos de su efecto sobre este parámetro. Dadas las ligeras diferencias encontradas, es recomendable futuros estudios longitudinales más prolongados con el fin de caracterizar con mayor detalle el posible efecto asociado a un mayor peso de huevo.

Los valores obtenidos para las unidades Haugh de los huevos provenientes de los diferentes tratamientos tuvieron en general un valor cercano a 90. Esto denotó que todos fueron de una excelente calidad (Periago, 2012). Entre los tratamientos no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$), lo que indica que la inclusión de harina de cefalotórax de camarón a todos los niveles no afectó la consistencia interna del huevo en términos de la calidad esperada, lo cual coincide con lo reportado en literatura (Carranco, 2002). Es recomendable que en estudios subsecuentes de almacenamiento se evalúen las unidades Haugh de manera longitudinal en el tiempo, dada la tendencia a disminuir que este parámetro presenta al avanzar el periodo de almacenaje.

El índice morfológico es un importante indicador de la geometría del huevo y, por ende, de

la sobrevivencia de este durante el trasiego (Periago, 2012). Un huevo con las dimensiones apropiadas es requerido no solamente por la percepción visual que de ello deriva, sino también porque garantiza una adecuada viabilidad al enfrentar los rigores del empaque, la distribución y la venta (Navarro, 2000). Índices mayores a 76% empiezan a ser propios de huevos muy esféricos que ofrecen dificultad para ser introducidos en los empaques preformados, mientras que valores inferiores a 76% son propios de huevos que tienden a ser alargados y que son más susceptibles a daños mecánicos (Periago, 2012). El índice morfológico puede ser tolerable hasta un mínimo de 65% y de un máximo de 82% (Jara, 2011). Considerando esta información, puede decirse que los valores de índice morfológico obtenidos para los diferentes tratamientos (Cuadro 2) rondan en torno a un valor cercano a 74-77, lo que es considerado como apropiado (Navarro, 2000), por lo cual no fue posible afirmar que la inclusión de harina de cefalotórax de camarón en las dietas, para los niveles estudiados, se asocie con algún efecto adverso sobre el índice morfológico. Solamente fue posible establecer una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los índices morfológicos promedio de los huevos de los tratamientos del grupo control con aquellos provenientes del tratamiento con 15% de harina de cefalotórax de camarón, tendiendo estos a ser más esféricos. No obstante, cuando se observa que esta diferencia media es de menos de un 1%, y se contrasta con la magnitud del intervalo de aceptabilidad, es apropiado concluir que la misma no ostenta una importancia práctica. Tampoco fue posible establecer alguna correlación entre el índice morfológico y el grado de sustitución de la harina ($p > 0,05$).

Al comparar los resultados obtenidos para el índice de yema (Cuadro 2), no fue posible establecer la existencia de diferencias significativas ($p > 0,05$) atribuibles al grado de inclusión de harina de cefalotórax de camarón. Al considerar que el valor ideal del índice de yema ronda valores medios de 0,42 (Estrada et al., 2010), se estableció que los valores medios de los diferentes tratamientos se acercaron a dicho valor, por lo cual no fue posible establecer un efecto negativo sobre la calidad aparente del huevo derivado de la inclusión de harina de cefalotórax de camarón en la dieta de gallinas ponedoras para ninguno de los porcentajes sometidos a estudio.

De acuerdo con los resultados obtenidos para las unidades Haugh y para el índice de yema, quedó claro que los tratamientos cumplieron con lo esperado para huevos con la frescura que se manejó; al mismo tiempo se concluyó que la alimentación con harina de cefalotórax de camarón no afectó, aparentemente, a las asociaciones proteicas causantes de la viscoelasticidad del huevo. Por ello, no fue posible afirmar que las sustituciones afectasen la consistencia del huevo y sus posibles aplicaciones en la industria alimentaria.

En el caso del pH de la yema tampoco se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos, estando todos los valores cercanos a 6, lo cual concuerda con el pH normal esperado del huevo reportado por Periago (2012).

Evaluaciones colorimétricas

Los resultados de color señalaron que los huevos del tratamiento control, y los provenientes de inclusiones al 5% y 10% presentaron valores característicos de 11-12 en la escala de Roche, mientras que para el tratamiento con inclusión al 15% se lograron valores aparentes que rondan un valor de 14 (Cuadro 3). Lo anterior es concordante con lo encontrado por Chavarría (1993) para dietas con un 10% de harina de cefalotórax de camarón (valores de 14) y dietas control sin la harina (valores de 11). Los huevos del tratamiento con inclusión al 15% fueron percibidos como poseedores de un color naranja más intenso y claramente diferenciado respecto a los demás tratamientos ($p < 0,05$), los que a su vez no fueron percibidos entre sí como diferentes ($p > 0,05$), aunque los datos sugirieron una tendencia hacia el color naranja a medida que aumentó el grado de inclusión. El viraje de la coloración hacia tonalidades más naranja se atribuye a los carotenoides presentes en la harina de cefalotórax de camarón (Arce, 1991), y concuerda con lo encontrado por Gernat (2001) y Carranco (2002).

Los resultados obtenidos para la evaluación colorimétrica instrumental mostraron que para todos los casos, los valores de a^* y b^* fueron positivos, lo que es señal clara de que el color obtenido en los diferentes casos de estudio derivó de una composición de tonos amarillos y rojos; también fue posible notar que el componente amarillo del color fue considerablemente mayor al componente rojizo si se comparan las magnitudes de a^* y b^* para todos los casos (Cuadro 4).

Cuadro 3. Valores cualitativos obtenidos para el color aparente de la yema según el abanico colorimétrico de Roche de gallinas Hy-Line Brown alimentadas con harina de cefalotórax de camarón. San José, Costa Rica. 2015.

Table 3. Qualitative values obtained for the apparent color of the yolk of eggs from Hy-Line Brown hens supplemented with different levels of inclusion of shrimp carapace meal according to the Roche colour fan. San José, Costa Rica. 2015.

Medida de tendencia central	Estimación de color en la escala de Roche			
	0% HC	5% HC	10% HC	15% HC
Moda	11	11	12	14
Mediana	11	11	11,5	14
Desviación estándar	1,05	0,99	1,50	1,69

HC: harina de camarón / HC: shrimp meal.

Cuadro 4. Componentes cromáticos del color para las yemas de huevos procedentes de las gallinas Hy-Line Brown suplementadas con diferentes niveles de inclusión de harina de cefalotórax de camarón. San José, Costa Rica. 2015.

Table 4. Chromatic components for egg yolks from Hy-Line Brown hens supplemented with different levels of inclusion of shrimp carapace meal. San José, Costa Rica. 2015.

Tratamiento	Promedios				
	L*	a*	b*	^o h	C*
Control	63,00	24,18 b	55,94	72,39 a	65,42
5% HC	62,74	19,82 c	62,32	67,41b	61,05
10% HC	60,95	23,39bc	56,36	62,12 c	62,98
15% HC	59,66	29,34 a	55,69	66,56 b	60,97

HC: harina de camarón. Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) / HC: shrimp carapace meal. In the same column, treatment means with different letter are significantly different ($p \leq 0,05$).

Se pudo observar que para el parámetro luminosidad (L^*) no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), aunque hubo una tendencia a que conforme aumentó la inclusión de harina de cefalotórax de camarón, disminuyó levemente la luminosidad. Al considerar que la probabilidad asociada a la prueba de medias fue muy cercana a 0,05, se estimó estadísticamente la Rho de Spearman para la asociación entre luminosidad y el grado de inclusión, evidenciándose una correlación negativa que indicó que la luminosidad disminuyó al aumentar el grado de inclusión ($p < 0,05$; coeficiente de correlación de -0,58).

La intensidad del color (C^*) no presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$), por lo cual no fue posible afirmar que se lograran obtener

colores de diferente saturación para alguno de los casos de estudio. Se tuvo que los colores en todos los casos fueron de una intensidad de moderada a alta (60 a 66), por lo que no se detectaron coloraciones pálidas en ninguno de los tratamientos. Al tener el ser humano más sensibilidad a la intensidad de color que a la luminosidad (Pereira, 2010), y dadas las sutiles diferencias encontradas para este último parámetro, es posible especular que no existieron diferencias perceptibles al ojo para L^* y C^* .

En términos del componente cromático b^* , la inexistencia de diferencias significativas ($p > 0,05$), sumada a los valores positivos, indicaron que entre los tratamientos se mantuvo una tonalidad de amarillo equiparable, lo cual de manera indirecta sugirió que

los pigmentos responsables de estas tonalidades particulares no fueron sujetos de variaciones importantes entre los tratamientos (Cuadro 4). Fueron los pigmentos asociados a las tonalidades rojas (astaxantina y lucatin en el control) los que generaron cambios aparentes, dadas las variaciones significativas del parámetro a^* .

En términos de la variable cromática a^* , sí se dieron diferencias significativas ($p < 0,05$), mostrando que conforme aumentó el nivel de inclusión de harina de cefalotórax de camarón, aumentó la tendencia hacia un desplazamiento colorimétrico a las tonalidades rojizas, las que en combinación con el color amarillo basal predominante, generan combinaciones tendientes a tonos anaranjados. El nivel de inclusión de 15% generó una mayor pigmentación de tonalidad anaranjada con respecto a los demás tratamientos. Resultados similares, encontraron Anderson et al. (2008), al estudiar el efecto pigmentante de harina de cangrejo frente al de pigmentos artificiales. Con base en el valor a^* para la formulación al 5% de HC, podría creerse que hubo una inconsistencia (Cuadro 4), pues este valor fue significativamente menor al control ($p < 0,05$). Sin embargo, esto derivó de la formulación de la harina estandarizada base que se empleó como control, debido a que esta incluyó en su formulación 0,002% del colorante artificial Lucatin rojo de uso industrial para efectos comparativos, mientras que en los tratamientos experimentales este colorante se eliminó, siendo la fuente de color exclusiva la astaxantina propia de la harina de cefalotórax de camarón.

Cuando se calculó estadísticamente la Rho de Spearman para la asociación entre a^* y el grado de inclusión de HC, sin considerar al grupo control, se evidenció una correlación positiva entre el aumento de las tonalidades rojizas de la yema y el aumento en el grado de inclusión de harina de cefalotórax de camarón ($p < 0,01$; coeficiente de correlación de 0,91).

Al estudiar la variable matiz o tono ($^{\circ}h$), existieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el tratamiento control y los demás tratamientos experimentales, manteniendo este primero el mayor valor medio y, por lo tanto, poseyendo el tono más amarillento. Por su parte, el tratamiento al 10% HC presentó el menor valor de tono, siendo significativamente diferente de los demás ($p < 0,05$), y teniendo el tono menos amarillento. Finalmente, los tratamientos al 5% y 15% HC se ubicaron en una tonalidad intermedia sin presentar diferencias significativas entre sí.

Al poner en contexto todos los componentes cromáticos evaluados instrumentalmente sobre la base de un tono amarillo predominante, se dieron efectos derivados de los pigmentos en las dietas tendientes a incrementar las tonalidades rojizas, lo cual generó colores de yema con tonalidades naranja de similar saturación. También se evidenció que la astaxantina de la harina de cefalotórax de camarón pareció incrementar las tonalidades rojizas de manera más acentuada que el Lucatin, esto al ser el tono del tratamiento control significativamente más amarillento y al incrementarse la tonalidad anaranjada con el porcentaje de HC. Las tonalidades rojas fueron significativamente más intensas que aquellas generadas por el colorante Lucatin ($p < 0,05$) solamente cuando el grado de inclusión fue del 15% HC. Es pertinente poner en perspectiva los resultados instrumentales a la luz de los obtenidos cualitativamente con la escala de Roche, donde solamente la inclusión al 15% de HC generó diferencias significativas aparentes al ojo humano ($p < 0,05$).

Evaluaciones sensoriales del huevo

Agrado por el color de la yema

Al evaluar los datos del panel sensorial de agrado por el color de la yema, se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias para el agrado por el color de las yemas de huevos procedentes de las gallinas Hy-Line Brown suplementadas con diferentes niveles de inclusión de harina de cefalotórax de camarón. San José, Costa Rica. 2015.

Table 5. Means comparison for yolks colour liking for eggs from Hy-Line Brown hens supplemented with different levels of inclusion of shrimp carapace meal. San José, Costa Rica. 2015.

Tratamiento	Medias de agrado por color de yema
Control	7,4 a
5% HC	5,8 c
10% HC	6,6 b
15% HC	6,0 c

HC: harina de cefalotórax de camarón. Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) / HC: shrimp meal. Means with different letter are significantly different ($p < 0,05$).

El tratamiento control fue el que mostró significativamente el mayor agrado general en comparación con los demás, seguido del agrado por las muestras provenientes del tratamiento con un 10% HC. Los tratamientos al 5% HC y 15% HC no mostraron diferencias significativas entre sí en cuanto al agrado, aunque es claro que fueron los que recibieron las menores calificaciones. Independientemente de lo anterior, es importante acotar que todas las muestras presentaron medias cuyos valores fueron superiores a la mitad de la escala, es decir 5,0. Lo anterior se traduce en el hecho de que el agrado por las muestras tiende a ser mayor a la indiferencia, y no se asocia con un rechazo. Es también importante poner en perspectiva la magnitud de las diferencias entre las medias, ubicándose todas ellas en el intervalo de 5,9 a 7,5.

Al asociar los resultados obtenidos en el panel de agrado por el color con lo discutido en los resultados colorimétricos, la formulación al 10% HC, que colorimétricamente no fue diferente al control en términos del parámetro a^* , fue la que compartió con esta las mayores calificaciones. Por su parte, las formulaciones al 5% y 15% HC, presentaron diferencias significativas en el parámetro a^* con respecto al grupo control, tuvieron las menores calificaciones. Aunque la coloración obtenida a un 15% HC fue la más rojiza de todas, no fue la que presentó el mayor agrado. Aparentemente el hecho de que el tratamiento al 10% HC se equiparara al tratamiento control en términos de color podría explicar que tuviera un mayor agrado. Esto parece corroborarse también en la baja calificación obtenida por el color del tratamiento 5% HC, que exhibió un color significativamente menos rojizo que el control. Un importante resultado derivado de esta situación es que no necesariamente una coloración de yema más anaranjada con respecto al control implicó un mayor agrado manifestado por la población evaluada.

Agrado por el sabor del huevo

Las medias del agrado por el sabor (Cuadro 6) no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p>0,05$), de manera que resultaron muy cercanos entre sí, lo que concuerda con lo reportado por Carranco et al. (2011b). Esto permitiría especular que no existieron sabores percibidos como inapropiados derivados de la dieta de las aves. El tratamiento 15% HC mostró una leve tendencia a un mayor agrado. Todas las muestras

Cuadro 6. Comparación de medias para el agrado por el sabor para huevos procedentes de las gallinas Hy-Line Brown suplementadas con diferentes niveles de inclusión de harina de cefalotórax de camarón. San José, Costa Rica. 2015.

Table 6. Means comparison for flavour liking for eggs from Hy-Line Brown hens supplemented with different levels of inclusion of shrimp carapace meal. San José, Costa Rica. 2015.

Tratamiento	Agrado medio por el sabor
Control	6,8
5% HC	6,7
10% HC	6,4
15% HC	7,2

HC: harina de cefalotórax de camarón / HC: shrimp meal.

presentaron medias cuyos valores fueron superiores a 5,0 por lo que ningún tratamiento se asocia con el rechazo.

Al no establecerse algún efecto significativo ($p>0,05$) de la inclusión de la harina de cefalotórax de camarón con el agrado por el sabor del huevo, se realizó un análisis de conglomerados con el método de aglomeración de Ward (De la Fuente, 2011). El mismo permitió agrupar a los 101 participantes del panel en tres diferentes conglomerados: conglomerado uno (40%), el conglomerado 2 (27%), y, finalmente, el conglomerado 3 (33%). Cada conglomerado se analizó a lo interno por medio de ANDEVAS (Cuadro 7).

El conglomerado uno, que aglutinó al 40% de las personas, mostró un mayor agrado ($p<0,05$) por el sabor del grupo control, mientras que a los demás tratamientos se les asignaron calificaciones menores, similares entre sí, donde siguieron en importancia los tratamientos al 15% y 10% HC, y en último lugar el de 5% HC. El conglomerado dos, por su parte, agrupó al 27% de las personas, las que confirieron un mayor agrado a los huevos del tratamiento del 15% HC ($p<0,05$), y les fue indiferente el sabor del tratamiento control. Además, este grupo mostró una buena aceptación por los huevos provenientes de los tratamientos al 5% y 10% HC, en ese orden. A las personas agrupadas en el conglomerado tres (33%), el sabor de todas las muestras de huevos les pareció indiferente, por lo que no se dieron diferencias significativas ($p>0,05$) entre tratamientos.

Cuadro 7. Comparación de medias para el agrado por el sabor según conglomerado para huevos procedentes de las gallinas Hy-Line Brown suplementadas con diferentes niveles de inclusión de harina de cefalotórax de camarón. San José, Costa Rica. 2015.

Table 7. Means comparison for flavour liking by cluster for eggs from Hy-Line Brown hens supplemented with different levels of inclusion of shrimp carapace meal. San José, Costa Rica. 2015.

Tratamiento	Promedios de agrado		
	Conglomera- do 1	Conglomera- do 2	Conglomera- do 3
Control	8,9 a	5,2 d	5,6
5% HC	7,1 c	7,7 b	5,5
10% HC	7,5 bc	6,1 c	5,4
15% HC	7,8 b	8,6 a	5,2

HC: harina de cefalotórax de camarón. Letras diferentes en la misma columna denotan diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$) / HC: Shrimp meal. In the same column, means with different letter are significantly different ($p \leq 0,05$).

Es importante notar que en los conglomerados uno y dos, existió un grupo de personas que manifestó un mayor agrado por las muestras del tratamiento con mayor inclusión de harina de camarón (15%), en comparación con los otros porcentajes de inclusión, siendo solo el segundo en agrado después del grupo control. En el caso del conglomerado dos, el agrado por el sabor de la inclusión al 15% fue incluso mayor a todos los demás casos, incluyendo al grupo control. Al analizar ambos casos en contexto, puede especularse la existencia de un posible nicho comercial si en el futuro se comercializaran huevos producidos bajo la inclusión de harina de cefalotórax de camarón al 15% HC en la alimentación de ponedoras.

Los resultados revelaron no solo que las inclusiones de harina de cefalotórax de camarón se asocian con un agrado aceptable, sino que en ciertos segmentos poblacionales pueden considerarse más atractivos que el control, implicando un posible mercado para huevos producidos bajo la inclusión de un 10% HC a un 15% HC.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a: Alimentos Pro Salud S.A. por la manufactura de la harina de camarón, y a la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica por el apoyo de su plataforma analítica. Asimismo, se agradece al Sr. Mario Naranjo, dueño de la Granja Avícola Piedras Negras, por su apoyo durante los ensayos biológicos.

LITERATURA CITADA

- Abanikannda, O.T.F., and A.O. Leigh. 2012. Chicken age and egg morphometric measures on eggshell thickness. *Arch. Zootech.* 15 61-68.
- Aho, P. 2013. El rol de los huevos de consumo en la oferta y demanda de proteína mundial. *Avicol.* <http://avicol.co/descargas2/RolHuevoOfertaDemandaProteinaMundial.pdf> (consultado 27 oct. 2014).
- Anderson, D.M., J.L. Macissac, M.A. Daniel, T.L. Mackinnon, and K.L. Budgell. 2008. Evaluating the effects of crab meal, Carophyll Red®, and Carophyll Yellow® in laying hen diets on egg yolk pigmentation and production performance. *Can. J. Anim. Sci.* 88:637-640.
- Andrade, R.D., M.M. Chávez, y V. Naar. 2007. Evaluación de las etapas de cocción y secado en la obtención de harina de cabezas de camarón de cultivo (*Penaeus* sp). *Dyna Rev. Fac. Nac. Minas.* 74:181-186.
- Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Acribia, Zaragoza, ESP.
- Arce, K. 1991. Obtención de un éster de bixina para ser usado en la pigmentación de la yema de huevo. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Aro, S.O., O.O. Tewe, and V.A. Aletor. 2009. Potentials of siam weed (*Chromolaena odorata*) leaf meal as egg yolk colourant for laying hens. *Livest. Res. Rural Dev.* 21:171.
- Baiao, N.C., J. Méndez, J. Mateos, M. García, and G.G. Mateos. 1999. Pigmenting efficacy of several oxycarotenoids on egg yolk. *J. Appl. Poultry Res.* 8:472-479.

- Brenes, M. 2010. Aplicación de tratamiento enzimático para el aprovechamiento del pejibaye (*Bactris gasipaes*) en la obtención de un puré con alto contenido de compuestos bioactivos y su evaluación de aceptación en el mercado. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Carmona, L. 2004. Evaluación técnica del proceso de extracción y cuantificación de diferentes compuestos (pigmentos carotenoides, proteínas, quitina/quitosano, D-glucosamina) a partir del cefalotórax de camarón. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Carranco, M.E. 2002. Inclusión de harina de cabezas de camarón (*Panaeus sp.*) en raciones para gallinas ponedoras y su efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad del huevo. Tesis M.Sc., Universidad de Colima, Colima, MEX.
- Carranco, M.E., C. Calvo, L. Arellano, F. Pérez, E. Ávila, y B. Fuente. 2003. Inclusión de la harina de cabezas de camarón *penaeus* sp. en raciones para gallinas ponedoras: efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. *Interciencia* 28:328-333.
- Carranco, M.E., C. Calvo, S. Carrillo, R. Ramírez, E. Morales, L. Sanginés, B. Fuente, E. Ávila, y F. Pérez. 2011a. Harina de crustáceos en raciones de gallinas ponedoras: efecto en la calidad física del huevo almacenado en distintas condiciones. *Cuban J. Agr. Sci.* 45:177-181.
- Carranco, M.E., C. Calvo, S. Carrillo, R. Ramírez, E. Morales, L. Sanginés, B. Fuente, E. Ávila, y F. Pérez. 2011b. Harina de crustáceos en raciones de gallinas ponedoras: efecto en las variables productivas y evaluación sensorial de huevos almacenados en diferentes condiciones. *Cuban J. Agr. Sci.* 45:171-175.
- Cedeño, E.A. 2013. Evaluación de la inclusión de cuatro niveles de harina de cabezas de camarón en dietas para pollos de engorde. Tesis Lic., Universidad Técnica De Manabí, Manabí, ECU.
- Chavarría, A. 1993. Efecto de la harina de cefalotórax de camarón sobre la pigmentación en la yema de huevo y contenido de colesterol en carne de pollo y huevos. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Chávez, D.R., M.G. López, y F. Cornejo. 2010. Factibilidad técnica para el aprovechamiento integral del camarón de la especie *Penaeus vannamei*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8840/1/Factibilidad%20t%C3%A9cnica%20para%20el%20aprovechamiento%20integral%20del%20Camar%C3%B3n.pdf> (consultado 22 oct. 2014).
- Cordero, M. 2010. Factores que afectan la funcionalidad del puré de chayote (*Sechium edule Sw.*) como sustituto de grasa y determinación del material de empaque idóneo para asegurar la estabilidad del producto. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Cruz, L.E., D. Ricque, J.A. Martínez, and P. Wesche. 1993. Evaluation of two shrimp by-product meals as protein sources in diets for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 115:53-62
- De La Fuente, S. 2011. Análisis conglomerados. Facultad Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid (UAM). <http://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/SEGMENTACION/CONGLOMERADOS/conglomerados.pdf> (consultado 27 oct. 2014)
- Delgado, F., A.R. Jiménez, and O. Paredes. 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains: characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 40:173-289.
- Estrada, M.M., L.F. Galeano, M.R. Herrera, y L.F. Restrepo. 2010. Efecto de la temperatura y el volteo durante el almacenamiento sobre la calidad del huevo comercial. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* 23:183-190.
- Evans, T. 2015. Tendencias avícolas mundiales: el consumo de huevo sigue creciendo en América. <http://www.elsitioavicola.com/articles>. (consultado 14 may. 2015).
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2009. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2009. FAO. <http://www.fao.org/docrep/012/i0680s/i0680s02.pdf> (consultado 27 oct. 2014).
- Galobart J., R. Sala, X. Rincón, E.G. Manzanilla, B. Vilá, and J. Gasa. 2004. Egg yolk color as affected by saponification of different natural pigmenting sources. *J. Appl. Poult. Res.* 13:328-334.
- Gernat, A.G. 2001. The effect of using different levels of shrimp meal in laying hen diets. *Poult. Sci.* 80:633-636.
- Gobierno de México. 2001. Situación actual y perspectiva de la producción de huevo para plato en México 1990 - 2000. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/Huevo90-00.pdf (consultado 27 oct. 2014).
- HunterLab. 2013. ColorFlex EZ user's manual. Hunter Associates Laboratory. <http://www.hunterlab.com/colorflex-ez-user-manual.pdf> (accessed 13 feb. 2015).
- Haber, A., y R.P. Runyon. 1973. Estadística general. Fondo Educativo Interamericano, MA, USA.

- Instituto de Estudios del Huevo. 2003. El libro del huevo. Instituto de Estudios del Huevo, Madrid, ESP.
- ISA Hendrix Genetics Company. 2009. ISA Brown: guía de manejo de la nutrición de ponedoras comerciales. ISA. <http://www.isapoultry.com/~media/Files/ISA/Different%20languages/Spanish/Products/CS/ISA/Guia%20de%20manejo%20de%20la%20nutricion%20ISA%20brown.pdf> (consultado 22 oct. 2014).
- Jara, P.A. 2011. Estudio comparativo de la calidad, propiedades biológicas y físicas del huevo de 6 especies de aves domésticas (gallinas, codorniz, pato, pavo, ganso y paloma) y sus alternativas de industrialización. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. pesquisa.biblioteca.iscte-iul.pt/record?id=oai:dspace.esPOCH.edu.ec:123456789/913&s=WnERq (consultado 27 oct. 2014).
- Lauro, G.J., O. Inami, and C. Johnson. 2005. Color measurement and colorants for surimi seafood. In: J. Park, editor, Surimi and seafood. CRC Press, USA. p. 749-802.
- Lokaewmanee, K., S. Mompanuon, P. Khumpeerawat, and K. Yamauchi. 2009. Effects of dietary mulberry leaves (*Morus alba L.*) on egg yolk color. *J. Poult. Sci.* 46:112-115.
- MacDougall, D. B. 2002. Colour in food improving quality. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Boca Ratón, FL, USA.
- Mongay, C. 2002. Quimiometría. Universitat de Valencia, Valencia, ESP.
- Monge, R. 2001. Estrategia para incrementar el consumo del huevo comercial en Costa Rica. Tesis M.Sc. Universidad de Costa Rica, San José, CRC.
- Moreno, E. 2010. Industria del camarón: su responsabilidad en la desaparición de los manglares y la contaminación acuática. REDVET. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n050510/051015.pdf> (consultado 15 jun. 2015)
- Navarro, M.G. 2000. Estudio de factores de calidad de huevos en ponedoras Isa Brown y Shaver Cross sometidas a diferentes dosis de esparteína y alcaloides totales del lupino. Tesis Lic., Universidad Austral de Chile, Valdivia, CHI.
- Organización de Profesionales del Huevo y sus Productos. 2014. Saber más para comer mejor huevo: sistemas de producción, marcado y etiquetado del huevo, nutrición, salud y consejos de manejo. Todo lo que se debe saber sobre el huevo. INPROVO. http://www.inprovo.com/images/archivos/folleto_huevo_13165045.pdf (consultado 12 feb. 2015)
- Ortega, R. 2014. El huevo en la alimentación: importancia nutricional y sanitaria. Instituto de Estudios del Huevo. http://www.institutohuevo.com/images/archivos/el_huevo_en_la_alimentacion._rosa_ortega08_13135645.pdf (consultado 27 oct. 2014).
- Pan, B.S. 1990. Recovery of shrimp waste for flavorant. In: M.N. Voigt, and J.R. Botta, editors, Advances in fisheries technology for increased profitability. Technomic, SUI. p. 437-447.
- Pereira, J. 2010. ¿Cómo sé si mi perfil de color es correcto? Digital Heritage. <http://www.jpereira.net/rough-profiler/validar-perfil-color-icc-delta-e> (consultado 19 feb. 2014).
- Periago, M.J. 2012. Práctica: Higiene, inspección y control de huevos de consumo. Universidad de Murcia. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario-1/practicas-1/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf> (consultado 19 feb. 2014).
- Riczu, C.M., J.L. Saunders-Blades, Å.K. Yngvesson, F.E. Robinson, and D.R. Korver. 2004. End-of-cycle bone quality in white- and brown-egg laying hens. *Poult. Sci.* 83:375-383.
- Salas, C., A. Chacón, y L. Zamora. 2015. La harina de cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras. *Agron. Mesoam.* 26:333-343.
- Sancho J., E. Bota, y J.J. De Castro. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Ediciones Universitat de Barcelona, Barcelona, ESP.
- SAS Institute. 2008. SAS OnlineDoc 9.1.3. SAS Institute Inc. <http://support.sas.com/onlinedoc/913/docMainpage.jsp> (accessed 13 feb. 2015).
- SAS Institute. 2010. Using JMP. SAS Institute Inc. http://support.sas.com/documentation/onlinedoc/jmp/902/Using_JMP.pdf (accessed 13 feb. 2015).
- UNA (Unión Nacional de Avicultores). 2014. Indicadores económicos. Compendio de Indicadores Económicos del Sector Avícola. <http://www.una.org.mx> (consultado 12 may. 2015).
- Villanueva, N.D.M., A.J. Petenate, and M.A.A.P. Da Silva. 2005. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Qual. Prefer.* 16:691-703.
- Zamora, L.M. 2013. Evaluación de la inclusión de harina de camarón en la alimentación de gallinas ponedoras comerciales y su efecto en el desempeño productivo de las aves y las características del huevo. Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San José, CRC.

