



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río (*Procambarus clarkii*) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad)**

**Diana Isabel Pipicano Mamián**

Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Escuela de Posgrados  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Palmira  
2015



**Efecto en pigmentación, calidad de  
huevo y rendimiento productivo, del  
reemplazo de la proteína de torta de  
soya por proteína de harina de cangrejo  
de río (*Procambarus clarkii*) en la dieta  
de gallinas semipesadas (51 a 63  
semanas de edad)**

**Diana Isabel Pipicano Mamián**

Tesis de Grado como requisito para obtener el título de  
Master en Ciencias Agrarias con énfasis en Producción Animal Tropical

Director:  
Arnobio López Galeano, MVZ Producción Animal, PhD Nutrición

Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Escuela de Posgrados  
Universidad Nacional de Colombia  
Sede Palmira  
2015





UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
SEDE PALMIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TESIS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS  
LINEA DE INVESTIGACIÓN PRODUCCIÓN ANIMAL TROPICAL

En Palmira a los 27 días del mes de Marzo de 2015, se reunió en esta Sede el Jurado Calificador de Tesis, integrado por los Doctores NELSON JOSÉ VIVAS QUILA y LUZ ESTELLA MUÑOZ ARBOLEDA.

Para calificar la Tesis de Grado de:

**DIANA ISABEL PIPICANO MAMIAN**

Titulada:

“Efecto en Pigmentación, calidad de Huevo y rendimiento Productivo debido al reemplazo de la proteína de la torta de soya por la proteína de la Harina de Cangrejo (*Procambarus clarkii*) en la dieta de Gallinas Semipesadas (51ª 63 semanas de vida)”, bajo la dirección del Doctor Arnobio López Galeano.

Después de terminada la sustentación, el jurado evaluador compuesto por los investigadores NELSON JOSÉ VIVAS QUILA y LUZ ESTELLA MUÑOZ ARBOLEDA, mediante deliberación privada decidieron calificar la Tesis como:

APROBADA

REPROBADA

NELSON JOSÉ VIVAS QUILA

LUZ ESTELLA MUÑOZ A.



# Dedicatoria

*Por su presencia incondicional  
En los buenos y malos momentos,  
Por esos instantes de alegría que  
No los cambiaría por nada del mundo,  
Por brindarme el mejor hogar de todos  
Por todo esto y más, nunca terminare  
De agradecerles.....  
Este sueño realizado se lo dedico con  
Todo mi corazón a mis padres  
y a Oveimar Ruiz, a ti gratitud por cada instante  
en el que en cada susurro alegraste... mi alma,  
abrazo este "Gracias" sobre toda tu esencia  
por estar allí siempre*





## Agradecimientos

- A Dios por permitirme lograr mis sueños.
- A mis padres Libia Mamian y Alirio Pipicano por apoyarme en cada momento de mi vida, por representar la unidad familiar y por enseñarme a amar el campo y la naturaleza, a Oveimar Ruiz Ruiz por toda la ayuda que me brindo desde el inicio de mi carrera y por todos los momentos de felicidad.
- A mis Abuelitos Ricardo Mamian y Benicia Guzmán por su presencia incondicional y la protección desde su otra vida, a todos los seres especiales etéreos y terrenales que envuelven mi hogar, a mi familia porque siempre que lo necesito están allí y son incondicionales.
- A Arnulfo Hoyos Ruano por envolverme con sus alas y motivarme a ser una mejor persona cada día.
- A director del trabajo de tesis, Dr. Arnobio Lopez Galeano en forma muy especial, por su valiosa enseñanza impartida durante la realización de mi Maestría y a Elba Fiorella Gomez Cestagalli por su aporte a mi vida personal y profesional.
- A la Universidad Nacional Sede Palmira, a los profesores, compañeros y todas las personas que han contribuido en mi desarrollo personal y profesional, en especial a Fernando Estrada por su apoyo en laboratorio de Nutrición Animal, a Nelson Leal por su colaboración durante el trabajo de campo, a Margarita Rosa Bonilla por su contribución a este sueño y al Profesor Juan Carlos Menjivar por su apoyo para realizar la Maestría.



## Resumen

Este experimento fue conducido para evaluar el efecto nutricional y pigmentante debido al reemplazo de la proteína de la torta de soya por proteína de Harina de Cangrejo *Procambarus clarkii* buscando una pigmentación de 9 a 10 según la escala de Roche, debido a que niveles altos de reemplazo con más del 30% produjeron pigmentaciones muy altas (fase de pre ensayo). Los tratamientos o niveles experimentales de reemplazo fueron 0%,30%,22.5% y 26.25% con 4 repeticiones de 6 gallinas cada una, para un total de 16 unidades experimentales y 96 gallinas en total, con un diseño completamente al azar. Durante el periodo experimental (51 a 63 semanas de edad) las aves recibieron alimento controlado de acuerdo a las tablas de la línea y el agua a voluntad. Las variables analizadas fueron: 1) Grado de pigmentación, 2) rendimiento productivo, 3) calidad componentes del huevo, 4) análisis económico.

Los resultados indican que el grado de pigmentación vario de 9 grupo control a 12 para el nivel del 30% y buena aceptación de los consumidores humanos.

El rendimiento productivo fue superior en los tratamientos experimentales con harina de *Procambarus clarkii*, siendo el mejor el tratamiento 3 con un 22.5% de reemplazo. Igualmente el tratamiento 3 produjo los mejores resultados en los componentes de huevo (cascara, albúmina, yema), redundando en un mayor número y tipo de huevo (AA) producido, comparado con los demás tratamientos.

El mejor beneficio económico se alcanzó con el tratamiento 3 (22.5%) de reemplazo de proteína de torta de soya por proteína de harina de *Procambarus clarkii* en la dieta, con un mejor beneficio bruto de campo (mejor producción y tipo de huevo) y menores costos de producción.

**Palabras clave:** Harina de Cangrejo – rendimiento productivo - Pigmento en Huevos – Calidad de huevo.

## Abstract

An experimental procedure was realized to evaluate the nutritional and pigmentary effect when substituting the soybean cake protein by *Procambarus clarkii* flour, searching a pigmentation value between 9 and 10 in the Roche scale, since levels of substitution higher than 30% generates very strong pigmentation values (preliminary stage). The experimental substitution levels were 0.00, 25.50, 26.25 and 30% with four replicates of six hens each, i.e. 16 experimental units and 96 laying hens, using a randomized experimental design. During the experimental period, (51 to 63 weeks), the laying hens were under controlled feeding conditions, according to the nutritional tables specified for its type. Plenty of water was also supplied. The variables analyzed were: 1) Pigmentation level, 2) Production yield percentage, 3) Quality of egg content, 4) Economic analysis.

Results showed that the pigmentation level increased from 9 for the control group to 12 for 30% of substitution and good acceptance among human consumers was also observed. The production yield percentage was higher for the experimental treatments including *Procambarus clarkii* flour, with the best economic benefit being supplied by the treatment number 3 with 22.5% of substitution of soybean cake protein. Similarly, the treatment 3 gave the best results for production, higher quality of eggs (AA) and lower production costs.

**Keywords:** Red crayfish flour, production yield percentage, pigments in eggs, eggs quality.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>XI</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XVI</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XVIII</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Justificación .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Hipótesis.....</b>	<b>7</b>
3.1 General.....	7
3.2 Específica .....	7
<b>4. Objetivos.....</b>	<b>9</b>
4.1 General.....	9
4.2 Específicos .....	9
<b>5. Estado del Arte .....</b>	<b>11</b>
5.1 Generalidades sobre historia y distribución de aves de postura en el mundo.....	11
5.1.1 Líneas Norteamericanas .....	14
5.1.2 Razas Europeas.....	14
5.1.3 Líneas Comerciales .....	14
5.1.4 Líneas de otras regiones.....	15
5.1.5 Gallinas Ponedoras, Isa Brown .....	15
5.2 Producción avícola mundial y nacional .....	20
5.2.1 Producción Mundial.....	20
5.2.2 Producción en América .....	23
5.2.3 Consumo de Huevo en América.....	24
5.2.4 Consumo de Huevo en el Valle del Cauca. ....	26
5.3 Perfil nutricional del huevo .....	27
5.3.1 Características Físicas y Químicas .....	27
5.3.2 Dimensiones del Huevo. ....	28
5.3.3 Composición del Huevo para Plato .....	29
5.4 Alimentación en gallinas de postura.....	33
5.4.1 Pigmentantes y su Importancia en la Industria Avícola.....	36
5.4.2 Xantofilas .....	38
5.4.3 Astaxantina: .....	39

5.5	Descripción Cangrejo rojo o acocil de agua dulce <i>procambarus clarkii</i> .....	40
5.5.1	Breve Descripción.....	40
5.5.2	Generalidades del cangrejo de río – <i>Procambarus clarkii</i> .....	42
5.5.3	Cangrejo de río – <i>Procambarus clarkii</i> en Colombia.....	45
5.5.4	Estudios relacionados con el uso de pigmentantes en la producción avícola. 48	
5.6	Industria alimentos balanceados para la producción animal.....	52
5.7	La soya como fuente de proteína en la alimentación animal.....	57
<b>6.</b>	<b>Materiales y Métodos.....</b>	<b>59</b>
6.1	Localización .....	59
6.2	Animales y alojamiento:.....	59
6.3	Fases experimentales .....	61
6.4	Tratamientos o Dietas Experimentales .....	61
6.5	Diseño experimental.....	63
6.6	Variables analizadas .....	64
6.7	Controles y registros .....	64
6.7.1	Pigmentación.....	64
6.7.2	Consumo de alimento.....	65
6.7.3	Producción y peso de huevos .....	65
6.7.4	Tipo de huevo producido (clasificación) .....	66
6.7.5	Conversión por docena de huevo producido.....	67
6.7.6	Conversión por kilogramo de huevo producido por ave día y alojado. .67	
6.7.7	Mortalidad.....	67
6.7.8	Componentes del huevo.....	67
6.7.9	Análisis sensorial exploratorio.....	71
6.8	Análisis estadístico.....	71
6.9	Análisis Económico .....	72
6.9.1	Análisis de Presupuestos Parciales .....	72
6.9.2	Análisis de Dominancia.....	72
6.9.3	Análisis Marginal.....	73
<b>7.</b>	<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>75</b>
7.1	Subfase pre ensayo (46 a 48 semanas de edad) .....	75
7.1.1	Efecto en pigmentación y rendimiento productivo .....	75
7.2	Subfase 2 o experimental propiamente dicha .....	77
7.2.1	Efecto de pigmentación y rendimiento productivo en la fase experimental propiamente dicha .....	77
7.2.2	Efecto en los componentes del huevo (albumina, yema, cascara) .....	79
7.3	Análisis sensorial.....	81
7.4	Análisis económico:.....	82
<b>8.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>87</b>
<b>A.</b>	<b>Anexo: Formato encuesta para análisis sensorial del huevo.....</b>	<b>91</b>
<b>B.</b>	<b>Anexo: Efecto en pigmentación y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (<i>Procambarus clarkii</i>) – subfase pre ensayo (46 a 48 semanas) .....</b>	<b>97</b>

---

<b>C. Anexo: Efecto en pigmentación y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (<i>Procambarus clarkii</i>) – subfase pre ensayo (46 a 48 semanas) .....</b>	<b>101</b>
<b>D. Anexo: Efecto en calidad del huevo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (<i>Procambarus clarkii</i>).....</b>	<b>103</b>
<b>E. Anexo: Anexo D: Efecto en calidad del huevo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (<i>Procambarus clarkii</i>).109</b>	
<b>F. Anexo: Rendimiento productivo galpón, por año.....</b>	<b>115</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>117</b>

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Distribución de las razas de aves del mundo por especies (FAO, 2010). .....	12
<b>Figura 2.</b> Estructura de la industria avícola (FAO, 2010) .....	13
<b>Figura 3.</b> Esquema donde se describe la forma de obtener las gallinas comerciales de postura Isa Brown e Isa White, (Hendry Genetics Company, 2013). .....	16
<b>Figura 4.</b> Ejemplar Isa Brown. Fuente foto de la autora,2012. ....	17
<b>Figura 5.</b> Coloración huevo en gallinas Isa Brown. Fuente foto de la autora,2012.....	18
<b>Figura 6.</b> Producción Mundial de huevos 1990 – 2015 MT, (Aho, 2013).....	20
<b>Figura 7.</b> Consumo huevo por persona año 2000 – 2011 Fuente: Federación Nacional de Avicultores – FENAVI, comercio exterior, población DANE (cifras consolidadas censo 2005 desde 1985). .....	26
<b>Figura 8.</b> Anatomía del huevo (Periagon, 2014) .....	33
<b>Figura 9.</b> <i>Procambarus clarkii</i> . Foto: Fuente de la autora 2012 .....	43
<b>Figura 10.</b> <i>Procambarus clarkii</i> Morfología en macho, ICN-MHN-CR 2194: A, caparazón, vista dorsal; B, primer pereopodo, quelado, vista dorsal;C,primer gonopodo del macho, vista mesial; D, detalle del ápice, vista mesial; E, detalle del ápice, vista lateral. 1, proyección central; 2, proceso mesial; 3, proceso triangular; 4, cresta elíptica 5, protuberancia. Fuente: (Mingorance, M.C. y Gómez, J.I. 2002). .....	44
<b>Figura 11.</b> Estructura de la cadena de alimentos balanceados, avicultura y porcicultura. ....	56
<b>Figura 12.</b> Galpón utilizado durante el experimento. Fuente foto de la autora,2012. ....	59
<b>Figura 13.</b> Cubículos utilizados durante el experimento. Fuente foto de la Autora,2012. ....	60
<b>Figura 14.</b> Evaluación de la tonalidad de yema de huevo con el Abanico de Roche .....	64
<b>Figura 15.</b> Consumo de alimento en gallinas Isa Brown durante el experimento.....	65
<b>Figura 16.</b> Producción y pesaje de huevos gallinas Isa Brown durante el experimento. ....	66
<b>Figura 17.</b> Evaluación calidad de huevo, Índice morfológico .....	68



---

<b>Figura 18.</b> Evaluación calidad de huevo, altura albumina. ....	68
<b>Figura 19.</b> Evaluacion calidad de huevo, Peso cascara. ....	69
<b>Figura 20:</b> Evaluacion calidad de huevo, peso clara. ....	69
<b>Figura 21:</b> Evaluacion calidad de huevo, yema. ....	70
<b>Figura 22.</b> Evaluación calidad de huevo, espesura de la cascara. ....	70

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Objetivos reproductivos en aves de postura (FAO, 2010). .....	13
<b>Tabla 2.</b> Descripción productiva en gallinas Isa Brown. ....	19
<b>Tabla 3.</b> Producción mundial de huevo (millones de toneladas). ....	22
<b>Tabla 4.</b> Diez principales países productores de huevo en 2002 y 2012 (A partir de información de FAO, tomado por Giacomozzi, 2013). ....	23
<b>Tabla 5.</b> Principales productores de huevo en América (millones de toneladas). ....	24
<b>Tabla 6.</b> Composición química de los huevos. ....	27
<b>Tabla 7.</b> Composición del huevo. ....	28
<b>Tabla 8.</b> Composición huevo de gallina. Fuente: Instituto de estudios del huevo, España (2010). ....	30
<b>Tabla 9.</b> Ácidos grasos presentes en la composición del huevo. ....	31
<b>Tabla 10.</b> Pigmentos naturales y sintéticos. ....	38
<b>Tabla 11.</b> Requerimientos Nutricionales de Gallinas Ponedora de Huevos Marrones (g/ave/día). ....	54
<b>Tabla 12.</b> Producción total país de alimento balanceado para animales, por línea de producción. ....	57
<b>Tabla 13.</b> Dieta empleadas en la subfase 2 (46 a 51 semanas de edad). ....	61
<b>Tabla 14.</b> Composición y análisis calculado de las dietas experimentales empleadas en la subfase experimental (51 a 63 semanas de edad). ....	63
<b>Tabla 15.</b> Clasificación tipo de huevo producido con base al peso (FENAVI; 2012). ....	66
<b>Tabla 16.</b> Efecto en pigmentación y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo <i>Procambarus clarkii</i> - subfase pre ensayo (46 a 48 semanas). ....	76
<b>Tabla 17.</b> Efecto de rendimiento productivo de aves de postura (51 a 63 semanas de edad) debido al empleo de diferentes niveles de reemplazo de torta de soya por la proteína de harina de cangrejo ( <i>Procambarus clarkii</i> ). ....	78

<b>Tabla 18.</b> Efecto en pigmentación de la yema y calidad del huevo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo ( <i>Procambarus clarkii</i> )..	80
<b>Tabla 19.</b> Efecto en tipo de huevo producido debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo ( <i>Procambarus clarkii</i> ). .....	81
<b>Tabla 20.</b> Evaluación sensorial, 30 personas adultas encuestadas (Shchutz 1971). .....	82
<b>Tabla 21.</b> Costo materias primas, dietas experimentales tesis maestría "efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río ( <i>Procambarus clarkii</i> ) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad). .....	83
<b>Tabla 22.</b> Costo alimentación/gallinas tesis maestría "efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río ( <i>Procambarus clarkii</i> ) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad)". .....	83
<b>Tabla 23.</b> Ingreso renta huevos según tratamiento en el experimento "efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río ( <i>Procambarus clarkii</i> ) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad)". .....	84
<b>Tabla 24.</b> Análisis presupuestales parciales experimento "efecto de pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo <i>Procambarus clarkii</i> " .....	85
<b>Tabla 25.</b> Análisis de Dominancia del experimento "efecto de pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo <i>Procambarus clarkii</i> ". .....	86



# Introducción

La avicultura en el orden mundial y nacional, gracias a los avances en genética, nutrición y manejo de animales, presenta en la actualidad un crecimiento rápido mejorando la oferta y facilitando el acceso al consumo del huevo como uno de los alimentos más completos en la alimentación humana (SENA 2013).

Según la Federación Nacional de Avicultores de Colombia FENAVI (2013), a Junio de 2013 se contaba en el país con 42'737.898 gallinas ponedoras encasetadas, de las cuales 39'381.898 corresponden a razas de color rojo y 3'355.443 a razas de color blanco, para la producción de huevos de color rojo y blanco respectivamente. Colombia ocupa el puesto 28 en la producción mundial de huevo, en Latinoamérica está en el tercer lugar detrás de México y Brasil (SENA, 2013).

La proteína (aminoácidos) y los pigmentantes son nutrientes o ingredientes de forzosa utilización en la alimentación de gallinas ponedoras. No obstante, el costo de estos insumos es elevado y son competidos con la alimentación humana y de otras especies animales, lo cual determina la necesidad de buscar alternativas para su reemplazo en la alimentación. La harina de *Procambarus clarkii* según análisis químicos contiene un nivel alto de proteína (50%) y un buen perfil de aminoácidos totales, además del contenido de astaxantina (198,60 mg/100g) con propiedades de pigmentante rojo (Gómez, 2014), estos pigmentantes tienen un alto costo en el mercado y aunque los niveles a utilizar en la dieta son bajos, los costos alcanzan a incidir en la economía cuando hay grandes cantidades de aves en este caso gallinas de postura, de las cuales como se mencionó anteriormente se considera existe una población de 42'737.898 en el país.

Por lo tanto el presente trabajo tuvo como objetivos: evaluar el valor nutritivo de la harina de *Procambarus clarkii* en reemplazo de la proteína de torta de soya como fuente de proteína en la alimentación de aves de postura y el poder pigmentante en la yema de huevo.

Paralelo con lo anterior se evaluó: 1) el poder pigmentante en la yema de huevo de la astaxantina de la harina de *Procambarus clarkii* a los niveles de reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de cangrejo, 2) efecto en el rendimiento productivo de las gallinas, 3) efecto en los componentes del huevo (albúmina, yema y cascara), 4) Análisis económico.

## Planteamiento del problema

Las aves de postura constituyen el segundo renglón de producción animal en el Valle del Cauca y por su producción de huevos están dentro de las principales fuentes para la alimentación humana, principalmente para la de escasos recursos económicos. Para la alimentación de estas aves se requieren fuentes de proteína como la torta de soya, harina de pescado y fuentes de energía como el maíz y otros cereales; los cuales son muy competidos para la alimentación de otras especies animales y aún humanos, también como biocombustibles y en la demanda internacional principalmente en países como China, por estas razones con frecuencia hay baja disponibilidad y alto costo de ellos en el mercado, haciendo no rentable la explotación de estos, por lo tanto ha sido prioritario para la industria aviar buscar o evaluar alternativas de fuentes de alimentación de buena calidad y de baja o nula competencia con la alimentación humana u otros usos industriales.

El cangrejo o acocil de agua dulce *Procambarus clarkii* es una especie foránea introducida al Valle del Cauca como potencial fuente industrial, pero los resultados de la explotación no produjeron la respuesta esperada por lo cual se abandonó el proyecto y la especie en forma involuntaria comenzó a invadir terrenos aledaños y hoy por hoy tiene un área de cubrimiento de varios municipios del Valle del Cauca según estudios de la CVC (Corporación autónoma Regional del Valle del Cauca) con una población que día a día va creciendo, llegando a ser potencialmente invasora.

Estudios preliminares de su calidad nutritiva indican que tienen un muy buen contenido de proteína cruda (50%) y un alto contenido de astaxantina (pigmentante rojo) que podrían ser utilizados para la alimentación en aves de postura. Si al evaluar este cangrejo en la alimentación en estas aves produjeran los resultados esperados, se podría contar con más fuentes alternativas de proteína y pigmentante, además se podría realizar un control poblacional o explotación comercial de cangrejo de agua dulce en un futuro próximo.





## Justificación

La población humana aumenta cada día, de igual manera la necesidad de alimento para ella. Un alimento preferido puede ser el huevo por su valor nutritivo, bajo costo y alta disponibilidad para cualquier persona, con un probable incremento en su demanda conforme aumenta la población mundial acrecentando la población requerida de aves postura. Para la alimentación de estas aves se requieren fuentes de proteína (torta de soya y otros) y energía (cereales, aceites) muy competidas, llevando a bajo disponibilidad y alto costo de ellas, por lo cual es imperativo buscar fuentes alternativas de reemplazo de estas materias primas.

Por otra parte en el Valle del Cauca existe una especie de cangrejo rojo o cangrejo de agua dulce (*Procambarus clarkii*) que fue importado y su explotación abandonada, entrando a ocupar nuevas áreas no programadas, este incremento en la población de cangrejo podría convertirlo en especie invasora y depredadoras de otras especies nativas. Según estudios preliminares tienen alto contenido de proteína (50%) y del pigmentante rojo (astaxantina) que justificaría la evaluación como fuente de alimentación de aves postura en el Valle del Cauca dada la demanda de fuente de proteína y pigmentante.

Por lo tanto sería recomendable evaluar el efecto del empleo de esta harina de *Procambarus clarkii* en la alimentación en aves de postura, buscando reemplazar las fuentes convencionales de proteína como la torta de soya y en pigmentación como son los carofiles en este caso el carofil rojo.



Hipótesis

## **1.1 General**

El reemplazo de parte de la proteína de la torta de soya por la proteína de la harina de cangrejo *Procambarus clarkii* produce una pigmentación normal en la yema de huevo a los niveles experimentales propuestos, sin afectar la calidad de los componentes del huevo y rendimiento productivo, permitiría reemplazar los pigmentantes comerciales en la dieta de aves de postura.

## **1.2 Específica**

Si la harina de cangrejo *Procambarus clarkii* sin usar pigmentante comercial rojo, produce una pigmentación normal de la yema de huevo, con buena calidad de él y rendimiento productivo a los niveles propuestos en reemplazo de la proteína de la torta de soya, entonces permitiría el uso de harina de cangrejo como fuente de pigmentación natural y de proteína en la alimentación de gallinas en postura.



## Objetivos

### 1.3 General

Determinar el nivel de harina de cangrejo *Procambarus clarkii*, en reemplazo de la proteína de torta de soya que conlleve a una pigmentación grado 9-10 sin afectar la calidad del huevo y el rendimiento productivo en dietas para aves de postura.

### 1.4 Específicos

- Evaluar el efecto en pigmentación de yema de huevo debido al empleo de diferentes niveles de reemplazo (0%,30%.22.5%,26.25%) de la proteína de la torta de soya por harina de cangrejo *Procambarus clarkii*, en la alimentación de gallinas semi-pesadas de 51 a 63 semanas de edad.
- Evaluar el efecto de calidad de huevo (grosor de la cascara, tipo de huevos producido, peso yema, peso clara y propiedades organolépticas) debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por harina de cangrejo *Procambarus clarkii*, en la alimentación de gallinas semi-pesadas de 51 a 63 semanas de edad.
- Evaluar el efecto en el rendimiento productivo (consumo de alimento, producción de huevo, peso huevo, tipo de huevo, conversión por docena y por kilogramo de huevo producido) debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por harina de cangrejo *Procambarus clarkii*, en la alimentación de gallinas semi-pesadas de 51 a 63 semanas de edad.
- Determinar cuál o cuáles de las dietas experimentales constituye la mejor opción económica para el productor en las condiciones del valle del Cauca



## **1.5 Generalidades sobre historia y distribución de aves de postura en el mundo.**

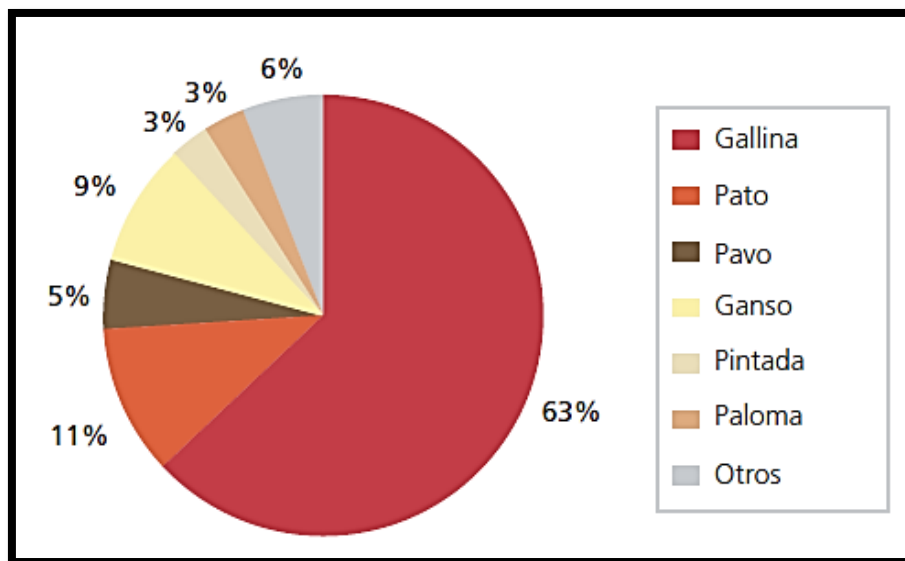
La gallina es el tipo más antiguo de ave de corral. Sin embargo, las razas más importantes surgieron en la segunda mitad del siglo XIX, por ejemplo la White Leghorn, New Hampshire y Plymouth Rock. La raza White Leghorn proviene de gallinas del medio rural italiano que llegaron a los Estados Unidos de América en la década de 1820, donde fueron seleccionadas para la producción de huevos y se reimportaron a Europa tras la Primera Guerra Mundial. Las razas de gallinas se dividen entre ponedoras (utilizadas principalmente para la producción de huevos), de engorde (para carne), las razas de doble propósito (carne y huevos), las razas de lucha y las ornamentales (FAO, 2010).

En el Norte, las líneas comerciales dominan la producción de carne y huevos, mientras que las líneas locales se restringen a los aficionados. En el Sur, sin embargo, las razas locales siguen desempeñando una función relevante, puesto que en algunos países constituyen el 70-80 % de la población de gallinas (Guèye, 2005; y FAO, 2006). Las gallinas del sector aficionado son muy diferentes entre sí, pero eso no significa necesariamente que sean genéticamente muy diversas (Hoffmann *et al.*, 2004). Lo mismo puede ser cierto para las razas autóctonas de los países en desarrollo (FAO, 2006).

La gallina supera en número al ser humano en una proporción de 2,5 a 1 en todo el mundo. El mayor número de gallinas por habitante se concentra en América del Norte, seguida por América Latina, el Caribe y el Pacífico sudoccidental. De los casi 17.000 millones de individuos, aproximadamente la mitad se concentran en Asia y una cuarta parte en América Latina y el Caribe.

En Europa y el Cáucaso se halla más del 13 % de la población mundial de gallinas, seguido por África, con el 7 %. Las razas de gallinas conforman la mayor parte del total de razas de aves en el mundo (Figura 1), (FAO, 2010).

Figura 1. Distribución de las razas de aves del mundo por especies (FAO, 2010).

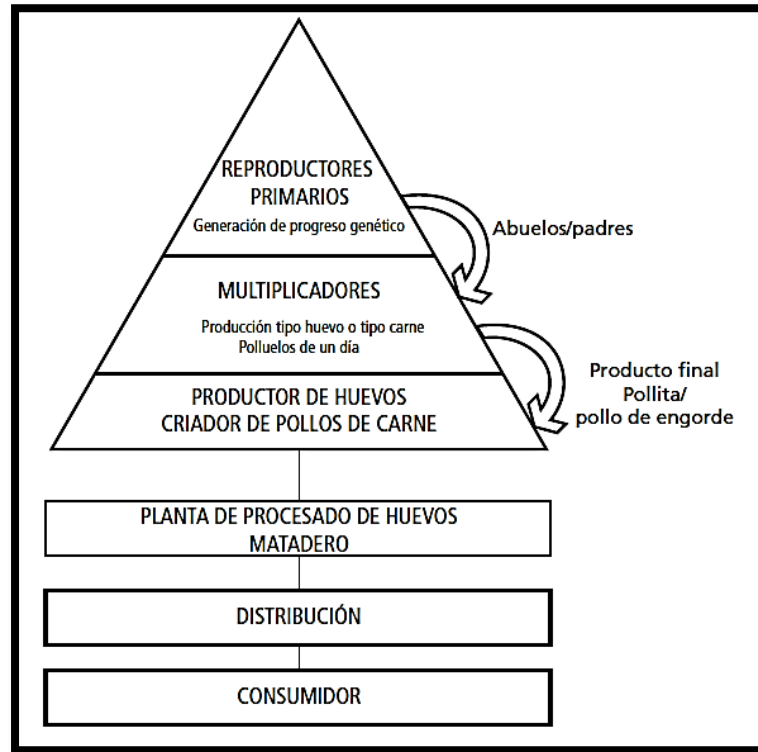


Las compañías de mejoramiento han obtenido una serie de líneas, cada una con un conjunto de características deseables, como la capacidad ponedora o una elevada tasa de crecimiento. Estas líneas se cruzan entre sí, y posteriormente con otras líneas, para dar lugar a ejemplares híbridos que ponen huevos o a pollos de engorde que llegan a las mesas de los consumidores. Las empresas protegen celosamente su pie de cría de línea pura (FAO, 2010). La estructura del sector se ilustra en la Figura 2.

Las gallinas ponedoras se han seleccionado principalmente para la productividad. Durante varios decenios, se han refinado los programas reproductivos, y se ha incluido cada vez más caracteres en los objetivos de selección. Hoy en día, los principales objetivos de selección son: el número de huevos vendibles por gallina estabulada por año, la eficiencia de la conversión del pienso en huevos, calidad externa e interna del huevo, y adaptabilidad a distintos entornos (FAO, 2010), (Tabla 1).



**Figura 2.** Estructura de la industria avícola (FAO, 2010)



**Tabla 1.** Objetivos reproductivos en aves de postura (FAO, 2010).

OBJETIVO/ PRODUCTO	CRITERIOS	OTRAS ESPECIFICACIONES
Huevo	Número de huevos	Número de huevos vendible por gallina

---

Calidad externa del huevo	Peso medio del huevo, resistencia de la cascara y color
Calidad interna del huevo	Composición del huevo (cociente yema/clara, firmeza de la clara y ausencia de inclusiones: sangre y manchas de carne)

---

### 1.5.1 Líneas Norteamericanas

Las gallinas fueron introducidas a América del Norte por los españoles y, más adelante, por otros europeos a partir del año 1500. Estas aves se diversificaron gradualmente en razas distintas. Las de América del Norte representan ahora tres de las cinco razas principales más ampliamente distribuidas en todo el mundo y siete de las 67 razas registradas en cinco países o más. Las tres principales son la Rhode Island Red, Plymouth Rock y New Hampshire. Todas ellas son razas de doble propósito, ponedoras y de engorde, creadas en el noreste de los Estados Unidos de América (FAO, 2010).

### 1.5.2 Razas Europeas

Las razas que se originaron en Europa suman 26 de las 67 razas de gallinas registradas en cinco países o más. La raza Leghorn mencionada anteriormente es la más difundida: se encuentra en 51 países y se clasifica en segundo lugar.

También contribuye de forma destacada en las cepas comerciales. La segunda raza europea más común es la Sussex del Reino Unido, que se encuentra en 17 países (FAO, 2010).

### 1.5.3 Líneas Comerciales

Las líneas comerciales dominan la distribución mundial de gallinas, con 19 de las 67 razas principales. Como las empresas interesadas mantienen en secreto la información sobre mejoramiento, no existen datos sobre la proveniencia de estas líneas. Sin

embargo, parece que la mayoría derivan de la White Leghorn, Plymouth Rock, New Hampshire y White Cornish (Campbell y Lasley, 1985).

Las líneas comerciales están controladas por un pequeño núcleo de empresas transnacionales con sede en los países del noroeste de Europa y los Estados Unidos de América. En los últimos años el sector ha continuado consolidándose. En la actualidad, únicamente dos compañías de mejoramiento destacadas (Erich Wesjohann, con sede en Alemania y Hendrix Genetics, de los Países Bajos) dominan el mercado internacional, y tres criadores principales (Erich Wesjohann, Hendrix Genetics y Tyson, de los Estados Unidos de América) controlan el mercado del pollo de engorde. Las empresas mantienen muchas líneas de cría independientes y diferentes unidades dentro de una empresa pueden competir entre sí por la cuota de mercado (Flock y Preisinger, 2002).

#### **1.5.4 Líneas de otras regiones**

La raza más difundida no incluida en las categorías anteriores es la Aseel, procedente de la India, que se registra en 11 países y se encuentra en el puesto 17 mundial. A continuación se hallan diferentes razas chinas: Brahma y Cochin (que evolucionaron ulteriormente en los Estados Unidos de América) y Silkie (raza de plumas parecidas al pelaje).

Otras razas asiáticas se consideran ornamentales en Occidente: Sumatra (de Indonesia, ocho países), Malay Game y Onagadori (raza de cola larga de Japón). También cabe mencionar la raza Jungle Fowl (cinco países) de Asia sudoriental, que es el ancestro del ave de corral moderna. La única raza australiana entre las 67 principales es la Australorp, derivada de la Black Orpington, una raza británica. Registrada en 16 países, esta raza es la 12ª en cuanto a distribución mundial. Es famosa porque cuenta con el récord mundial de puesta: una gallina puso 364 huevos en 365 días (FAO, 2010).

#### **1.5.5 Gallinas Ponedoras, Isa Brown**

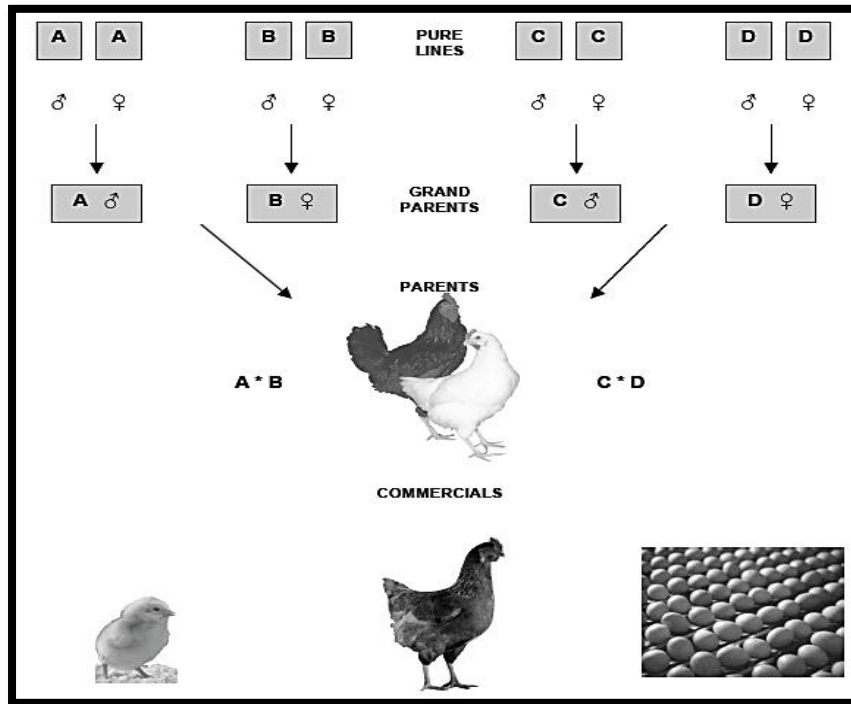
Las gallinas Isa Brown tienen su origen en EE.UU., siendo el resultado del cruce entre las razas puras Rhode Island Blanca y Rhode Island Roja. Se caracterizan por el plumaje

rojizo, muy resistentes tanto a temperaturas altas como bajas (Kabir y Haque, 2010). La descripción taxonómica se muestra a continuación:

Reino: Animal  
Phylum: Cordados  
Clase: Aves  
Orden: Galliformes  
Familia: Phaisandae  
Genero: Gallus  
Especie: Gallus Gallus

La línea de postura de las diferentes razas de gallina se obtienen a partir de líneas parentales puras, que al cruzarse producen polluelos comerciales, que son el resultado de múltiples procesos de cruzamiento que dan una generación con alto potencial para la producción de huevos, así como una buena adaptación a los distintos ambientes (Figura 3), (Hendry Genetics Company, 2013).

**Figura 3.** Esquema donde se describe la forma de obtener las gallinas comerciales de postura Isa Brown e Isa White, (Hendry Genetics Company, 2013).



La gallina Isa Brown es la productora de huevos marrón de más venta en el mundo. Esto se debe al rigor y a la eficacia de su selección. No obstante, se sabe que el potencial genético de una gallina por más elevado que sea, no podría expresarse bajo cualquier condición, siendo el manejo la clave para obtener resultados óptimos. Las técnicas de crianza, programas de luz, temperaturas, nutrición, racionamiento, permiten hoy en día orientar a una gallina ponedora hacia tal o cual tipo de resultados. La gallina debe poseer la capacidad de resistir y de responder favorablemente a los estímulos que recibe. Gracias a su reconocida rusticidad, asociada a potenciales genéticos superiores, la gallina Isa Brown está dotada de esta facultad de respuesta óptima para diferentes tipos de resultados. Los dos factores que tienen más influencia en la calidad del huevo son la edad en la madurez sexual y la nutrición. El plumaje es de color café-rojizo, el color del cascarón de los huevos es marrón (Figuras 4 y 5).

**Figura 4.** Ejemplar Isa Brown. Fuente foto de la autora,2012.



**Figura 5.** Coloración huevo en gallinas Isa Brown. Fuente foto de la autora,2012.



La edad de entrada en puesta afectará directamente la calidad del huevo durante todo el período. Los lotes precoces producirán mayor cantidad de huevos pero éstos serán más pequeños que los lotes tardíos. Las investigaciones realizadas con la Isa Brown han mostrado que el peso promedio del huevo aumenta 1 gramo cuando se retarda la

madurez sexual en una semana, en cambio, el número de huevos disminuirá o aumentará en aproximadamente 4,5 huevos si se modifica de una semana la edad de entrada en puesta. Con el uso de técnicas adecuadas, la edad de entrada en puesta puede adaptarse a fin de producir huevos de un peso requerido sin afectar la masa total de huevos producida. La postura se inicia aproximadamente a las 21 semanas de edad con un 50% de postura llegando al pico a la semana 26 con un 93% de postura (Manual Isa Brown, 1996).

Son estas gallinas las ponedoras por excelencia, dado que alcanzan una producción del 94% en las granjas industriales, con más de 320 huevos al año, la descripción productiva más detallada se encuentra en la Tabla 2 (Hendry Genetics Company, 2013).

**Tabla 2.** Descripción productiva en gallinas Isa Brown.

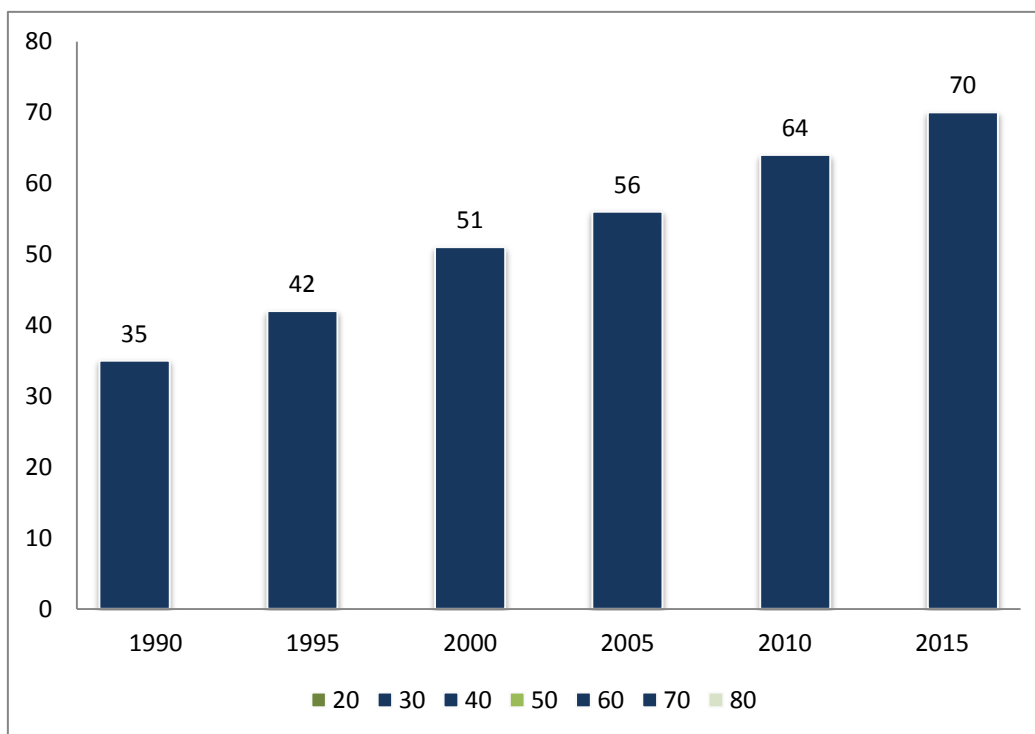
<b>Periodo de puesta</b>	<b>18-90 semanas</b>
Viabilidad en %	94
Edad al 50% de puesta en días	144 días
Pico de puesta en %	96
Peso medio de huevo en gramos	62.9 g
Número de huevos por ave alojada	409
Masa de huevo por ave alojada	25.7 kg
Consumo medio diario de pienso	111 g
Índice de conversión Kg/kg	2.15 kg/kg
Peso corporal en gramos	2015 g
Resistencia de la cáscara	4000 g
Unidades haugh	82

## 1.6 Producción avícola mundial y nacional

### 1.6.1 Producción Mundial

La producción avícola mundial se ha incrementado a una tasa constante y relativamente rápida desde los años 60 siguiendo diferentes ritmos según las características propias del desempeño de la economía de cada país (Dobashi *et al.*, 1999). El consumo per Cápita Mundial de huevos de gallina en el año 1990 fue de 7 Kg, para 2015 es de 9 Kg, proyectado a 2040 con 11 Kg per cápita (figura 6), esto debido al impacto económico del precio alto de granos ya que afecta más al bovino y al porcino que a la avicultura, de allí su importancia de su producción para el mundo en desarrollo ya que el huevo es la proteína más igualitaria (Aho, 2013).

Figura 6. Producción Mundial de huevos 1990 – 2015 MT, (Aho, 2013).



En cuanto a números de gallinas ponedoras, la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2010) estima que en 2010 hubo en el mundo aproximadamente



6,556 millones de ponedoras, de las cuales 509 millones estaban en África, 1,053 millones en América, 4,211 millones en Asia, 765 millones en Europa y unos 18 millones en Oceanía (Dreyer y Windhorst, 2011).

La industria del huevo continúa cambiando y evolucionando rápidamente debido a una demanda creciente, los cambios tecnológicos y la presión de los consumidores y de los organismos gubernamentales reguladores. Además, como las preocupaciones medioambientales aumentan, la industria del huevo continuará creciendo porque el huevo ofrece a los consumidores la fuente de proteínas con menor impacto medioambiental (Dreyer y Windhorst, 2011).

Entre 2000 y 2012 la producción global de huevo creció más de 2% anual, de 51 millones de toneladas a 65,0 millones de toneladas (Tabla 3). Sin embargo, desde entonces parece que el aumento anual apenas ha sido un promedio de 1%, y teniendo en cuenta la continua presión de los costos de producción y también las ajustadas finanzas del consumidor, es probable que el crecimiento futuro esté más cerca del uno que del dos por ciento. En la mayoría de los casos las cifras de producción se refieren a la producción de todos los huevos de gallina, e incluyen los huevos incubados tanto para las parvadas de ponedoras así como de los pollos de engorde. Globalmente se considera que los huevos fértiles representan aproximadamente 5% del total, aunque la proporción de huevo fértil varía mucho en cada país, dependiendo del tamaño de la industria del pollo de carne. En consecuencia, en algunos casos los huevos incubados serán un porcentaje pequeño del total producido, pero de otro lado por ejemplo en los EUA y Brasil, los huevos fértiles representan entre 12% y 15% del total de huevos producidos, respectivamente. Las tasas anuales de crecimiento varían según las regiones (Tabla 3). Mientras que el incremento mundial entre 2000 y 2010 promedió 2.3% por año, África registró una expansión anual promedio de 3.7%. Asia logró un crecimiento anual de 2.6%, mientras que América y Oceanía obtuvieron incrementos de un poco menos de 2%. En Europa la expansión fue más lenta, de solo 1.1% al año (Evans, 2012).

**Tabla 3.** Producción mundial de huevo (millones de toneladas).

REGION	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012
África	1.9	2.2	2.4	2.5	2.6	2.6	2.8	2.9
América	10.4	11.7	12.3	12.3	12.5	12.6	12.8	13.1
Asia	29.0	32.6	33.0	34.5	36.2	37.2	37.4	38.1
Europa	9.5	9.9	10.1	10.0	10.2	10.3	10.5	10.6
Oceanía	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
<b>Mundo</b>	<b>51.0</b>	<b>56.6</b>	<b>57.9</b>	<b>59.6</b>	<b>61.8</b>	<b>62.8</b>	<b>63.8</b>	<b>65.0</b>

FAO hasta 2010, estimaciones Evans (2012).

Alrededor de 70% de la producción mundial está concentrada en 10 países (45,8 millones de toneladas). El mayor aumento registrado en estos años se ha producido en China, con 5,2 millones de toneladas, encontrándose en una posición de total dominancia. La sigue en aumento India, con 1,4 millones de toneladas, mientras que Norteamérica muestra un incremento de 687 mil toneladas, muy por debajo de Asia. Al mismo tiempo se evidencia el retroceso de Europa en términos de producción (Giacomozzi, 2013).

En la tabla 4 se enumeran los diez productores de huevos en cáscara más importantes a nivel mundial en 2002 y 2012. A partir de estos datos se observa la salida de países de la Unión Europea entre los principales productores en 2012, dando paso a la entrada de países emergentes. Así, se ve que, de los mercados líderes, sólo tres son países desarrollados. Esto evidencia el importante papel que juegan las naciones emergentes en la dinámica de la producción global de huevos (Giacomozzi, 2013).

**Tabla 4.** Diez principales países productores de huevo en 2002 y 2012 (A partir de información de FAO, tomado por Giacomozzi, 2013).

2002			2012		
País	Producción (ton)	Participación (%)	País	Producción (ton)	Participación (%)
China	19.304	35,0	China	24.500	36,9
Estados Unidos	5.165	9,4	Estados Unidos	5.435	8,2
Japón	2.529	4,6	India	3.600	5,4
India	2.212	4,0	Japón	2.507	3,8
Rusia	2.023	3,7	Rusia	2.334	3,5
México	1.901	3,4	México	2.318	3,5
Brasil	1.548	2,8	Brasil	2.084	3,1
Puerto Rico	1.200	2,2	Ucrania	1.093	1,6
Francia	989	1,8	Indonesia	1.059	1,6
Alemania	868	1,6	Turquía	932	1,4
<b>Total mundial</b>	<b>55.168</b>	<b>100,0</b>	<b>Total mundial</b>	<b>66.373</b>	<b>100,0</b>

### 1.6.2 Producción en América

América produce aproximadamente 20% de todos los huevos (Evans, 2012). El crecimiento en América Latina entre 2000 y 2009 fue cerca de 2 millones de toneladas, un total del 40 por ciento. Supone cerca el doble del crecimiento de EUA durante el mismo período y la mitad del crecimiento en China. Estas cifras demuestran el compromiso de la industria latinoamericana en un esfuerzo para invertir en producir huevos y productos derivados del mismo más eficientemente así como cumplir con las demandas crecientes para el consumo local. El incremento de la producción en México y Brasil representó alrededor del 50% del crecimiento latinoamericano. Otro mercado que ha experimentado un crecimiento importante es Argentina, donde la producción se duplicó. Colombia, Perú, Paraguay, Guatemala, República Dominicana, Bolivia y Panamá crecieron alrededor del 50% en todos los casos (Dreyer y Windhorst, 2011). En la Tabla 5 se pueden observar los principales países productores de huevo en América.

**Tabla 5.** Principales productores de huevo en América (millones de toneladas).

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012
EUA	5.00	5.33	5.43	5.39	5.33	5.35	5.41	5.43
México	1.79	2.03	2.29	2.29	2.34	2.36	2.38	2.34
Brasil	1.51	1.68	1.76	1.78	1.85	1.92	1.95	2.01
Argentina	0.33	0.40	0.43	0.47	0.50	0.51	0.51	0.72
Colombia	0.32	0.49	0.53	0.50	0.54	0.58	0.51	0.64
Canadá	0.37	0.40	0.40	0.40	0.42	0.42	0.43	0.44
Perú	0.16	0.18	0.25	0.26	0.27	0.27	0.29	0.32

FAO hasta 2010, estimaciones Evans para 2012.

### 1.6.3 Consumo de Huevo en América.

Con base en los datos de FAO de consumo promedio global de huevos, en América el consumo aumentó 0,8 kg/persona al año entre 2000 y 2009, año en que se llegó a la cifra de 11,4 kg por persona, que es mayor que el consumo promedio registrado a nivel mundial. Sin embargo, la diferencia en el consumo promedio entre los países es enorme, abarcando un rango que va desde menos de un kilo en algunos países a más de 22 kilos en México, lo que sugiere un gran potencial de crecimiento en el futuro para muchos países de la región. Según las proyecciones del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), el volumen total de huevos consumido en ese país muy probablemente aumentará de 6,5 millones de docenas a casi 6,8 millones de docenas para el año 2021, debido al crecimiento de la población y sobre la base del consumo por persona, que en promedio se situará en torno a 239 huevos por habitante.

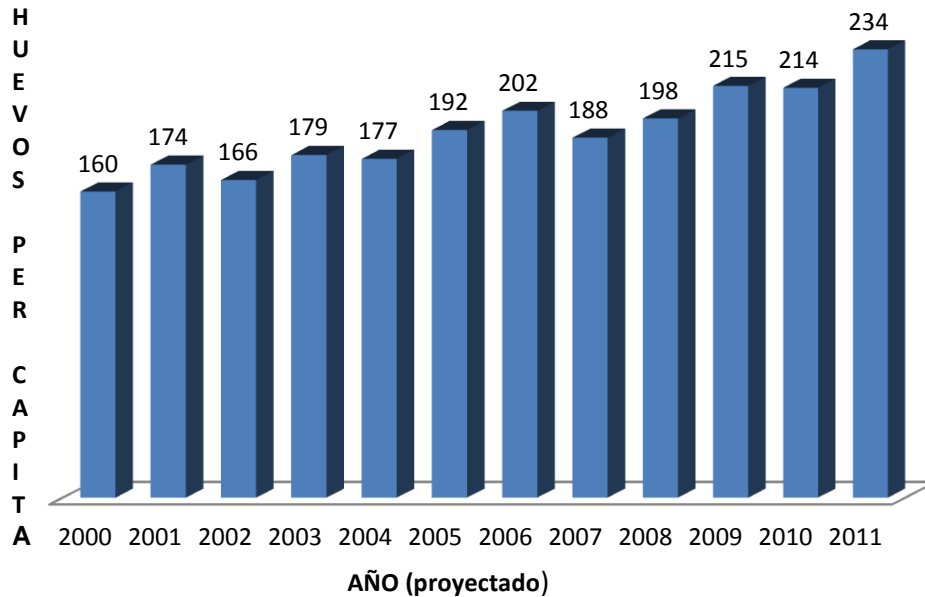
El sector de la avicultura en Colombia, se inicia entre las décadas de los veinte y los cuarenta, en donde se importaron varios ejemplares para reproducción, aunque el punto de partida fue el año 1950, en donde se registró la muerte de aproximadamente 12.000 millones de aves, a causa de la enfermedad del New Castle, con lo cual se modificó el manejo casero y artesanal que se venía dando al interior de las granjas, siendo reemplazado por uno de carácter industrial. El proceso se fortaleció hacia el año 1983, cuando se creó la Federación Nacional de Avicultores de Colombia – FENAVI, como una organización gremial (Mojica y Paredes, 2005).

En el año 2002 se llevó a cabo el primer censo nacional de avicultura industrial en Colombia (DANE – FENAVI - FONAV, 2001), dicho censo se realizó en el mes de abril del mencionado año, teniendo en cuenta tres municipios: Lebrija (Santander), San Pedro y Buga (Valle del Cauca), los cuales fueron seleccionados por poseer el mayor número de granjas de importancia y con presencia de cinco sistemas de producción de interés para el censo, además de contar con buena tecnología de producción, cuyo objetivo fue el de obtener información sobre explotaciones avícolas, industriales e investigaciones estadísticas con el propósito de medir la capacidad instalada, área, producción, orientación, tecnología, destino y demás variables definidas conjuntamente. La idea del estudio fue buscar heterogeneidad en las granjas y planteles avícolas.

Para el año 2012 Colombia ocupó en producción de huevos el segundo lugar detrás de México y Brasil (México 130 millones, Brasil 93 millones y Colombia 36 millones), Colombia ocupa el puesto 28 en la producción mundial de huevo con una participación marginal de apenas el 0,6%. Los principales productores son China y Estados Unidos que concentran el 51% de la producción mundial pero solo el 14,7% de las exportaciones, destinando al mercado internacional proporciones bajas de su producción. La producción de huevos en Colombia se encuentra dispersa entre un gran número de productores, con escalas que van desde 500 hasta más de 500.000 ponedoras y se distribuyen en 7 regiones: Central, eje cafetero, oriental, costa Atlántica, Antioquia, valle, Santanderes (FENAVI, 2012).

El consumo de huevo en Colombia tiende a aumentar, como se observa en la Figura 7. Observando desde el año 2000 hasta 2010, y la proyección para 2011. El negocio de venta de huevos en Colombia, según las estadísticas de FENAVI (2012), está moviendo US\$2.000 millones al año y además tiene posibilidades de seguir expandiéndose en la canasta familiar nacional.

**Figura 7.** Consumo huevo por persona año 2000 – 2011 Fuente: Federación Nacional de Avicultores – FENAVI, comercio exterior, población DANE (cifras consolidadas censo 2005 desde 1985).



#### 1.6.4 Consumo de Huevo en el Valle del Cauca.

Los esfuerzos empresariales en el Valle del Cauca se encaminan a convertir la región en el primer productor de huevo del país. En 2014, la región ya es la segunda productora más importante de Colombia (2.535 millones de unidades), el primer lugar lo ocupa Cundinamarca con una producción de 2.832 millones de unidades. Pero las empresas de la región lograron en el 2013 un crecimiento de 9 % y apuntan a que la cifra sea superior para 2014. (El Sitio Avícola, 2014)

## 1.7 Perfil nutricional del huevo

### 1.7.1 Características Físicas y Químicas

Un huevo “grande” pesa unos 58 g de los que aproximadamente el 11% corresponden a la cáscara, el 58% a la clara y el 31% a la yema. Cuando se calcula en base al contenido interior del cascarón el 65% es clara y el 35% yema. El huevo entero contiene alrededor de un 65.5% de agua, la clara un 88% y la yema un 48%. La viscosidad del albumen de la clara a un pH de 9 comienza a cambiar entre 56,6 y 57,2 ° C. La coagulación ocurre rápidamente a 60° C. La adición de azúcar, sal y otros aditivos incrementa la temperatura de coagulación. La yema de huevo coagula a unos 65° C. En las Tablas 6 y 7 se muestra la composición química de los huevos con cáscara y de los productos de huevos líquidos (Fuentes, 2002).

**Tabla 6.** Composición química de los huevos.

	%	Agua %	Proteína %	Grasa %	Ceniza %
Huevo entero	100	65,5	11,8	11,0	11,7
Clara	58	88,0	11,0	0,2	0,8
Yema	31	48,0	17,5	32,5	2,0
	%	Carbonato cálcico (%)	Carbonato magnésico (%)	Fosfato cálcico (%)	Materia orgánica (%)
Cáscara	11	94,0	1,0	1,0	4,0

Fuente: (USDA, 2014).

**Tabla 7.** Composición del huevo.

Componente	% Sobre huevo total		% de materia seca	
	Media	Rango	Media	Rango
Cáscara	9,1	7,8-13,6	99,0	-
Membrana de la cáscara	0,4	-	-	-
Albumen:	61,5	53,1-68,9	11,5	8,5-14,5
Líquido externo	15,0	10-60	11,2	-
Espeso	35	30-80	12,4	-
Líquido externo	10,0	1-4	13,6	-
Chalazas	1,5	-	15,6	-
Yema	29,0	24,0-35,5	52,5	50,5-56,3
Subtotales partes comestibles	90,5	86,4-92,2	24,5	23,0-26.9

Fuente: (Grobas *et al.*, 2010)

### 1.7.2 Dimensiones del Huevo.

La forma el huevo puede ser descrita como oval, su peso promedio es de 60g y sus dimensiones son las siguientes:

Peso 60g.

Volumen 53 cm<sup>3</sup>.

Circunferencia a lo largo 15.7 cm.

Circunferencia a lo corto 13.5 cm.

Área del cascarón 68 cm<sup>2</sup> (Roux, 2005).



### 1.7.3 Composición del Huevo para Plato

#### Perfil nutricional

Un huevo contiene de seis a siete gramos de proteína. La proteína de huevo es una de las de calidad más alta conocida como alimento humano. Las proteínas del huevo contienen todos los aminoácidos esenciales, aminoácidos necesarios en la dieta humana, y tienen un alto valor biológico, por ello los especialistas en nutrición usan el huevo como estándar de referencia para evaluar la calidad de la proteína de otros alimentos. Un huevo también contiene de cinco a seis gramos de grasa que es fácil y rápidamente digerida y que contiene ácidos grasos tanto saturados como insaturados. Las cantidades de ácidos grasos insaturados deseables son mayores que las que se encuentran en la mayoría de otros productos de origen animal. Un huevo contiene menos de 0,4 g de carbohidratos. Los huevos son además bajos en calorías, lo que quiere decir que pueden incluirse en dietas bajas en calorías aun nutritivamente equilibradas (Roux, 2005).

Los huevos contienen generosas cantidades de todas las vitaminas esenciales, excepto de la vitamina C. Las vitaminas liposolubles (A, D, E y K) y las hidrosolubles (el complejo B: tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, niacina, ácido fólico y vitamina B<sup>12</sup>) así como otros factores de crecimiento afines. La yema de huevo es rica en colesterol, compuesto lipóide que se encuentra en la sangre, tejido nervioso y otras partes del cuerpo. El colesterol es tanto sintetizado en el organismo como absorbido de otros alimentos ingeridos que contienen colesterol (Astiasaran, 2003). En la tabla 8 se enuncia la composición del huevo.

**Tabla 8.** Composición huevo de gallina. Fuente: Instituto de estudios del huevo, España (2010).

<b>HUEVOS DE GALLINA (Composición por 100 g de porción comestible)</b>	
Agua	75.2 g
Energía	160 Kcal
Energía total	669 Kj
Nitrógeno total	2.03 g
Nitrógeno proteico	1.93 g
Hidratos de Carbono	0.68 g
Lípidos totales	12.1 g
Ácidos grasos saturados	3.3 g
Ácidos grasos monoinsaturados	4.9 g
Ácidos grasos poliinsaturados	1.8 mg
Colesterol	4.10 g
Fibra	0 g
Calcio	56.2 mg

### Composición de la Yema

La principal proteína de la yema es la vitelina. Además la yema de huevo contiene Fosfivitina (4%) la cual es una proteína con grandes cantidades de fósforo, rica en serina (30%), no contiene cisteína y fija fácilmente el hierro, Lipovitelina (68%), es una proteína alta en azufre, lipoproteína de alta densidad (HDL) rica en cisteína. Presenta un 20% de lípidos (dos tercios de fosfolípidos y uno de colesterol, lípidos neutros y triglicéridos), la Lipovitelina (16%), es una lipoproteína de baja densidad pobre en cisteína. Presenta un 88% de lípidos (un tercio de fosfolípidos y dos de lípidos neutros y colesterol). Existen restos glucídicos, hexosas y ácido neuramínico, la Livitelina (10%), proteínas globulares alfa, beta, gamma, Ovovitelina rica en aminoácidos fosforilados y azufrados. Coagula por acción de la quimosina (Roux, 2005).

En la fase acuosa de la yema se encuentra dispersa, sólo una pequeña cantidad de vitelina. En partículas suspendidas llamadas gránulos, podemos encontrar proteínas y grasas (Gil, 2010).

En la fase sólida se han visto tres tipos de partículas, esferas, gránulos grandes, que contienen grasa en forma esterificada y colesterol; y micelas que contienen casi el 90%

de los triglicéridos en forma de microemulsión. En el centro de la micela se encuentra una gota de grasa rodeada por una capa de fosfolípido-proteína (Gil, 2010).

**Grasas:** El contenido total de grasas es de 4 a 4.5 g por unidad de las cuales 1.5g son grasa saturada y el resto insaturada (predominando las monosaturadas, que son benéficas para el organismo), (Gil, 2010).

El principal fosfolípido es la lecitina (fosfatidilcolina) con algo de fosfatidiletanolamina y pequeñas cantidades de fosfatidilserina. Los ácidos grasos que se encuentran en los triglicéridos de la yema de huevo, son oleico, palmítico, esteárico y linoleico, en ese orden Tabla 9. (Gil, 2010).

**Tabla 9.** Ácidos grasos presentes en la composición del huevo.

ACIDO GRASO	ESTERES DE COLESTEROL	TRIGLICÉRIDOS	FOSFOLÍPIDOS
Palmítico	29,1	24,5	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
Docosahexaeonico	0,5	<0,2	4,1

Fuente: (Gil, 2010).

### **Tamaño del Huevo.**

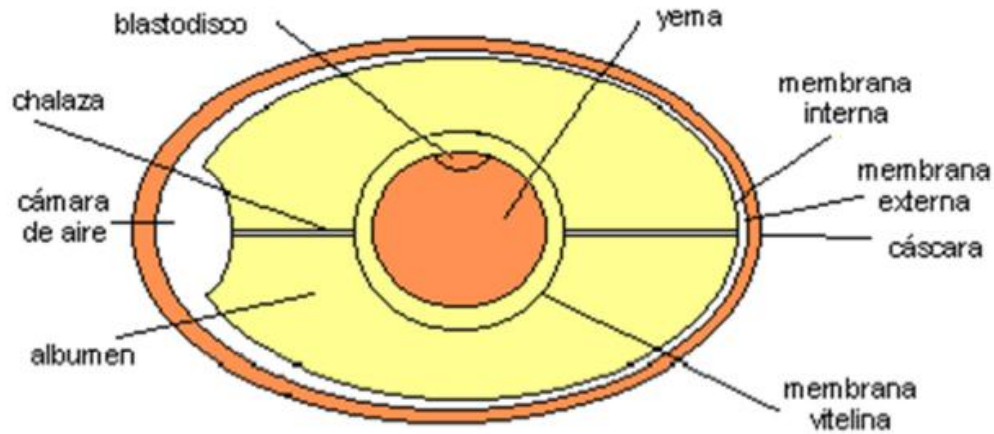
El tamaño del huevo es determinado en gran parte por la genética del ave, pero dentro de éste parámetro definido, se puede alterar ya sea el aumento o la disminución del tamaño del huevo por medio del manejo según las necesidades del mercado (Gil, 2010).

El mercado valora los huevos dentro de una determinada gama de pesos – por ejemplo entre 55 y 70 gramos. Los huevos más pequeños son invendibles y para los mayores tampoco hay incentivo. Dado que el tamaño del huevo se correlaciona negativamente con el número de huevos, la resistencia de la cáscara e incubabilidad, seleccionar huevos más grandes no solo es un desperdicio de intensidad selectiva, sino que es también contraproducente (FAO, 2010).

### **Anatomía del Huevo.**

El huevo está envuelto por una cáscara caliza que en el huevo de gallina es entre color blanco y amarillo o marrón. La cáscara está revestida interiormente por dos membranas que constituyen una envoltura que se separan en el polo obtuso para constituir la cámara de aire (figura 8).

La clara es un fluido acuoso ligeramente amarillento envuelto por tres capas de diferente viscosidad (clara fluida y densa). Envuelta por la clara se encuentra en el interior del huevo la yema, de forma esferoidal que se fija mediante dos cordones retorcidos en espiral sobre sí mismos denominados chalazas. En la parte superior de la yema se mancha blanquecina.

**Figura 8.** Anatomía del huevo (Periagon, 2014)

## 1.8 Alimentación en gallinas de postura

La producción de aves de corral para la obtención de carne y huevos es un proceso extremadamente complejo que implica una selección eficaz y precisa de numerosas características en las líneas paterna y materna para garantizar que el híbrido obtenido posea todos los atributos requeridos. Por esta razón, los programas de mejoramiento son muy costosos.

Es necesaria una población extensa, con un número significativo de reproductoras activas y de reserva de las líneas paternas y maternas, para permitir la plena explotación de la variabilidad genética de las características deseadas y reducir los efectos de la endogamia. Esto hace que a las pequeñas explotaciones de cría les resulte difícil competir eficazmente con las grandes empresas multinacionales de cría, si bien son proveedores viables de determinados segmentos de mercado en ciertas áreas (McKay, J.C. 2008).

Durante años se ha trabajado en el establecimiento de cuáles son las necesidades nutricionales de la gallina, la reducción del consumo de pienso y, por tanto, la mejora de los índices de conversión. Lógicamente, esta preocupación por los costes sigue teniendo vigor en la actualidad. Pero desde hace ya un tiempo, en los países desarrollados no es

suficiente con producir de manera eficaz y barata; además es necesario conseguir productos de calidad. En un mercado competitivo, el huevo debe ofrecer algo más que una fuente barata de proteína y energía al consumidor: debe ser un producto diferenciado, que resulte agradable al paladar, que no constituya ningún riesgo sanitario y, si fuera posible, que no tuviese la fama de ser un producto rico en grasa y en colesterol. Lógicamente, algunas de estas cuestiones pueden resolverse mediante campañas de marketing, pero otras son técnicas que requieren un buen manejo de las explotaciones y un seguimiento adecuado del producto. Entre las cuestiones técnicas puede que una de las más interesantes sea la capacidad de manejar la alimentación de la gallina para conseguir mejorar la calidad del huevo. En este sentido, este artículo tiene como objetivo ahondar en las cuestiones de la nutrición de la gallina que pueden tener una influencia en la calidad del huevo (soler et al ,2011). La alimentación incide en:

### **Efectos sobre la yema:**

Las diferencias en el color, la consistencia y la composición de la yema pueden deberse a la alimentación de la gallina. Dado que la yema tiene un alto porcentaje de lípidos en su composición, la asimilación de pigmentos liposolubles modificará el color de la yema. Así, encontraremos yemas de colores que van desde el amarillo pálido hasta el anaranjado intenso. Algunas materias primas como el maíz o la alfalfa contienen xantofilas, que darán el color característico a la yema, pero también es posible suministrar los pigmentos adecuados en el pienso para obtener el color deseado. Así, la combinación de zeaxantina y de luteína con capsantina o análogos sintéticos en las dosis adecuadas modificará el color de la yema, de forma que se cumplirán las expectativas del consumidor.

La consistencia de la yema no depende demasiado de la alimentación a la que se haya sometido a la gallina, ya que factores como el tiempo transcurrido desde la puesta, las condiciones de almacenamiento y la edad de la gallina son los principales responsables de la posible pérdida de consistencia de la misma. Dicha consistencia depende de la

permeabilidad de la membrana vitelina al paso de determinados cationes hacia su interior.

### **Efectos sobre el albumen:**

La principal característica de calidad del albumen es su consistencia. Dicha consistencia está muy ligada a la frescura del huevo, pero también lo está a la edad de la gallina. No obstante, el pienso que recibe el animal puede modificar la consistencia del albumen. Así, el nivel de proteína del pienso o la presencia en el mismo de contaminación por vanadio o un exceso de otros metales, como el magnesio, modificará la consistencia del mismo.

En cuanto a la concentración de proteína del pienso, una reducción de la misma tiene efecto positivo en la consistencia del albumen, ya que aumenta las unidades Haugh, mientras que el efecto contrario se observa al aumentar el nivel de inclusión de proteína en la dieta. Lo mismo ocurre cuando se trata de aminoácidos concretos; por ejemplo, la inclusión de mayores niveles de lisina en el pienso mejora esta característica del albumen. El perfil de aminoácidos modifica la consistencia del albumen y con ello las unidades Haugh. Por lo tanto, proteínas de diferente origen provocarán cambios en la consistencia del albumen, debido a su diferente composición en aminoácidos.

### **Efectos sobre la cáscara:**

El único criterio de calidad de la cáscara modificable a través de la alimentación que recibe la gallina es su espesor. La cáscara del huevo está formada en un 94% por carbonato cálcico. El ión carbonato procede directamente de la difusión de CO<sub>2</sub> de la sangre hacia las células de la glándula de la cáscara, de manera que cuando aumenta la presión parcial de este gas en la sangre, más fácil es la deposición de carbonato. Así, a mayor altitud, se podrán formar cáscaras más gruesas, puesto que la presión atmosférica es menor y, por tanto, será mayor la presión parcial de CO<sub>2</sub> en la sangre respecto al exterior. Por lo tanto, la deposición de ión carbonato no es dependiente de la alimentación. Sí lo es la deposición del ión calcio. Este ión tiene dos orígenes: los huesos y el pienso. Muchos estudios han demostrado la movilización de calcio a partir de los

huesos, pero también se ha comprobado que la dosificación extra de calcio en el pienso puede favorecer la deposición de carbonato cálcico en el huevo sin que sea necesaria la movilización total a partir de los huesos. No obstante, la absorción de calcio procedente del alimento tiene lugar en las horas siguientes a la ingestión del mismo, esto es, durante el día. Y, sin embargo, la mayor parte de la deposición del calcio de la cáscara tiene lugar durante las horas de oscuridad. Por ello, una cierta movilización de calcio de los huesos se produce de manera inevitable y, en consecuencia, es necesaria una provisión de calcio y fósforo para la mineralización de éstos. Por tanto, en la formulación de piensos para gallinas ponedoras se debe tener en cuenta que una parte del calcio debe ir destinado a reponer el movilizado desde los huesos y otra directamente a la deposición en la cáscara (Soler et al., 2011).

Las aves necesitan recibir en su dieta más de 40 compuestos específicos o elementos químicos. Los nutrientes requeridos se dividen en seis grupos, de acuerdo con su función y naturaleza química (Avila, 1992). Muchos nutrientes son necesarios porque hacen que otros nutrientes esenciales se vuelvan utilizables y puedan ser asimilables por el organismo. En la alimentación de gallinas es diferente porque se desea una buena producción de huevo y esto requiere cantidades diferentes de proteínas, grasas, minerales y vitaminas para que el sistema reproductor funcione adecuadamente (Conso, 2001).

### **1.8.1 Pigmentantes y su Importancia en la Industria Avícola**

Los pigmentantes han sido ampliamente utilizados en la preparación de los alimentos y continúan existiendo a nivel mundial una contribución significativa en la preparación y procesamiento del mismo. La pigmentación de la yema de huevo ha sido una característica de suma importancia a la hora de su comercialización. Actualmente el consumidor exige colores más intensos en este producto debido a que asocia una pigmentación más alta con animales sanos y un huevo de mejor calidad comparado con uno que tenga el color de la yema pálida (Rodríguez *et. al.*, 2006).



El coloreado en la yema de huevo contribuye a la identificación visual del producto por parte del consumidor, y en muchos casos un buen proceso de coloreado puede condicionar el éxito o el fracaso comercial del producto ya que el color determina la elección o el rechazo del producto por el consumidor, la preferencia por una tonalidad de color depende de las culturas de distintos países (Rodríguez *et. al.*, 2006).

El color de la piel del pollo y de la yema del huevo, tiene importancia en la comercialización de estos productos, sobre todo en los países en que tradicionalmente se usa el maíz para la alimentación de las aves. La diferenciación de producto, así como la relación del color con la salud, definitivamente constituyen una ventaja comercial que se traduce en mejor precio de venta y preferencia por los pollos de asadero de alta pigmentación y en los huevos, las yemas de color naranja intenso. Estudios de mercado en diferentes países, muestran que existe correlación entre el tono e intensidad de la pigmentación del pollo y el huevo, y la percepción de calidad de estos productos consecuentemente el precio de venta de los mismos (Alcosa, 2014).

Souza (2008) en Brasil, realizó un estudio cuyo objetivo principal fue identificar las preferencias organolépticas de los consumidores de huevos, los resultados mostraron que el 80% de los consumidores encuestados prefirieron las yemas con mayor pigmentación (10, 12 y 14 del abanico de color DSM). Puesto que ellos asociaban la yema de color más intenso con un huevo más nutritivo, más fuerte, sano, con más nutrientes, vitaminas y proteínas.

Otro estudio en el que se realizaron encuestas cuantitativas a consumidores preguntando sobre la calidad del huevo, en Francia, Alemania, Italia, Reino Unido, España, Grecia, Brasil, China y Rusia, usando muestras de yemas de huevo cuyo rango de intensidad de color estuvo entre 8 hasta 14 del abanico de color DSM (la referencia mundial para medir el color), mostró que las personas eligieron el color más intenso de yemas de huevo, siendo los 12-14 del citado abanico los preferidos. Los encuestados concluyeron que el color de la yema, junto con la dureza de la cáscara y la consistencia del albumen,

representa un importante criterio para atraer al consumidor. Los consumidores parecen sacar conclusiones sobre la frescura, calidad y otros intangibles basados en características físicas observables de los huevos. Los mismos resultados han sido observados para productos fabricados con huevo en los que proporcionan un color característico a la mayonesa, las pastas, los productos de panadería etc (Hernández *et al.*, 2009).

Los pigmentantes son sustancias (oxicarotenoides ó xantofilas) que colorean la yema del huevo, la grasa subcutánea y piel de los pollos, y el músculo y la grasa subcutánea de los salmónidos (trucha y salmón), existen pigmentos naturales y sintéticos (tabla 10).

**Tabla 10.** Pigmentos naturales y sintéticos.

PIGMENTANTES NATURALES	PIGMENTANTES SINTETICOS
Harina de alfalfa.	Apocarotinal.
Chiles ( <i>Capsicum</i> ).	Cantaxantina
<i>Leucaena leucocephala</i>	Apocaroteno ester
Achiote	Citranaxantina
Harina de camarón	$\beta$ -apo-8-carotenal

### 1.8.2 Xantofilas

Las xantofilas están presentes en algunas materias primas: el maíz, el gluten de maíz y el sorgo contienen xantofilas rojas, mientras que la alfalfa aporta principalmente xantofilas amarillas. No obstante, además de las xantofilas aportadas por las materias primas, en los concentrados de ponedoras y salmónidos (y en algunos casos en los de pollos), se incluyen pigmentantes que pueden ser de dos tipos: Naturales, obtenidos de harina de marigold (*Tagetes erecta*) para xantofilas amarillas, y de subproductos del pimiento, del microalga *Haematococcus pluvialis* o del crustáceo krill para xantofilas rojas. De síntesis, los más utilizados son las premezclas de cantaxantina (rojas, el coste medio de las premezclas de carofil rojo al 10% es muy costoso y se incluye a dosis del

0.2% en los piensos de ponedoras) y apocarotenos (amarillos) (Peto, et al., 1981; Gordon y Bauernfeind, 1982).

Las xantofilas derivados oxigenados de los carotenoides, la cantaxantina y la Astaxantina de color rojo se utilizan por su estabilidad. En épocas de ayuno ó de estrés se pierden reservas y se moviliza grasa corporal, por lo que se pierde parte de los pigmentantes; el contenido de pigmentantes en la canal también es menor en caso de enfermedades subclínicas que reducen su absorción intestinal. Los pigmentantes se oxidan durante el almacenamiento de los alimentos, por lo que se les debe añadir antioxidantes.

### 1.8.3 Astaxantina:

La Astaxantina libre es una xantofila roja de tipo carotenoide, su nombre se deriva del genero del cangrejo *Astacus astacus*, químicamente se le conoce como 3,3'dihidroxi-  $\beta$ ,  $\beta$  caroteno-4,4'diona, la cual es una molécula que presenta 40 carbonos (C<sub>40</sub>H<sub>52</sub>O<sub>4</sub>), configurada con dos funciones alcohol y dos cetonas. En la naturaleza, puede existir bajo cuatro configuraciones debido al arreglo asimétrico de los carbonos 3 y 3'; en el reino vegetal, frecuentemente se presentan los isómeros 3S y 3S', esta molécula posee un peso molecular de 596.9 daltons, con un punto de fusión de 224 °C. (Renstrom *et al.*, 1981).

A partir de su descubrimiento este carotenoide fue encontrado principalmente en los invertebrados marinos y con mayor predominancia en los crustáceos, los cuales se caracterizan por poseer entre el 95% a 98% de Astaxantina (Goodwin 1986; Czezug, 1974). Su distribución también alcanza a algunos invertebrados terrestres como insectos ortópteros *Locusta migratoria*, *Schistocera gregaria* y *Nomadacris septemfasciata* (Goodwin, 1986), y pocos vertebrados como las aves (Schiedt *et al.*, 1985).

La Astaxantina se caracterizó por primera vez en 1993 por Khun y Ledere a partir de los huevos de decapodo *Hamarus Americanus* (Karrer y Jucker, 1950). Años más tarde en 1938, Khun y Sorensen aislaron el mismo compuesto de otro decápodo, *Astacus Gammarus*, al que describieron y asignaron el nombre de Astaxantina (Karrer y Jucker, 1950; Johnson, 1991). La Astaxantina es muy común en la naturaleza sobre todo en el ambiente marino y probablemente se conoce mejor por lograr el color rosa-rojo de la carne de salmón, trucha, langostas, cangrejos, entre otros. Estos animales obtienen la Astaxantina de su alimentación a través del zooplancton, insectos y crustáceos que tienen mayor cantidad de Astaxantina. El carotenoide Astaxantina presenta un gran interés científico y comercial ya que es una molécula activa de origen natural de alto valor agregado, que tiene grandes perspectivas de aplicación (Industria farmacéutica, cosmética, Alimenticia, acuicultura). La Astaxantina no puede ser sintetizada por los animales por lo que debe ser suministrada en la dieta de estos, como es el caso de los carotenoides.

## **1.9 Descripción Cangrejo rojo o acocil de agua dulce *procambarus clarkii***

### **1.9.1 Breve Descripción**

El cangrejo rojo es originario de las regiones centro meridionales de los Estados Unidos y del noroeste de México (Hobbs, 1972) donde ocupa masas de agua poco profundas que pueden estar sometidas a fuertes fluctuaciones de nivel (Huner y Barr, 1983). Debido a su amplia tolerancia ambiental es una especie cultivable que ofrece un elevado rendimiento económico, hecho que ha promovido su introducción en numerosas regiones del globo (Hobbs *et al.*, 1989).

El cangrejo de río es el mayor de los macro invertebrados que habitan las aguas continentales. Este hecho unido a la alta apreciación de su carne ha contribuido a que exista un gran interés en este animal desde el punto de vista de la acuicultura, pesca deportiva, gastronomía, etc. En general las distintas especies de cangrejo de río viven en aguas poco profundas, con buena vegetación de ribera y abundancia de refugios que son indispensables para su supervivencia. Los cangrejos pueden vivir tanto en aguas limpias

y frescas de curso rápido como en aguas más templadas de curso lento y fondo limoso. Su actividad crepuscular, periodo en el que buscan pequeños animales, plantas acuáticas y restos de animales para alimentarse. En general las distintas especies presentan tallas medias de unos 8-12 cm (Diéguez-Uribeondo, 1998).

Los cangrejos de río se encuentran repartidos en cuatro familias del orden Decapoda: Astacidae, Cambaridae, y Parastacidae. La familia Astacidae se limita a Europa central a excepción de una especie nativa de California, *Pacifistacus leniusculus*. Las especies de la familia Cambaridae ocupan Norteamérica, siendo alrededor de unas 400 especies. En el hemisferio sur, Australia, nueva Zelanda, Madagascar y Sudamérica encontramos unas 100 especies pertenecientes a la familia Parastacidae. En el continente Africano a excepción de Madagascar y en los trópicos no se encuentran naturalmente ninguna especie de cangrejo de río (Hobbs *et al.*, 1989).

*Procambarus* (S.) *clarkii* es una especie con mucho éxito en la colonización de nuevos ambientes, en virtud del empleo de la estrategia que consiste en un ciclo de vida corto y alta tasa de fecundidad. Esta característica le ha merecido ser considerada como la especie con mayor plasticidad ecológica de todas las Decápodos. Su plasticidad le permite adaptarse a nuevos ambientes, ser tolerante a niveles bajos de oxígeno, resistente a altas temperaturas, tolerante a períodos prolongados de sequía, al permanecer en galerías subterráneas; es además una de las pocas especies de langostilla que puede sobrevivir en agua salada. Si a esto se suma la resistencia de *P. (S.) clarkii* frente al hongo *Aphanomyces astaci*, se concluye que tiene grandes ventajas frente a las especies nativas, como es el caso de la especie europea *Astacus astacus* (Linnée, 1758) que presenta una alta susceptibilidad al hongo mencionado (Holdich *et al.*, 1999).

Al ser *P. clarkii* una especie clave e ingeniera en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Momot, 1995) y con gran capacidad de invasión (Gouyon, 1990), el impacto directo que puede ocasionar su introducción al ecosistema se puede considerar desde

dos puntos de vista. En primer lugar, deben considerarse sus hábitos alimenticios, ya que como gran depredador carnívoro, mientras busca animales ingiere grandes cantidades de herbáceas y detritus (Gutiérrez-Yurrita et al., 1998). En segundo lugar, es destacable su capacidad para alterar la producción total de los ecosistemas (Momot, 1995). La colonización de especies alóctonas puede causar la extinción de la fauna y la flora locales. El impacto que puedan causar especies introducidas es más evidente en zonas con ecosistemas frágiles y en aquellos con presencia de especies endémicas (Galina-Tessaro et al., 1999),

### **1.9.2 Generalidades del cangrejo de río – *Procambarus clarkii*** **Coloración.**

El color del caparazón en su superficie dorsal y ventral es rojo carmín, como se observa en la Figura 9. Los segmentos abdominales, presentan dorsalmente franjas de color rojo oscuro, que alternan con las del color básico (rojo carmín). Las quelas presentan hileras de tubérculos y espinas de color rojo brillante), que resalta frente al color rojo carmín del caparazón (Smithe ,1975).

#### **Aspectos Biológicos:**

Estos organismos son omnívoros, pero también pueden ser saprófagos. Dentro de su comida favorita se encuentran gusanos (Anelidos), insectos, larvas de insectos, huevos de peces, de ranas y de salamandras. Su crecimiento está determinado por factores tales como la disponibilidad de alimento, calidad del agua y la temperatura (temperatura óptima 21 – 27 C°); a mayor temperatura más rápido es su crecimiento. Los adultos pueden alcanzar una longitud total de 20 cm (Holdich et al., 1999).

**Figura 9.** *Procambarus clarkii*. Foto: Fuente de la autora 2012

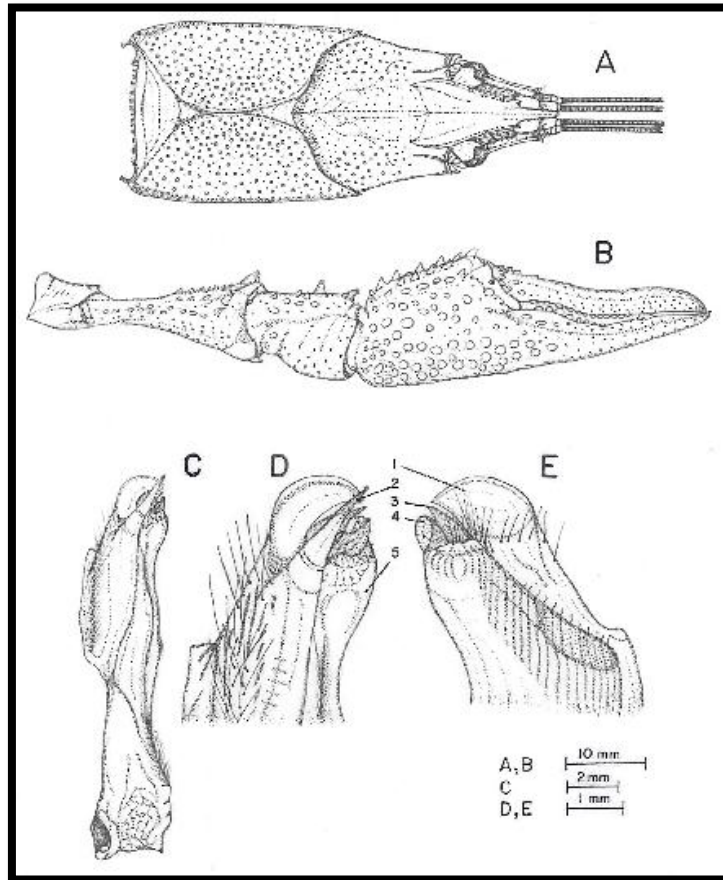


### **Reproducción**

En ésta especie hay un claro dimorfismo sexual, ya que los machos presentan el primer par de pleópodos modificados en dos órganos copuladores, con los que deposita el esperma en un receptáculo seminal que se encuentra en los pereiópodos de las hembras, donde puede permanecer viable durante varios meses o hasta que la hembra realice una muda (Mingorance, M.C. y Gómez, J.I. 2002).

Este dimorfismo sexual no se aprecia hasta que los ejemplares alcanzan una talla aproximada de 3,5 cm. Para que sea efectiva la cópula los machos deben ser del mismo tamaño o ligeramente mayores que las hembras, ya que éste debe agarrar a la hembra y virarla, dejándola en posición ventral. Es frecuente, después de una cópula o de un intento que uno o ambos ejemplares resulten con mutilación de alguno de sus apéndices. Semanas antes de que la hembra vaya a realizar la puesta, aparecen en la cara ventral de sus urópodos unas "marcas de puesta" que son unas manchas de color blanquecino. Figura 10. (Mingorance, M.C. y Gómez, J.I. 2002).

**Figura 10.** *Procambarus clarkii* Morfología en macho, ICN-MHN-CR 2194: A, caparazón, vista dorsal; B, primer pereiopodo, quelado, vista dorsal; C, primer gonopodo del macho, vista mesial; D, detalle del ápice, vista mesial; E, detalle del ápice, vista lateral. 1, proyección central; 2, proceso mesial; 3, proceso triangular; 4, cresta elíptica 5, protuberancia. Fuente: (Mingorance, M.C. y Gómez, J.I. 2002).



Para el desove, la hembra se tumba sobre uno de sus costados y con movimientos del abdomen va expulsando los huevos de los oviductos y fecundándolos con el esperma que tenía retenido. En un primer momento, los huevos están sueltos, bastando cualquier pequeña alteración para que la puesta se pierda; la hembra segrega una sustancia pegajosa a través de unas glándulas situadas en el lado ventral de los segmentos abdominales que en poco tiempo hace posible que los huevos fecundados queden adheridos a los pleópodos o apéndices abdominales. Una vez con la puesta adherida a su cuerpo, la hembra busca un refugio y prácticamente no se alimenta, mostrando una



conducta muy agresiva cuando otros ejemplares se acercan. Durante el periodo de incubación, la hembra airea y mueve los huevos fecundados con movimientos del abdomen y del urópodo. Además, los huevos van cambiando de color a medida que se van desarrollando.

El tiempo que tardan en eclosionar los huevos es muy variable, y depende básicamente de la temperatura. En cautividad, con temperaturas de 22°-23° C, el tiempo de eclosión oscila entre 20 y 30 días. Una vez eclosionan los huevos, las crías han de escapar rápidamente pues, de lo contrario, son devoradas por la madre. La mortalidad observada después de la eclosión es muy alta, hasta del 70% en condiciones de cautividad y aunque se mantengan los ejemplares separados por tamaños. El desarrollo larvario tiene lugar en el interior del huevo, naciendo las crías totalmente formadas, aunque existe una clara diferencia de coloración entre los juveniles y los ejemplares adultos. (Mingorance, M.C. 2000).

### **1.9.3 Cangrejo de río – *Procambarus clarkii* en Colombia**

El camarón rojo de río de Louisiana, langosta de quela roja o red claw, fue introducido a Colombia en 1985 desde Estados Unidos, con fines de experimentación exclusivamente. *P. clarkii* fue mantenida en confinamiento en las instalaciones de Agropecuaria Heliodoro Villegas Sucesores S. A., en Palmira (Valle) en el Pacífico colombiano, hasta que fue liberada accidentalmente en la cuenca del río Palmira. La introducción se realizó con el Registro Sanitario del ICA No. ON-867-85, no se efectuó el correspondiente estudio de impacto ambiental a su llegada, aunque sí se realizaron estudios durante 17 meses que incluyeron aspectos relacionados con el cortejo, cópula, desarrollo post larval y cría de juveniles con dietas naturales, así como su relación con la temperatura; recientemente un estudio en la cuenca permitió comprobar la adaptación de la especie y su armónico desarrollo, junto con peces nativos y exóticos, aunque se desconoce su verdadera interacción (Romero-Trigueros, 1988; Romero-Trigueros y Prah, 1988, y Álvarez-León, 2002).

Se evaluó el valor nutritivo de la harina de *Procambarus clarkii* realizando análisis químicos (Weende, perfil de aminoácidos totales limitantes, ácidos grasos, factores tóxicos, análisis microbiológicos, caracterización de minerales, quitina y cuantificación de astaxantina) y biológicos (aceptabilidad, digestibilidad, rendimiento productivo, pigmentación yema, calidad intrínseca del huevo y enriquecimiento nutricional en aves de postura y pollos de engorde) (Gomez, 2014).

Los resultados de la investigación indican que la harina de *Procambarus clarkii* es una materia prima de buena calidad porque aporta un buen contenido de proteína cruda, perfil de Aminoácidos totales limitantes, buen contenido de Ácidos Grasos mono insaturados y poli insaturados, buen contenido de fósforo disponible, alta concentración de Astaxantina y por ende su potencial de Antioxidante Biológico para la salud humana y animal (Gomez, 2014).

Aunque el cangrejo puede vivir en medios insalubres la harina de esta especie no presenta evidencia alguna de agentes microbiológicos o tóxicos que pudieran afectar la salud animal y humana.

Desde el punto de vista Biológico se podría decir que la *Procambarus clarkii* es de alta aceptabilidad tanto sola como combinada, en aves de postura o en pollos de engorde.

En cuanto a la digestibilidad la mejor respuesta se obtuvo cuando se realizó la prueba de la digestibilidad de la proteína total metabolizada y en pollos de engorde se utilizó la digestibilidad ileal sin marcador, observándose variaciones en las respuestas según las variables consideradas así:

La digestibilidad de la proteína se redujo conforme se incrementaron los niveles de reemplazo, la digestibilidad de la materia seca se mantuvo constante y la digestibilidad de la energía aumento con los niveles más altos de reemplazo.

En el rendimiento productivo los tratamientos experimentales en aves de postura dieron una mejor respuesta en producción, peso y conversiones; siendo la de mejor respuesta el tratamiento 3 con un 22.25% de reemplazo. No obstante en pollos de engorde se observó igualmente una mejor respuesta en los tratamientos experimentales; siendo los mejores tratamientos 2 y 6 con un 20% de reemplazo incremental.

Los niveles de astaxantina aportados por la harina de cangrejo, incrementaron el contenido de esta en la yema de huevo, es decir, hay enriquecimiento mejorando la capacidad antioxidante del huevo para consumo humano. Igualmente hubo cambios metabólicos en el perfil de ácidos grasos en el huevo con respecto al perfil de la dieta, teniendo así un nivel de ácidos grasos mono insaturados n3 que se incrementaron y bajaron los niveles de PUFAS y n6, conllevando así a una mejor relación de insaturados vs saturados, lo anterior considerándose factores benéficos para la salud humana y probablemente animal. En otras palabras tanto la astaxantina como el cambio metabólico del perfil de ácidos grasos harían considerar el huevo como alimento funcional.

Como factores negativos por el empleo de la harina de *procambarus clarkii* se encontró en los análisis químicos un alto contenido de calcio (17,29%) que afectó la formulación de dietas y la salud animal, sobre todo en pollos de engorde menores de 21 días. Igualmente presenta quitina, alto contenido de cenizas y de astaxantina que podía considerarse esta última desfavorable porque produce niveles altos de pigmentación superiores a los aceptados para consumo humano e indirectamente limita el poder incluir niveles más altos de harina de *procambarus clarkii* en reemplazo de proteína de torta de soya (Gomez, 2014).

#### 1.9.4 Estudios relacionados con el uso de pigmentantes en la producción avícola.

Restrepo *et al.*, (2007) realizaron experimentos para evaluar el efecto de dos fuentes sintéticas de pigmento rojo y el tiempo de almacenamiento sobre la coloración de la yema de huevo. Cada experimento utilizó 128 gallinas Lohmann Brown con 38 semanas de producción, alimentadas a voluntad con una dieta balanceada ofrecida en forma de harina. En el experimento 1 se evaluaron cuatro tratamientos durante seis semanas: T1 (aditivo A: 10 g carofil amarillo/ton y 27 g carofil rojo/ton que equivalen a 2.7 g de cantaxantina/ton); T2 (aditivo B: 10 g carofil amarillo y 108 g carofil rojo que equivalen a 2.7 g/ton); T3 (aditivo B: 10 g carofil amarillo y 113.4 g carofil rojo que equivalen a 2.83 g/ton o 5% por encima de T2); y T4 (aditivo B: 10 g carofil amarillo y 118.8 g carofil rojo que equivalen a 2.97 g/ton o 10% por encima de T2). En el experimento 2 se evaluaron cuatro tratamientos durante cinco semanas: T1 (semejante a T1 del experimento 1); T2 (aditivo B: 10 g carofil amarillo y 124.2 g carofil rojo que equivalen a 3.10 g de cantaxantina/ton o 15% por encima de T1); T3 (aditivo B: 10 g carofil amarillo y 113.4 g carofil rojo o 20% por encima de T2); y T4 (aditivo B: 10 g carofil amarillo y 118.8 g carofil rojo que equivalen a 2.97 g/ton o 10% por encima de T2). En ambos experimentos se registraron el consumo de alimento y la coloración de la yema. Semanalmente se tomaron 128 huevos. Ambos experimentos fueron analizados en un diseño de parcelas divididas con medidas repetidas en el tiempo y un diseño factorial 4 x 2. Las variables de respuesta fueron analizadas con el modelo GLM y las medias se compararon por la prueba Duncan al 5% de probabilidad en el programa SAS (1989). En ambos experimentos no hubo diferencia entre los tratamientos para el consumo de alimento.

En el experimento uno en huevos frescos los valores de la coloración fueron: 12.94, 11.85, 11.96, y 12.35 para T1, T2, T3 y T4, respectivamente. Una semana después los valores fueron: 12.33, 11.38, 11.67, y 11.85 para los mismos tratamientos. El almacenamiento redujo la coloración (11.81) cuando se comparó con los huevos frescos (12.28). En el experimento 2 en los huevos frescos los valores de la coloración fueron: 12.81, 12.5, 12.38 y 11.83 para T1, T2, T3 y T4. Una semana después de almacenados los huevos tuvieron los siguientes valores: 12.44, 11.58, 12 y 11.46 para los mismos

tratamientos. El almacenamiento redujo la coloración (11.87) cuando se comparó con la de los huevos frescos (12.38).

Zacarías *et al.* (2012) utilizando 28 gallinas ponedoras White Leghorns, del híbrido comercial cubano L-33, durante ocho semanas comprendidas en el pico de postura (36 a 43 semanas de edad), evaluó la harina de raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis* J.) como pigmentantes de la yema de los huevos, a partir de su incorporación a la dieta de gallinas ponedoras durante el pico de puesta. Los tratamientos utilizados consistieron en dos dietas (I- harina de yuca + aceite de palma africana, II- harina de yuca + aceite de palma africana + 2.5 % de harina de follaje de yuca). La viabilidad fue de 100 % en todos los tratamientos. No se encontraron diferencias para postura (91.59 y 90.10 %), la que sobrepasó el potencial de este híbrido durante el pico de puesta (90 %), conversión del alimento/huevo (118 y 120 g de alimento/huevo), masa de huevo producida (3071 y 3027 g/ave) y conversión masal (1.98 y 2.00). La pigmentación de la yema de huevo se duplicó, al adicionar 2.5 % de harina de follaje de yuca a las dietas (3 y 6 en la escala Roche). Como resultado de este estudio se determinó que es posible mejorar la pigmentación de la yema de huevo y reducir los costos de alimentación de las gallinas ponedoras, cuando se incluye 2.5 % de harina de follaje de yuca a dietas donde la harina de yuca y el aceite de palma africana son fuentes básicas de almidón y lípidos para las gallinas ponedoras.

Utilizando gallinas ponedoras del híbrido comercial Warren, se realizó un estudio para evaluar el uso de Achiote *Bixa orellana* L, en dietas de gallinas ponedoras como pigmentador de la yema de huevo. Para ello, se llevaron a cabo análisis químicos para evaluar la composición de tres cultivares de achiote. El contenido total de pigmento fue de 55 a 60 mg / kg de semilla seca; 22 a 25 mg / kg en la fruta entera y 0,45 a 0,60 mg / kg en la cáscara. El contenido de bixina que es el principal colorante de la yema del huevo, fue de 50 mg / kg en semillas; 0,25 a 0,5 mg / kg en la cáscara. Se encontraron un promedio de 42 semillas por fruto. Las gallinas ponedoras Warren se colocaron en jaulas individuales, durante un período de 5 semanas para evaluar el achiote como pigmentador para la yema de huevo. Se utilizaron ocho tratamientos: 1: dieta basal; 2:

0,003% Carophyll amarillo; 3: 0,1% achiote; 4, 0,2010 achiote; 5,0.3% achiote; 6: 0,4% achiote; 7: 0,5% achiote y 8: 0,6% achiote. Carophyll arrojó la mayor coloración de la yema (9,45 unidades de escala Roch), seguido por el nivel de 0,6% de achiote (6,27 unidades); las diferencias fueron significativas. Una ecuación de predicción mostró que 203 g de pigmento de achiote son necesarios por tonelada de alimento, lo que equivale al 1,06% de la harina de achiote en la dieta. Además, los análisis económicos demostraron que el uso de harina de achiote es más rentable (Araya *et al.*, 1977).

Otro trabajo investigó los efectos de las diversas fuentes de carotenoides naturales (concentrado de alfalfa, polvo de tomate y extracto de caléndula) como aditivos en la alimentación de codornices en la pigmentación de la yema de huevo y la composición de carotenoides. Se alimentaron codornices japonesa adultas, con cinco dietas diferentes. Las tres primeras dietas fueron las siguientes: concentrado y alfalfa (dieta PX); concentrado y polvo de tomate (dieta TP); concentrado y extracto de caléndula (Dieta MG), La cuarta dieta contenía extracto de caléndula y polvo de tomate (Dieta MG+TP) y una dieta control (a base de trigo / cebada) baja en carotenoides. Todos los productos se añadieron a una tasa de 2 %, además se añadió extracto de caléndula a una tasa de 0,2 %. La evaluación visual del color de la yema (abanico de colores Roche) mostró un color yema estabilizada de 1.6, 7.7, 8.5, 8.8 y 10.6 para los tratamientos control, PX, TP, MG y MG+TP, respectivamente. La concentración total de carotenoides de las yemas de huevo fueron 2.2, 22.4, 4.1, 39.0 y 37.7 mg/g para los grupos experimentales alimentados con las siguientes dietas: control, PX, TP, MG y MG+TP, respectivamente.

La deposición de retinol,  $\alpha$  - tocoferol y  $\gamma$  - tocoferol en la yema de huevo no se vio afectada por los tratamientos. Otro resultado demostró que la luteína fue el principal carotenoide en la yema de huevo: 1.65, 17.97, 2.03, 31.14 y 28.57 mg/g en el control, PX, TP, Mg y MG+TP, respectivamente. Además la inclusión de TP en la dieta de codorniz resultó en la transferencia de licopeno al huevo. Se concluyó que, en comparación con el grupo control, hubo un aumento en las concentraciones de yema de luteína, zeaxantina, licopeno y  $\beta$  - caroteno en los huevos producidos con las dietas suplementadas con carotenoides naturales (Karadas *et al.*, 2006).

Carranco *et al.* (2006) evaluaron el efecto de la inclusión de harina de camarón (*Litopenaeus* spp.) (HC) y de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) (HL) en dietas para gallinas ponedoras, específicamente en las variables productivas y en la evaluación sensorial del huevo, a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento. Para ello, se distribuyeron 135 gallinas ponedoras Isa-Brown, de 32 semanas de edad, se distribuyeron en tres tratamientos, según diseño completamente al azar (testigo, HC al 20 % y HL al 4 %) con cinco repeticiones cada uno. Las harinas de los crustáceos sustituyeron parcialmente a la soya y al sorgo en la formulación de las dietas. Estas se prepararon de acuerdo con lo establecido por NCR (1994) para gallinas en producción, de modo que quedaran isoproteicas (15% de proteína) e isocalóricas (11.62 KJ/g). El agua y el alimento se ofrecieron a libre acceso.

Los resultados se analizaron por ANDEVA y Friedman. Se demostró que variables productivas, como la evaluación sensorial, no mostraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos hasta los 15 días de almacenamiento. Se concluye que, además de ofrecer otra alternativa de alimento en la avicultura, la incorporación de harina de crustáceos no afectó el rendimiento productivo de las aves ni provocó efectos negativos sensoriales, siempre que su almacenamiento no fue prolongado. Además, estos subproductos de la industria pesquera se pueden utilizar como fuente de proteínas y pigmentos en la alimentación de las aves. Esto podría contribuir al control de la contaminación que generan estos crustáceos. Se sugiere consumir el huevo almacenado hasta 15 días, a 20 y 4 °C.

En otro trabajo, se evaluó la sustitución de maíz por harina de raíz de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el aceite crudo de soya por aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis* J.) en dietas para gallinas ponedoras. Se utilizaron 42 gallinas ponedoras White Leghorns, del híbrido comercial cubano L-33, durante ocho semanas comprendidas en el pico de postura (36 a 43 semanas de edad), para evaluar. Se realizó análisis de varianza, con tres tratamientos y 14 repeticiones (una jaula con una gallina). Los tratamientos consistieron en tres dietas (1- harina de maíz + aceite de soya; 2- 25 % harina de yuca + aceite de palma africana; 3- 53 % harina de yuca + aceite de palma

africana), con 15.71 % de PB; 3.83 % de Ca y 0.36 % de P disponible. La viabilidad fue de 100% en todos los tratamientos. No se hallaron diferencias para postura (92.21, 92.09 y 91.59 %), la cual sobrepasó el potencial de este híbrido durante el pico de puesta (90 %), conversión (118g de pienso/huevo en los tres tratamientos), masa del huevo producida (3066, 3114 y 3071 g/ave) y conversión masal (1.99, 1.95 y 1.98 alimento consumido/masa de huevo).

La pigmentación de la yema de huevo se redujo al incrementar el nivel de la harina de yuca en las dietas (6, 4 y 3 en la escala Roche), lo mismo que el costo del alimento ingerido en 56 d por cada gallina (2.56, 2.15 y 1.83 USD/ave). Se determinó que es posible sustituir totalmente la harina de maíz por harina de yuca y el aceite de soya por aceite de palma africana en las dietas para gallinas ponedoras durante el pico de puesta, con efecto económico positivo, y sin dañar el comportamiento productivo de las aves (Zacarías *et al.*, 2012).

## 1.10 Industria alimentos balanceados para la producción animal.

Los programas de alimentación animal deben dirigirse a conseguir en las explotaciones un mejoramiento continuo de los animales, suministrándoles los nutrientes necesarios en cantidad y calidad que permitan un buen nivel de desempeño productivo, así mismo la salud y bienestar del lote. En la industria avícola colombiana, se crían predominantemente pollos de engorde y gallinas ponedoras comerciales y reproductoras en explotaciones intensivas en las cuales los animales consumen de forma exclusiva alimentos balanceados completos. Según el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA (1996), los alimentos completos balanceados se definen como: «Productos balanceados o mezclas de ingredientes que se administran a un animal, destinados a suplir sus necesidades nutricionales como única fuente de alimento».

Los alimentos completos balanceados para las aves de corral buscan mantener la actividad metabólica de los animales y permitir que cumplan con su finalidad productiva,



es por esto que se componen de una mezcla de materias primas que aportan diferentes componentes. Así pues, los cereales, especialmente el maíz y sorgo, proporcionan energía, mientras que la harina de soya y menos frecuentemente harinas de subproductos de origen animal se integran por su aporte de proteínas y aminoácidos; de igual modo, se pueden incluir premezclas de vitaminas y minerales, así como algunos aditivos específicos para cada explotación (SIPSA, 2013).

Dentro de las ventajas de la utilización de alimentos concentrados balanceados se pueden resaltar:

Debido a su proceso de fabricación se asegura el balance deseado de nutrientes durante la alimentación de los animales, así como la calidad sanitaria del alimento.

Gracias a su formulación pueden ser utilizados como alimento exclusivo, lo cual facilita el control de la nutrición de los animales, limitando e incluso eliminando la utilización de suplementos alimenticios.

Permiten controlar particularidades importantes de la presentación de las raciones, tales como color, textura, tamaño de partícula y olor.

Facilitan mantener el registro de la cantidad de alimento suministrado, evitando problemas nutricionales, tanto por exceso como por carencia de nutrientes

Favorecen el manejo rutinario de la alimentación del lote de aves.

En la alimentación de las aves se debe tratar de cubrir los requerimientos al menor costo posible. Según Church (1996) se definen como básicos los siguientes nutrientes: energía, relacionada con el rendimiento energético de los nutrientes durante el metabolismo; proteínas, utilizadas por el animal para construir tejidos blandos, estructurales y de protección; minerales y vitaminas, necesarios en los procesos de construcción de los tejidos y como cofactores de procesos bioquímicos; y finalmente el agua, fundamental para lograr un buen consumo de alimento. (Tabla 11).

**Tabla 11.** Requerimientos Nutricionales de Gallinas Ponedora de Huevos Marrones (g/ave/día)

Nutriente	Ponedoras de Huevos Marrones					
Proteína Bruta						
Calcio						
Fosforo Disponible						
Fosforo Digestible						
Potasio						
Sodio						
Cloro						
Acido Linoleico						
Peso Corporal, Kg	1,600		1,800		1,900	
Ganancia, g/día	2,0		1,0		0,0	
Masa de Huevo, g/día	57,0		52,0		48,0	
<b>Aminoacido</b>	<b>Dig</b>	<b>Total</b>	<b>Dig</b>	<b>Total</b>	<b>Dig</b>	<b>Total</b>
Lisina	0,846	0,951	0,774	0,870	0,708	0,796
Metionina	0,423	0,466	0,387	0,426	0,354	0,390
Metionina + Cistina	0,770	0,856	0,704	0,783	0,644	0,716
Treonina	0,643	0,751	0,588	0,687	0,538	0,629
Triptofano	0,195	0,219	0,178	0,200	0,163	0,183
Arginina	0,846	0,913	0,774	0,835	0,708	0,764
Glicina + Serina	0,651	0,761	0,569	0,696	0,545	0,637
Valina	0,804	0,903	0,735	0,826	0,673	0,756
Isoleucina	0,643	0,723	0,588	0,661	0,538	0,605
Leucina	1,032	1,132	0,944	1,035	0,864	0,947
Histidina	0,245	0,266	0,224	0,244	0,205	0,223
Fenilalanina	0,550	0,599	0,503	0,548	0,460	0,501
Fenilalanina + Tirosina	0,998	1,093	0,913	1,000	0,835	0,915

Fuente Rostagno (2011)

La dieta de las aves está compuesta por diferentes ingredientes que les proporcionan los nutrientes necesarios; a continuación se describen brevemente aquellos usados con mayor frecuencia en la fabricación de los piensos para avicultura:

**Maíz:** Es el cereal más utilizado para la elaboración de alimentos completos balanceados para aves, por ser una buena fuente de energía disponible debido su alto contenido de almidón y grasa. También se destaca por su palatabilidad y bajo contenido de factores

antinutricionales<sup>1</sup>, lo que garantiza una buena aceptación y consumo de parte de los animales. Su contenido de proteína es bajo, así como su concentración de minerales.

**Sorgo:** Las variedades de este cereal con bajo contenido de taninos (reconocidos como factores antinutricionales) se pueden utilizar libremente como complemento o reemplazo del maíz, pues contienen aproximadamente entre 90 y 95 % de la energía del mismo.

**Harina de soya:** Es la fuente más común de proteína vegetal utilizada para alimentación de aves de corral, además de una buena cantidad de energía metabolizable.

El grano sin cocinar contiene factores antinutricionales que con el calor del procesamiento industrial son destruidos, por lo cual se considera que no presenta limitaciones de uso.

**Fuentes de minerales y vitaminas:** Se utilizan suplementos de calcio (piedra caliza y conchas), calcio y fósforo (fosfato dicálcico, roca fosfórica, harina de hueso), mezclas de oligoelementos, sodio, premezclas de vitaminas y aminoácidos (lisina, metionina, treonina).

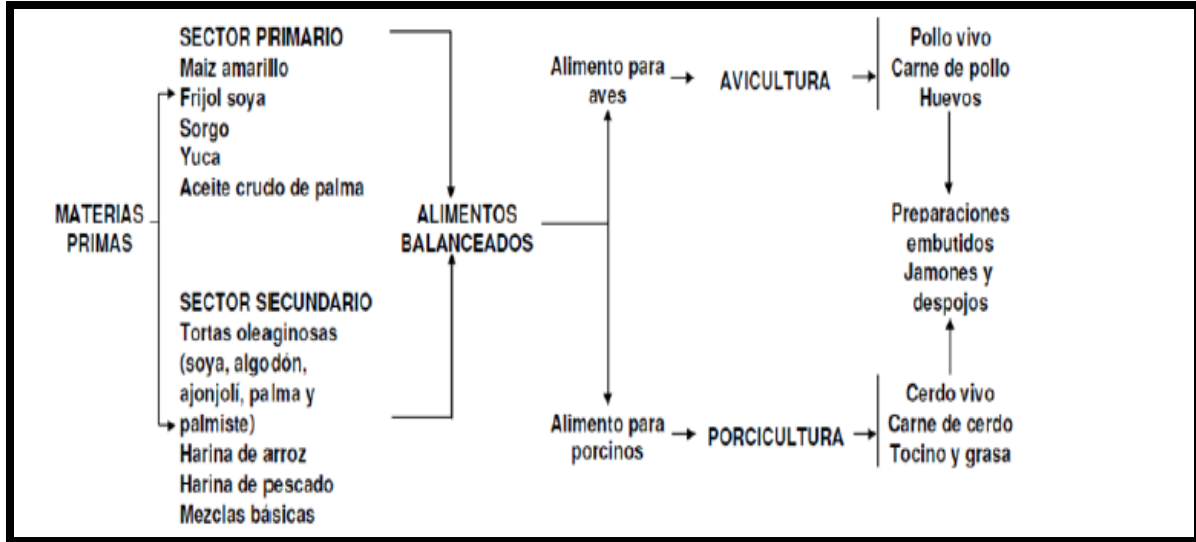
La producción de alimentos concentrados para animales creció en 2012 a una tasa de 3,7% por debajo del crecimiento de la economía colombiana, pero superior al de la industria manufacturera. Este desempeño, a pesar de ser inferior a los resultados del año

---

<sup>1</sup> Los factores antinutricionales son sustancias naturales, tales como saponinas, taninos y alcaloides, producto del metabolismo de las plantas, como protección frente al ataque de diferentes organismos como hongos, bacterias, insectos, que al utilizarse en la alimentación de los animales causan reducción del consumo de alimento, mala digestión y baja absorción de nutrientes (Belmar, 2009).

anterior, aún deja ver tendencias positivas para los intereses agroindustriales del país. La producción anual llegó a 6 millones toneladas (Aktiva, 2013). Figura 11.

**Figura 11.** Estructura de la cadena de alimentos balanceados, avicultura y porcicultura.



Fuente: Observatorio Agro cadenas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

La Industria de Alimentos Balanceados es el eslabón agroindustrial en la cadena del sector pecuario que se encarga de convertir las materias primas de origen agrícola como sorgo, maíz amarillo, yuca industrial y soya, así como subproductos de la industria del azúcar como melazas y de la molinería como los salvados y mogollas de trigo, maíz y arroz, en alimento para la producción de carne de pollo y cerdo, huevo, leche, quesos y otros derivados lácteos y embutidos entre otros. Estos alimentos no solo son importantes en términos del gasto, sino también en términos nutricionales, ya que algunos de estos alimentos son la fuente primaria de proteína animal que requiere el organismo para su normal desarrollo.

También se encarga de la elaboración de alimento para otras especies animales como mascotas, conejos, equinos, peces y camarones. (ANDI, 2014). Tabla 12.

**Tabla 12.** Producción total país de alimento balanceado para animales, por línea de producción.

LINEAS DE PRODUCCION	TONELADAS								VAR. 13/12
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
AVICULTURA	3.139.800	3.390.984	3.696.173	3.810.754	3.936.509	4.085.096	4.167.818	4.313.692	3.5%
PORCICULTURA	700.000	700.000	660.100	660.100	658.844	757.172	830.000	849.920	2.4%
GANADERIA MENORES	498.500	508.470	539.995	501.115	516.650	526.983	568.614	595.583	4.7%
PISCICULTURA	223.000	228.129	244.098	256.546	278.352	300.621	345.714	402.991	16.6%
TOTAL	88.700	106.440	108.249	116.368	133.823	120.441	142.120	177.416	24.8%
<b>TOTAL</b>	<b>4.650.000</b>	<b>4.934.023</b>	<b>5.248.615</b>	<b>5.344.883</b>	<b>5.551.178</b>	<b>5.791.313</b>	<b>6.054.266</b>	<b>6.339.601</b>	<b>4.7%</b>
VARIACIÓN		6.1%	6.4%	1.8%	3.9%	4.3%	4.5%	4.7%	

Fuente: (ANDI, 2014)

## 1.11 La soya como fuente de proteína en la alimentación animal

El uso de la soya (*Glycine max*) en la alimentación animal ha abierto un amplio panorama a la industria de concentrados, al permitir la formulación de dietas con una excelente concentración y disponibilidad de energía, aminoácidos y ácidos grasos esenciales por su alto contenido de grasas (18 a 20 %) y proteínas (37 a 38%). El frijol de la soya se presenta como una valiosa materia prima para su utilización en la industria destacándose la extracción de aceites y la formulación de alimentos balanceados para animal. Con este recurso es posible satisfacer las necesidades nutricionales de las líneas modernas de aves y cerdos, que exigen raciones de alta calidad nutricional y sanitaria, así como una elevada densidad energética y proteica (GARZON A., V. 1997).

La pasta de soya es la fuente de proteína más importante utilizada en la alimentación animal y es un sub producto del procesamiento de frijol de soya. Más del 90% de frijol de soya producido en el mundo es utilizado en la alimentación de los animales (Van Eys, 2013). La producción del frijol de soya mundial está estimada para más de 268 millones de toneladas métricas y representa un 69% de las fuentes de proteína utilizadas en la alimentación animal. Es la fuente de proteína para la alimentación animal más importante y eficiente del mundo. Contiene un balance ideal de aminoácidos, de allí su amplia utilización en la formulación de alimentos balanceados para animales. La pasta de soya

presenta el mejor patrón de aminoácidos de las fuentes de proteína de origen vegetal. Tiene un alto contenido de lisina, el aminoácido número uno limitante en las dietas de cerdos y caballos, el número dos en las dietas de aves y ganado lechero. Su uso en combinación con los cereales como el maíz, permiten la producción de un alimento casi perfecto para la alimentación de aves, cerdos, ganado y caballos, satisfaciendo la mayoría de nutrientes requeridos por estos animales.

La pasta de soya es esencialmente una fuente de proteína que su uso tiene como objetivo el suministro de aminoácidos a los animales domésticos. Existen especificaciones básica para la composición de pasta de soya (NOPA;2011), aunque su composición nutricional depende mucho del frijol de soya que proceda y de su procesamiento.

## Materiales y Métodos

### 1.12 Localización

El trabajo experimental con gallinas ponedoras, se realizó en el laboratorio agropecuario Mario González Aranda de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, con una temperatura aproximada de 24°C, altura de 1000 m.s.n.m., precipitaciones fluviales anual 1020 milímetros y humedad relativa 72%.

### 1.13 Animales y alojamiento:

Se utilizaron 160 pollitas de la línea Isa Brown de 12 semanas de edad, las cuales recibieron un manejo normal de acuerdo con condiciones de la línea hasta alcanzar la edad de 46 semanas de vida, fecha planeada para iniciar la fase experimental. De estas aves se utilizaron 144 gallinas para el preensayo (46 a 48 semanas de edad) reduciendo a 96 gallinas para el experimento propiamente dicho (51 a 63 semanas de edad).

Durante el preensayo y la fase experimental (46 a 63 semanas de edad), las aves fueron alojadas en un galpón (Figura 12) de 17m largo X 7.5m de ancho y 4m de alto subdividido en 20 cubículos de 2m<sup>2</sup>, los cuales 16 se utilizaron para el experimento (Figura 13) cubículo con un sobre piso o cama de viruta de 10 a 15 cm de espesor con capacidad de alojar 10 gallinas, es decir 5 aves por m<sup>2</sup>, los cuales estaban dotados de bebederos automáticos y comederos para 25 aves y con nidales de 3 puestos.

**Figura 12.** Galpón utilizado durante el experimento. Fuente foto de la autora,2012.



**Figura 13.** Cubículos utilizados durante el experimento. Fuente foto de la Autora,2012.





## 1.14 Fases experimentales

El trabajo comprendió 3 subfases , la subfase 1 de 46 a 48 semanas o preensayo, la subfase 2 de la 49 a 51 semanas de edad y la subfase 3 de las 51 a 63 semanas o experimental propiamente dicha, subdividida en tres periodos de cuatro semanas cada uno, durante estos las aves recibieron las dietas experimentales en forma controlada con base al consumo y requerimientos de las tablas comerciales de la línea Isa Brown y el agua fue ofrecida a voluntad durante todo el periodo.

## 1.15 Tratamientos o Dietas Experimentales

El trabajo comprendió 3 subfases así: preensayo periodo en la cual se buscó determinar el nivel o niveles harina de *Procambarus clarkii* adicionados a la dieta, que además de producir un buen reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo, permitiera producir un nivel de pigmentación aceptable para consumo humano (9-10 Abanico de Roche). Para lo anterior se utilizaron 4 tratamientos con 0%,30%,60%,90% de reemplazo de la proteína de la torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii*.

En la segunda Subfase de las 46 a 51 semanas se suministró a todas las aves una dieta basal normal Tabla (13) que permitiera eliminar los residuos de los tratamientos de la Subfase 1.

**Tabla 13.** Dieta empleadas en la subfase 2 (46 a 51 semanas de edad).

INGREDIENTES	CANTIDAD EN KL
Maíz	55
Soya integral extruida (SIE)	8.0
Torta de Soya	22.45
Aceite de soya	2.025
Fosfato Bicalcico	1.16
Carbonato de Calcio	10.0
Sal	0.30
Premezcla	0.10
Carofil Amarillo	0.0030
DL-metionina-99%	0.22
Relleno (arena lavada, seca y cernida)	0.74
Total	100

En la Subfase 3 o periodo experimental propiamente dicho (51 a 63 semanas) se realizó el experimento de fondo, en el cual se buscó obtener por una parte una pigmentación normal, pero que permitiera en mejor o en mayor reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii* un rendimiento productivo aceptable. Para ello con base en los resultados obtenidos en la Subfase 1, se determinaron los niveles experimentales a evaluar así:

#### **Tratamientos experimentales:**

**Tratamiento 1:** control con pigmentante comercial y 0% harina de cangrejo *Procambarus c.*

**Tratamiento 2:** dieta con el 30% de reemplazo de la proteína de la torta de soya por harina de cangrejo *Procambarus c.* (control nivel pigmentante con la harina de *Procambarus c.*).

**Tratamiento 3:** dieta con el 75% del 30% de sustitución (22.5% de sustitución en la dieta).

**Tratamiento 4:** dieta con el 87.5% del 30% de sustitución (26.25% de sustitución en la dieta).

La composición y análisis calculado de las dietas experimentales o tratamientos se presenta en las Tabla 14.

Estos niveles de sustitución fueron empleados para lograr una pigmentación en la yema de huevo de 9 a 10 (Abanico de Roche), para determinar estos niveles de sustitución se tuvo en cuenta que en el preensayo la dieta control produjo una pigmentación de 9, el tratamiento 2 con un 30% de reemplazo produjo una pigmentación de 12 ( $9/12 = 75\%$ ). Si utilizamos un 75% del 30 % de reemplazo obtenemos un 22,25% que constituye en el tratamiento 2 del experimento de fondo, para el tratamiento 3 equivale a un 87,5% que correspondería a un 26,25%. En otras palabras se determinó un probable nivel de reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii* que permitiera una pigmentación de 9 a 10 en el huevo como ya se dijo anteriormente.

**Tabla 14.** Composición y análisis calculado de las dietas experimentales empleadas en la subfase experimental (51 a 63 semanas de edad).

<b>INGREDIENTES %</b>	<b>T1 0%</b>	<b>T2 30%</b>	<b>T3 22.5%</b>	<b>T4 26.25%</b>
Maiz blanco	55.00	60.00	60.00	60.00
Soya integral extruida (sie)	8.00	8.00	8.00	8.00
torta de soya H	22.45	15.00	16.50	15.70
Harina de cangrejo (procambarus clarkii)	0.00	6.090	4.60	5.35
Aceite de soya	2.025	1.00	0.80	0.850
Fosfato bicalcico	1.160	0.90	1.10	1.10
Carbonato de calcio	10.00	7.50	6.55	7.15
Sal	0.30	0.30	0.30	0.30
Premezcla	0.10	0.10	0.10	0.10
Carofil amarillo	0.003	0.003	0.003	0.003
Carofil rojo	0.0015	0.00	0.00	0.00
DI-metionina-99%	0.220	0.220	0.220	0.220
Relleno	0.740	0.407	1.850	1.20
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>ANALISIS CALCULADO</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	<b>CANTIDAD</b>			
Energía metabolizable kcal/kg	2850	2850	2850	2850
Proteína%	17.40	17,40	17,40	17,40
Metionina%	0.42	0,42	0,42	0,42
Metionina + cistina %	0.70	0,70	0,70	0,70
Lisina %	0.82	0,82	0,82	0,82
Treonina%	0.60	0,60	0,60	0,60
Triptófano%	0.189	0.189	0,189	0,189
Calcio%	4,.10	4,10	4,10	4,10
Fosforo disponible%	0.34	0,34	0,34	0,34

## 1.16 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar tanto en la fase de pre-ensayo como en la fase experimental con 4 tratamientos, 4 repeticiones de 9 y 6 gallinas por repetición en la fase de pre-ensayo y en la fase experimental respectivamente, para un total de 16 repeticiones y 144 gallinas en la fase pre-ensayo y 96 en la fase experimental.

## 1.17 Variables analizadas

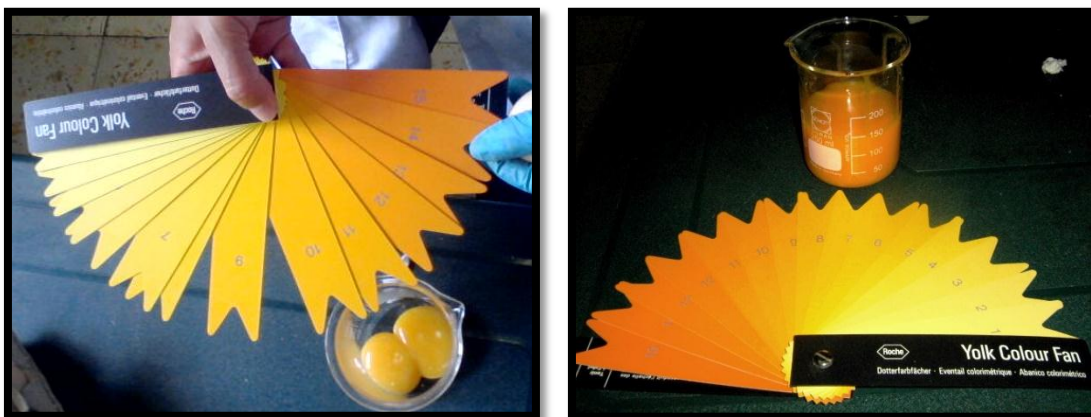
1. Pigmentación de la yema de huevo: Se utilizó la escala de roche.
2. Rendimiento productivo: consumo de alimento, producción huevo, peso huevo, tipo de huevo (clasificación), conversión por docena y kg producido por ave alojada, ave día.
3. Componentes del huevo (altura de albumina, grosor y peso de cascara, peso yema y clara).
4. Pruebas de degustación y calidad sensorial en huevo cocido y frito.

## 1.18 Controles y registros

### 1.18.1 Pigmentación

Estas evaluaciones se hicieron tanto en el preensayo como en el experimento propiamente dicho, se tomaron 5 huevos por repetición y 20 por tratamiento cada 7 días (semana) a los cuales se les determino el grado de pigmentación utilizando la Escala de Roche. Figura 14.

**Figura 14.** Evaluación de la tonalidad de yema de huevo con el Abanico de Roche



Fuente foto de la autora, 2012.

### 1.18.2 Consumo de alimento.

Cada semana se pesó y colocó en un recipiente en cada jaula o repetición el alimento a consumir por cada repetición. A finalizar cada semana se pesó el alimento sobrante en los comederos o recipientes y por diferencia con el suministro inicial se determinó el consumo por ave, repetición y tratamiento. Figura 15.

**Figura 15.** Consumo de alimento en gallinas Isa Brown durante el experimento.



Fuente foto de la autora, 2012.

### 1.18.3 Producción y peso de huevos

Cada día a mañana y tarde se recolectaron los huevos por repetición y tratamiento, fueron pesados en forma individual, se clasificaron según el peso y tipo de huevo, se llevaron registros para determinar la producción por semana por ave repetición y tratamiento. Figura 16.

**Figura 16.** Producción y pesaje de huevos gallinas Isa Brown durante el experimento.



Fuente foto de la autora, 2012.

#### 1.18.4 Tipo de huevo producido (clasificación)

Cada 7 días los huevos producidos por cada repetición y tratamiento, fueron pesados y con base al peso fueron clasificados según escala de FENAVI, como se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Clasificación tipo de huevo producido con base al peso (FENAVI; 2012).

Peso huevo (gr)	Tipo huevo
46	C
46 – 52	B
53 – 59	A
60 – 66	AA
67 -77	AAA
78 o más	Yumbo

### 1.18.5 Conversión por docena de huevo producido.

Al finalizar cada periodo de 28 días se determinó la conversión por docena de huevo producido empleando la siguiente fórmula:

Conversión x docena de huevo producido = consumo de alimento/docena de huevos producidos

$$CA = \frac{\text{Doc. Huevos}}{\text{Alimento consumido gr.}}$$

### 1.18.6 Conversión por kilogramo de huevo producido por ave día y alojado.

Al igual que la conversión por docena, la conversión se calculó empleando la siguiente fórmula:

Conversión x Kg huevo producido por ave día y alojada = consumo de alimento/Kg de huevo producido.

$$\text{Conversión x Kg} = \frac{\text{consumo alimento}}{\text{kilo huevo producido}}$$

### 1.18.7 Mortalidad.

Al final de cada semana, periodo y experimento se determinó la viabilidad de las aves, mediante: Numero de aves muertas / número de aves vivas x 100.

### 1.18.8 Componentes del huevo.

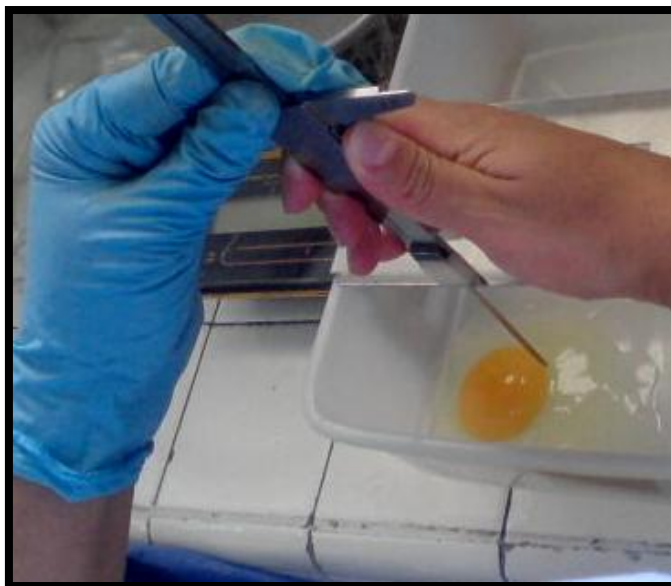
Al finalizar cada periodo de 28 días, a un 5% de los huevos producidos por tratamiento se le determinó altura de la albumina se midió con pie de rey, peso de la cascara, yema y clara con balanza de precisión y el grosor de la cascara con un micrómetro. (Figuras 17 al 22).

**Figura 17.** Evaluación calidad de huevo, Índice morfológico



Fuente: foto de la autora, 2012.

**Figura 18.** Evaluación calidad de huevo, altura albumina.



Fuente: Foto de la autora, 2012.



**Figura 19.** Evaluacion calidad de huevo, Peso cascara.



Fuente foto de la autora,2012.

**Figura 20:** Evaluacion calidad de huevo, peso clara.



Fuente foto de la autora,2012.

**Figura 21:** Evaluación calidad de huevo, yema.



Fuente foto de la autora, 2012.

**Figura 22.** Evaluación calidad de huevo, espesura de la cascara.



Fuente foto de la autora, 2012.

### 1.18.9 Análisis sensorial exploratorio

Disciplina científica que permite estudiar, medir, analizar e interpretar las reacciones a características de los alimentos y los materiales, de acuerdo como se perciben por medio de los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído” (Schutz, 1971).

Las pruebas se llevaron a cabo en la Universidad Nacional Sede Palmira mediante una encuesta (Anexo 1) en la cual participaron 30 personas adultas de ambos sexos (Profesores y estudiantes de Posgrado), consumidores habituales de huevo, para las siguientes pruebas: Hedonica (sabor del huevo), prueba de preferencia para evaluar el color de la yema y prueba olfativa. El objetivo de estas pruebas se realizaron para medir cuanto agrada o desagrada el sabor, color u olor del huevo, por el suministro de harina de cangrejo *Procambarus clarkii* en la dieta.

### 1.19 Análisis estadístico

Los registros de las variables analizadas a saber:

Consumo de alimento, producción y peso de huevos, conversión por docena y Kg. de huevo producido en rendimiento productivo y altura de albumina, grosor y peso de cascara, peso de yema y clara en índice morfológico fueron sometidas a un análisis de varianza de acuerdo con el diseño experimental empleado (Steel y Torrie, 1980).

El ANDEVA para la prueba fue el siguiente:

<b>FV</b>	<b>G</b>
Tratamiento	3
Error (r-1) tratamiento	12
Total	15

Cuando hubo diferencias ( $p < 0.05$ ) en ANDEVA se utilizó el nuevo test de rangos múltiples de Duncan (Steel y Torrie 1980) para separación de medias contenido en el paquete SAS Version.

## **1.20 Análisis Económico**

El análisis económico del experimento se realizó siguiendo la metodología propuesta por el CIMMYT (1988).

### **1.20.1 Análisis de Presupuestos Parciales**

Se estimó el beneficio neto de los tratamientos, el mismo que se obtuvo restando del beneficio bruto los costos que varían.

### **1.20.2 Análisis de Dominancia**

Se ordenaron los tratamientos de menor a mayor costo variables con su respectivo beneficio neto para determinar que tratamientos son dominados.

Un tratamiento es dominado por otro cuando su beneficio neto es igual o menor que el anterior y su costo que varía correspondiente es mayor.

### **1.20.3 Análisis Marginal**

Con este análisis se procedió a medir la magnitud del incremento marginal del beneficio neto de los tratamientos dominantes en relación a los demás y la rentabilidad asociada al incremento del costo marginal lo que se denomina Tasa Marginal de Retorno (TMR).



## **1.21 Subfase pre ensayo (46 a 48 semanas de edad)**

### **1.21.1 Efecto en pigmentación y rendimiento productivo**

Según la Tabla 16 el grado de pigmentación de la yema de huevo de acuerdo con la Escala de Roche, se incrementó conforme se incrementaron los niveles de reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii*.

Las pigmentaciones alcanzadas con las dietas experimentales fueron más altas que lo aceptado para consumo humano (9-10 abanico de roche), este mayor grado de pigmentación alcanzado con los tratamientos experimentales podría atribuirse en parte a la alta concentración de Astaxantina (198,60 mg/100g) (Gomez,2014) que contiene la harina de *Procambarus clarkii* que unido a los niveles altos de reemplazo de la proteína de torta de soya por la proteína de la harina de *Procambarus clarkii* conllevó a altos niveles de pigmentación alcanzados.

Este podría indicar que para alcanzar los niveles de pigmentación deseables para el consumo humano, sería necesario reducir los niveles de reemplazo; para reducir la Astaxantina y el grado de pigmentación; ya que la dieta control sin Astaxantina dio una pigmentación normal.

En rendimiento productivo no hubo diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ) como se observa en la tabla 16 (anexo 2) indicando la homogeneidad estadística en los tratamientos. No obstante desde el punto de vista biológico se puede observar que el porcentaje producción, peso huevo, conversión por docena kilogramo de huevo producido de los tratamientos experimentales (2 y 3) con un 30% y 60% de reemplazo alcanzaron mejores rendimientos en estas variables, que en el grupo control, mientras que el tratamiento 4 (con una 90% de reemplazo) los rendimientos fueron menores que el alcanzado con el grupo control. Lo anterior estaría indicando que desde el punto de vista de rendimiento

productivo podríamos incluir hasta un 60% de reemplazo de la proteína de torta de soya por la proteína de harina de *Procambarus clarkii*.

Estos resultados difieren a los obtenidos por Jáuregui 2008, quien a pesar de no encontrar diferencias estadísticas en los tratamientos, se observó que conforme se incrementó harina de cabezas de camarón en la dieta, los rendimientos tendieron a reducirse, sobre todo en el tratamiento 4 con el 25% de reemplazo, es importante anotar que en el presente trabajo el consumo de alimento fue constante 120 g / ave día, mientras que en el trabajo realizado por Jáuregui el consumo se redujo a 107 g / ave día en el tratamiento 1 versus 91,7 g / ave día en el tratamiento 4, factor que pudo haber incidido en los bajos rendimientos alcanzados en el tratamiento 4.

**Tabla 16.** Efecto en pigmentación y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii* - subfase pre ensayo (46 a 48 semanas).

VARIABLES	TRATAMIENTOS			
	NIVELES REEMPLAZO TORTA DE SOYA POR HARINA DE			
	<i>Procambarus clarkii</i>			
	T 1	T 2	T 3	T 4
	0%	30%	60%	90%
Numero de gallinas	36	36	36	36
Grado de pigmentación	10	12	14	16 o más
Consumo de alimento g	120	120	120	120
% Producción ave/día periodo	91,67 a	94,44 a	91,77 a	88,89 a
Peso huevo ave periodo g	61,25 a	62,25 a	62,25 a	60,5 a
Conversión por docena de Huevos	1,57 a	1,52 a	1,57 a	1,62 a
Conversión kg huevo Producido	2,14 a	2,04 a	2,10 a	2,23 a

a: promedios con igual superscripto no difieren ( $p < 0.05$ ) según Andeva (Steel y Torrie, 1980).



## 1.22 Subfase 2 o experimental propiamente dicha

### 1.22.1 Efecto de pigmentación y rendimiento productivo en la fase experimental propiamente dicha

Según la tabla 17 (Anexo 3) que presenta los resultados en la pigmentación y producción, se puede observar que no hubo diferencias ( $p < 0,05$ ) en las variables analizadas (consumo de alimento, pigmento, producción, peso huevo, producción por docena y kg de huevo producido), a un igual consumo de alimento los rendimientos productivos tendieron a ser muy similares o sea que se podría emplear hasta un 30% de reemplazo de la proteína de torta de soya si económicamente es factible, por proteína de harina de *procambarus clarkii*. Lo anterior estaría indicando que la calidad nutricional de la harina de *procambarus clarkii* a los niveles empleados en las dietas experimentales de un 4,60% en el tratamiento 3, no afecta el rendimiento productivo comparado con el grupo control y más bien tiende a mejorar la respuesta.

En cuanto a la pigmentación se podría decir que los tratamientos 1 y 2 fueron iguales a los empleados en la fase de preensayo y la pigmentación fue igual, lo que indica que hay consistencia en la respuesta. Con respecto a los tratamientos 3 y 4 que en la fase de preensayo dieron una pigmentación de 14 y 16 respectivamente, ya en la fase experimental la pigmentación bajo a 10 y 11, de tal manera que sería factible producir una pigmentación de 9 haciendo los ajustes correspondientes o similares a los que se hicieron en la etapa de preensayo y en la experimental para fijar los nuevos niveles de reemplazo. Estos resultados difieren de los obtenidos por Jáuregui (2008) quien encontró pigmentación de 7.3 y 7.5 con niveles de inclusión de harina de cabezas de camarón al 20% y 25% de reemplazo, con un contenido de Astaxantina de 0,735mg/100g.

Por otra parte los resultados obtenidos en esta tabla estarían indicando que es posible reemplazar la proteína de la torta de soya por proteína de harina de *procambarus clarkii* y obtener una pigmentación de 9 o 10 sin afectar el rendimiento productivo, porque como ya se dijo los tratamientos experimentales con harina de *procambarus clarkii* tendieron a tener mejor producción que el grupo control. Además es posible que la harina de

*procambarus clarkii* contenga otros nutrientes o que metabólicamente produzca algunos cambios orgánicos que mejoran la salud animal, como es el caso de la capacidad antioxidante de la astaxantina o las conversiones de los ácidos grasos mono o poli insaturados que producen un efecto benéfico que va a ser reflejado en la producción de huevos.

También es posible que el mejor rendimiento alcanzado son los que contienen harina de *procambarus clarkii*, esto pudo atribuirse a una mejor calidad de la proteína (digestibilidad o aminoácidos disponibles), las dietas fueron formuladas isonutrientes, el consumo de alimento fue igual para las aves en todos los tratamientos de manera que la diferencia en rendimiento productivo debe atribuirse a una mejor digestibilidad, disponibilidad de nutrientes en los diferentes tratamientos, además es probable que la proporción de los diferentes ingredientes en la dietas experimentales hace variar la mezcla total de cada tratamiento que puede responder de forma diferente a los procesos de digestibilidad, absorción o aprovechamiento de nutrientes.

**Tabla 17.** Efecto de rendimiento productivo de aves de postura (51 a 63 semanas de edad) debido al empleo de diferentes niveles de reemplazo de torta de soya por la proteína de harina de cangrejo (*Procambarus clarkii*).

VARIABLES	TRATAMIENTOS			
	T 1 0%	T 2 30%	T 3 22.5%	T 4 26,25%
Número de aves	24	24	24	24
Grado de pigmentación	9	12	10	11
Consumo alimento por ave	120	120	120	120
Porcentaje producción	88,19 a	90,48 a	91,62 a	90,32 a
Peso huevo gramos	60,91	60,91	61,16	60,41
Conversión por docena de huevo producido	1,64 a	1,59 a	1,58 a	1,60 a
Conversión por kilogramo de huevo producido	2,24 a	2,18 a	2,19 a	2,21 a
Viabilidad	100%	100%	100%	100%

a: promedios con igual superscripto no difieren ( $p < 0.05$ ) según Andeva (Steel y Torrie, 1980).

### **1.22.2 Efecto en los componentes del huevo (albumina, yema, cascara)**

Hubo diferencias ( $p < 0,05$ ) en las variables analizadas, excepto grosor de la cascara (Tabla 18, Anexo 4), las aves que consumieron las dietas experimentales con el tratamiento 2 con un 30% de reemplazo presentaron mejor peso de la clara, yema y cascara, es de anotar que las dietas con harina de *procambarus clarkii* (T2, T3 y T4) presentaron mejor peso de la clara que el grupo control. Al contrario el grupo control presenta mejor altura de albúmina que los grupos experimentales.

Como ya se dijo antes el tratamiento 2 produjo mejor peso de la clara, yema y cascara, también fue el tratamiento que produjo más huevo tipo AA, lo que se considera muy importante desde el punto de vista económico ya que estos huevos son los que tienen mayor demanda y si tienen más clara, más proteína, también tendrán mejor calidad nutritiva con el mayor efecto benéfico para la salud humana.

Este mejor rendimiento con el tratamiento podría deberse como ya se dijo antes, es probable que la harina de *Procambarus clarkii* contenga otros nutrientes o que metabólicamente produzca algunos cambios orgánicos que mejoran la salud humana y animal, como es el caso de la capacidad antioxidante de la astaxantina o las conversiones de los ácidos grasos mono o poli insaturados que producen un efecto benéfico que va a ser reflejado en la producción de huevos (Gómez, 2014), en resumen se podría decir que la harina de *Procambarus clarkii* en las dietas de ponedoras puede afectar en forma benéfica el contenido de algunos componentes del huevo (clara, yema, grosor cascara, altura albúmina) mejorando la calidad biológica del huevo o el factor económico por mejor tipo de huevo producido.

**Tabla 18.** Efecto en pigmentación de la yema y calidad del huevo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (*Procambarus clarkii*).

VARIABLES	T1 0%	T2 30%	T3 22.5%	T4 26,25%
Numero de aves por tratamiento	24	24	24	24
Tonalidad escala de roche	9	12	10	11
Peso clara g	37,44 b	40,74 a	39,58 ab	39,63 ab
Peso yema g	16,53 ab	17,1 a	15,98 b	16,25 ab
Peso cascara g	7,67 ab	8,13 a	7,5 ab	7,31 b
Grosor cascara $\mu m$	20,36 a	19,96 a	20,24 a	20,34 a
Altura albumina mm	0,87	0,69	0,7	0,64

a,b,c promedios con diferente superescrita diferente ( $p < 0.05$ ) según Duncan (Steel y Torrie, 1980).

La tabla 18 presenta los resultados del tipo de huevo producido durante la fase experimental, desde el punto de vista estadístico y biológico hubo diferencias en las respuestas de los tratamientos (Anexo 5). Huevo tipo A hubo diferencias entre los 4 tratamientos trabajados excepto el 2 y el 3 que tuvieron la producción más baja. Para el tipo de huevo AA no hubo diferencias en los tratamientos 2 y 3 que presentaron las producciones más altas de este tipo de huevos, seguido por el tratamiento 4 y el nivel más bajo fue con el grupo testigo. Para el tipo de huevo AAA no hubo diferencias entre el grupo testigo y el tratamiento 3, pero los tratamientos 2 y 4 presentaron los niveles más bajos de producción con diferencias estadísticas en todos los tratamientos. El tipo de huevos C y B no son preponderantes porque su producción va decayendo conforme avanza la producción de huevos, ya que el huevo va aumentando de tamaño y peso y este se fija en tipo A, AA y AAA.

**Tabla 19.** Efecto en tipo de huevo producido debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (*Procambarus clarkii*).

<b>Clasificación huevo Tipo huevo</b>	<b>T1 Control</b>	<b>T2 30%</b>	<b>T3 22.5%</b>	<b>T4 26,25%</b>
C	0 b	0 b	5 a	0 b
B	20 b	25 b	24 b	50 b
A	402 a	283 c	263 c	362 b
AA	906 c	1107 a	1091 a	1025 b
AAA	153 a	105 b	157 a	80 b
<b>Totales</b>	<b>1481</b>	<b>1520</b>	<b>1540</b>	<b>1517</b>

a,b,c promedios con diferente supercripta diferente ( $p < 0.05$ ) según Duncan (Steel y Torrie, 1980).

Es de anotar que el tipo de huevo que tuvo mayor preponderancia en todos los tratamientos fue el AA, seguido por el huevo tipo A y el AAA en el último lugar. Hubo variación de la respuesta entre tratamientos, hubo diferencias en el tipo de huevo A entre tratamientos, el tratamiento 1 fue el que más huevos tipo A produjo, seguido por el 4, 2 y el 3 con niveles más bajos. Para el tipo de huevo AA los tratamientos 2 y 3 produjeron mayor tipo de este huevo, seguido por el tratamiento 4 y el más bajo fue el tratamiento 1.

## 1.23 Análisis sensorial

Se tuvo en cuenta el efecto visual, gustativo, olfativo, tanto en huevos cocidos como en huevo frito a término medio.

En cuanto al efecto visual según la Tabla 20 se puede observar que hubo una dispersión en el efecto pigmentante, dando diferentes tipos de color lo cual tendió a ser más marcado con los niveles más altos de reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de *Procambarus clarkii*. Esta disgregación de color se le podría atribuir a una falta de ajuste de los niveles a emplear tanto en pigmentante rojo (en este caso astaxantina) de la harina de cangrejo experimental o en el pigmentante amarillo o ambos, pero es una condición que puede ser corregida con dicho ajuste.

En aspecto gustativo y olfativo hubo una aceptación de 100% (Tabla 20).

**Tabla 20.** Evaluación sensorial, 30 personas adultas encuestadas (Shchutz 1971).

VARIABLES	COCIDO A TERMINO DURO				FRITO A TERMINO MEDIO			
	T1 (0%)	T2 (30%)	T3 (22.5%)	T4 (26,25%)	T1 (0%)	T2 (30%)	T3 (22.5%)	T4 (26,25%)
Color	Muy rojo							
	Rojo							
	Rosado		28,0	16,65	36,67		31,48	19,40
	Naranja	3,33	46,67	66,67	43,86		56,67	43,33
	Amarillo	96,67 <sup>1</sup>	25,33	16,68	19,47	100	11,85	56,67
Sabor	Tradicional	100	100	100	100	100	100	100
	Pescado							
	Concentrado							
Olor	Tradicional	100	100	100	100	100	100	100
	Pescado							
	Concentrado							

<sup>1</sup>.Porcentaje de aceptación de personas encuestadas.

## 1.24 Análisis económico:

Las Tablas 21, 22 y 23 nos presentan respectivamente los costos de las materias primas experimentales, los costos de la alimentación por tratamiento y los ingresos por producción (número y tipo de huevo) por tratamiento. Las tablas 24 y 25 nos presentan el análisis de presupuestos parciales y el análisis de Dominancia respectivamente.

**Tabla 21.** Costo materias primas, dietas experimentales tesis maestría "efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río (*Procambarus clarkii*) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad).

MATERIAS PRIMAS	COSTOS \$ /Kg.
Maíz	530
Soya integral extruida (SIE)	1450
Torta de soya	1400
Harina de <i>procambarus clarkii</i> <sup>1</sup>	1556
Aceite de soya	2000
Fosfato bicalcico	2000
Carbonato de calcio	140
Sal	500
Premezcla aves de postura	22750
Carofil amarillo	250000
Carofil rojo	350000
DI. metionina 99%	12000
Relleno (arena fina,seca.sernida)	30

<sup>1</sup>. Costo estimado con base al costo del punto de proteína de torta de soya.

**Tabla 22.** Costo alimentación/gallinas tesis maestría "efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río (*Procambarus clarkii*) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad)".

VARIABLES	TRATAMIENTOS			
	1 0% <sup>1</sup>	2 30% <sup>1</sup>	3 22.5% <sup>1</sup>	4 26.25% <sup>1</sup>
Numero de aves	24	24	24	24
Alimento consumido (12 Semanasx7díasx120gr.ave día) kg.	242	242	242	242
Costo,kg,alimento	863	843	840	842
Costo total \$	208846	204006	203280	203764

<sup>1</sup>. Niveles de reemplazo proteína de torta de soya por proteína de *procambarus clarkii* en la dieta.

**Tabla 23.** Ingreso renta huevos según tratamiento en el experimento "efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río (*Procambarus clarkii*) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad)".

CLASIFICACION HUEVO		TRATAMIENTO 1 0% <sup>1</sup>		TRATAMIENTO 2 30% <sup>1</sup>		TRATAMIENTO 3 22.5% <sup>1</sup>		TRATAMIENTO 4 26.25% <sup>1</sup>	
TIPO HUEVO	PRECIO MAYORISTA	CANTIDAD	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO	CANTIDAD	PRECIO
C	\$170					5	\$850		
B	\$174	20	\$3.480	25	\$4.350	24	\$4.176	50	\$8.700
A	\$190	402	\$76.380	283	\$53.770	263	\$49.970	362	\$68.780
AA	\$195	906	\$176.670	1107	\$215.865	1091	\$212.745	1025	\$199.875
AAA	\$200	153	\$30.600	105	\$21.000	157	\$31.400	80	\$16.000
<b>TOTALES</b>		<b>1481</b>	<b>\$287.130</b>	<b>1520</b>	<b>\$294.985</b>	<b>1540</b>	<b>\$299.141</b>	<b>1517</b>	<b>\$293.355</b>

<sup>1</sup>. Niveles de reemplazo proteína de torta de soya por proteína de *procambarus clarkii* en la dieta.



Según la Tabla 24 los Tratamientos que contenían harina de *Procambarus clarkii* (tratamientos 2, 3 y 4) presentaron un mejor beneficio neto con un mejor beneficio bruto de campo, que el grupo control.

**Tabla 24.** Análisis presupuestales parciales experimento "efecto de pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii*"

	TRATAMIENTOS			
	T 1 CONTROL	T 2 30%	T 3 22.5%	T 4 26,25%
Numero de aves	24	24	24	24
Numero huevos producidos	1481	1520	1540	1517
Beneficio bruto de campo	\$287.130 <sup>1</sup>	\$294.985	\$299.141	\$293.355
<b>Costos producción</b>				
Alimento consumido (12 semanasx7 días)	242	242	242	242
Costo kg, alimento consumido	863	843	840	842
Costo total alimento	208846	204006	203280	203764
Costos totales	208846	204006	203280	203764
Beneficio neto	\$78.284	\$90.979	\$95.861	\$89.591
Ordenamiento según beneficio neto	4	2	1	3

<sup>1</sup> Precio de huevo a la fecha.

El mejor beneficio bruto de campo se puede atribuir a mayor número y tipo de huevo (AA) producido, por lo que sería un efecto de tratamiento atribuible a la harina de *Procambarus clarkii* y que puede tener un impacto económico y nutricional, en este sentido hubo un ingreso extra de \$12.000 en el tratamiento 3 versus el tratamiento 1, por ingresos según número y tipo de huevo producido.

También hubo beneficio extra en el costo de la alimentación ya que en el tratamiento 3, la alimentación nos costó \$5.000 comparada con el grupo control.

Al realizar el análisis de Dominancia (Tabla 25) se encuentra que el único tratamiento no dominado fue el tratamiento 3, con un beneficio neto mayor y un costo total menor.

**Tabla 25.** Análisis de Dominancia del experimento "efecto de pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii*"

---

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>BENEFICIO NETO</b>	<b>COSTOS TOTALES</b>
3 Con 22,5% reemplazo	95,861	203,280
2 Con 30% reemplazo	90,979	204,006
4 Con 26,25%reemplazo	89,591	203,764
1 Con 0% reemplazo	78,284	208,846

---

## Conclusiones

En general en el desarrollo de la fase experimental hubo unos rendimientos biológicos superiores (viabilidad 100%, niveles de producción del huevo 91,36 % postura a la 62 semanas de edad, consumo de alimento constante 120 g ave/día durante toda la fase experimental) factores que en parte afectó la adición de harina de *Procambarus clarkii*, además del buen manejo de las aves (Anexo 6).

Análisis químicos preliminares indican que la harina de *Procambarus clarkii* tiene un alto contenido de proteína (50%) y un perfil aceptable de aminoácidos totales igualmente contiene un nivel alto de pigmentante rojo, astaxantina 198,600 mg/100g (Gomez, 2014), ambos ingredientes de inclusión forzosa en las dietas de aves de postura.

El alto contenido de astaxantina de la harina de *Procambarus clarkii* inhibe o limita los niveles a reemplazar de proteína de torta de soya por harina cangrejo, ya que los niveles de reemplazo 30%,60%,90% dan valores de pigmentación superiores a 12 -16 escala de Roche versus los aceptados por humanos 9 - 10 , por lo anterior hubo necesidad de trabajar con niveles de reemplazo menores al 30% los cuales sin afectar el rendimiento productivo redujeron el nivel de pigmentación a un grado aceptable para consumo humano (9-10 escala de Roche).

Los tratamientos experimentales en las cuales se reemplazó proteína de torta de soya por proteína de cangrejo *Procambarus clarkii*, el rendimiento productivo en las variables analizadas fue superior al grupo control.

El grado de pigmentación de la yema en los tratamientos experimentales 3, 4 y 2 fueron iguales o ligeramente superiores al grupo control, considerando como un nivel aceptable de pigmento para consumo humano y así mismo con estos niveles de pigmentación no habría rechazo para su empleo. Lo anterior está indicando que la harina de *Procambarus clarkii* con su alto contenido de astaxantina ( 198,600 mg/100g ) (Gomez,2014) permite con el presente estudio alcanzar pigmentación alta en la yema de huevo que llevarían a pensar que es recomendable evaluar el efecto en aceptación,

consumo, niveles más altos de pigmento en el huevo que permitan no solo el reemplazo de los pigmentantes sintéticos por la astaxantina, sino también que permita hacer reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii* ya que según los resultados obtenidos (tabla 16) los tratamientos 2, 3 y 4 del presente experimento poseen rendimientos superiores en producción y peso de huevo que el tratamiento control.

En cuanto al efecto de los tratamientos en los componentes del huevo se puede observar que las aves que consumieron las dietas con el 30% de reemplazo de proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo *Procambarus clarkii* tuvieron o alcanzaron mejores rendimientos en peso de clara, yema y cascara de huevo en los diferentes tratamientos, y los tratamientos 3 y 4 mejor peso de clara que el grupo control. Probablemente algunos componentes de la harina de *Procambarus clarkii* tengan un efecto favorable para mejorar la calidad de huevo que se refleja no solo en la calidad nutricional del huevo, sino también en la parte económica.

El tratamiento 3 con un nivel de reemplazo del 22.5% de la proteína de torta de soya por proteína de harina de *Procambarus clarkii* produjo la mejor pigmentación (10 en la escala de Roche), el mejor rendimiento productivo y el mejor efecto en los componentes del huevo, reflejado junto con el tratamiento 2 en un mayor número y tipo de huevo producido.

El análisis sensorial indica que el empleo de la harina de *Procambarus clarkii* produce una disgregación de color de la yema, cuando este es cocido o se fritado, factor que sería necesario corregir.

En cuanto a olor y sabor no hubo efectos desfavorables en el huevo por la adición de harina de *Procambarus*.

Un factor a resaltar es el número de huevos y tipo de huevo producido que fue el mejor en las aves que consumieron las dietas con harina de *Procambarus clarkii*. Esta condición es importante no solo desde el punto de vista económico sino desde el punto

de vista nutricional para el humano (mayor disponibilidad de nutrientes por unidad de huevo producido).

Según el análisis económico el tratamiento que produjo el mejor beneficio económico fue el tratamiento 3 con un 22.5% de reemplazo de la proteína de torta de soya, por la proteína de harina de *Procambarus clarkii*, mejor beneficio económico por mayor número de huevo producido, lo que corrobora lo expresado en la conclusión anterior.



A. Anexo: **Formato encuesta para análisis sensorial del huevo.**



**ENCUESTA SOBRE GUSTO SIDAD DEL HUEVO – COLOR - OLOR**

**Fecha:**

**Ciudad:**

**Nombres y apellidos:**

**Desempeño u oficio: Sexo:**

**Edad:**

**Nivel educativo:**

Para responder esta encuesta se deben seguir los siguientes pasos: se hace la entrega de ocho (8) huevos, los cuales vienen por pares del 1 al 4; para consumirlos uno de cada par debe ser cocinado duro y el otro frito a término medio.

Marque con una X una sola opción de cada característica del huevo (tradicional, olor típico del huevo; concentrado-alimento comercial de animales).

Ciencia, tecnología e innovación para el país

---

Carretera 125 No. 125 Palmira, 760000 AGROPECUARIAS, P. 12500  
Código Postal: 760000 Palmira, Cauca, Colombia  
Palmira, Valle del Cauca, Colombia, Sur América



PAR # 1			COCINADO TERMINO DURO		
CARACTERISTICA	MUY ROJO	ROJO	ROSADO	NARANJA	AMARILLO
COLOR					
OTRO (CUAL)					
CARACTERISTICA	TRADICIONAL	PESCADO	CONCENTRADO		
SABOR					
OTRO (CUAL)					
OLOR					
OTRO (CUAL)					

PAR # 1			FRITO TERMINO MEDIO		
CARACTERISTICA	MUY ROJO	ROJO	ROSADO	NARANJA	AMARILLO
COLOR					
OTRO (CUAL)					
CARACTERISTICA	TRADICIONAL	PESCADO	CONCENTRADO		
SABOR					
OTRO (CUAL)					
OLOR					
OTRO (CUAL)					

Ciencia, tecnología e innovación para el país





PAR # 2			COCINADO TERMINO DURO		
CARACTERISTICA	MUY ROJO	ROJO	ROSADO	NARANJA	AMARILLO
COLOR					
OTRO (CUAL)					
CARACTERISTICA	TRADICIONAL	PESCADO	CONCENTRADO		
SABOR					
OTRO (CUAL)					
OLOR					
OTRO (CUAL)					

PAR # 2			FRITO TERMINO MEDIO		
CARACTERISTICA	MUY ROJO	ROJO	ROSADO	NARANJA	AMARILLO
COLOR					
OTRO (CUAL)					
CARACTERISTICA	TRADICIONAL	PESCADO	CONCENTRADO		
SABOR					
OTRO (CUAL)					
OLOR					
OTRO (CUAL)					

Ciencia, tecnología e innovación para el país



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE PALMIRA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PAR # 3			COCINADO TERMINO DURO		
CARACTERISTICA	MUY ROJO	ROJO	ROSADO	NARANJA	AMARILLO
COLOR					
OTRO (CUAL)					
CARACTERISTICA	TRADICIONAL	PESCADO	CONCENTRADO		
SABOR					
OTRO (CUAL)					
OLOR					
OTRO (CUAL)					

PAR # 3			FRITO TERMINO MEDIO		
CARACTERISTICA	MUY ROJO	ROJO	ROSADO	NARANJA	AMARILLO
COLOR					
OTRO (CUAL)					
CARACTERISTICA	TRADICIONAL	PESCADO	CONCENTRADO		
SABOR					
OTRO (CUAL)					
OLOR					
OTRO (CUAL)					

Ciencia, tecnología e innovación para el país



	PAR # 4			COCINADO TERMINO DURO		
CARACTERISTICA	MUY ROJO	ROJO	ROSADO	NARANJA	AMARILLO	
COLOR						
OTRO (CUAL)						
CARACTERISTICA	TRADICIONAL	PESCADO	CONCENTRADO			
SABOR						
OTRO (CUAL)						
OLOR						
OTRO (CUAL)						

	PAR # 4			FRITO TERMINO MEDIO		
CARACTERISTICA	MUY ROJO	ROJO	ROSADO	NARANJA	AMARILLO	
COLOR						
OTRO (CUAL)						
CARACTERISTICA	TRADICIONAL	PESCADO	CONCENTRADO			
SABOR						
OTRO (CUAL)						
OLOR						
OTRO (CUAL)						

Ciencia, tecnología e innovación para el país

Carrera 33 No. 13 - 26 - 59, Cali, Colombia, TORRE ADMINISTRATIVA, 1º piso  
 \*Corredor: 01-21 280 8888 Ext. 20008  
 Oficina electrónica: [ciencia@unal.edu.co](mailto:ciencia@unal.edu.co)  
 Palmira, Valle del Cauca, Colombia, Sur América



**B. Anexo: Efecto en pigmentación y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (*Procambarus clarkii*) – subfase pre ensayo (46 a 48 semanas)**

Variable dependiente: postura

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	61.716050	20.572017	0.16	0.9212
Error	12	1542.901250	128.575104		
Total corregido	15	1604.617300			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	postura Media
0.038462	12.36981	11.33910	91.66750

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAM	3	61.71605000	20.57201667	0.16	0.9212

Variable dependiente: Porcentaje Peso Huevo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	8.68750000	2.89583333	0.44	0.7296
Error	12	79.25000000	6.60416667		
Total corregido	15	87.93750000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	P_Pes_Hue Media
0.098792	4.174388	2.569857	61.56250

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAM	3	8.68750000	2.89583333	0.44	0.7296

Variable dependiente: Conversión por docena

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	0.03685000	0.01228333	0.24	0.8650
Error	12	0.60765000	0.05063750		
Total corregido	15	0.64450000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Cover_doc Media

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Cover\_doc Media  
 0.057176 14.13047 0.225028 1.592500

Fuente DF Anova SS Cuadrado de la media F-Valor Pr > F  
 TRATAM 3 0.03685000 0.01228333 0.24 0.8650

Variable dependiente: Conversión por kg de huevo producido

Fuente DF Suma de cuadrados Cuadrado de la media F-Valor Pr > F  
 Modelo 3 0.13685000 0.04561667 0.34 0.7942  
 Error 12 1.59215000 0.13267917  
 Total corregido 15 1.72900000

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE Cov\_kg Media  
 0.079150 16.82455 0.364252 2.165000

Fuente DF Anova SS Cuadrado de la media F-Valor Pr > F  
 TRATAM 3 0.13685000 0.04561667 0.34 0.7942

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango múltiple de Duncan para postura

Alpha 0.05  
 Grados de error de libertad 12  
 Error de cuadrado medio 128.5751  
 Número de medias 2 3 4  
 Rango crítico 17.47 18.29 18.78

Medias con la misma letra  
 no son significativamente  
 diferentes.

Duncan Agrupamiento Media N TRATAM  
 A 94.445 4 2  
 A  
 A 91.668 4 1  
 A  
 A 91.668 4 3  
 A  
 A 88.890 4 4

## Prueba del rango múltiple de Duncan para porcentaje de peso huevo

Alpha	0.05		
Grados de error de libertad	12		
Error de cuadrado medio	6.604167		
Número de medias	2	3	4
Rango crítico	3.959	4.144	4.256

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
A	62.250	4	3
A			
A	62.250	4	2
A			
A	61.250	4	1
A			
A	60.500	4	4

## Procedimiento ANOVA

## Prueba del rango múltiple de Duncan para conversión por docena de huevo producido

Alpha	0.05		
Grados de error de libertad	12		
Error de cuadrado medio	0.050638		
Número de medias	2	3	4
Rango crítico	.3467	.3629	.3727

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
---------------------	-------	---	--------

**Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
A	1.6650	4	4
A			
A	1.5875	4	3
A			
A	1.5875	4	1
A			
A	1.5300	4	2

Procedimiento ANOVA

prueba del rango múltiple de Duncan para Conversión kg de huevo producido

Alpha			0.05
Grados de error de libertad			12
Error de cuadrado medio			0.132679
Número de medias	2	3	4
Rango crítico	.5612	.5874	.6033

**Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.**

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
A	2.3075	4	4
A			
A	2.1700	4	1
A			
A	2.1300	4	3
A			
A	2.0525	4	2



**C. Anexo: Efecto en pigmentación y rendimiento productivo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (*Procambarus clarkii*) – subfase pre ensayo (46 a 48 semanas)**

**Variable dependiente: Porcentaje de postura**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	364.925081	72.985016	4.00	0.0047
Error	42	766.639736	18.253327		
Total corregido	47	1131.564817			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	PorcPost Media
0.322496	4.738999	4.272391	90.15388

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tto	3	73.3705077	24.4568359	1.34	0.2743
ciclo	2	291.5545736	145.7772868	7.99	0.0011

**Variable dependiente: Total Producción Huevos**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	1029.875000	205.975000	4.00	0.0047
Error	42	2164.041667	51.524802		
Total corregido	47	3193.916667			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	TotProdC Media
0.322449	4.739309	7.178078	151.4583

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tto	3	207.0833333	69.0277778	1.34	0.2744
ciclo	2	822.7916667	411.3958333	7.98	0.0012

**Variable dependiente: Kilogramo de Huevo Producido**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	8.30509010	1.66101802	8.60	<.0001
Error	42	8.11460237	0.19320482		
Total corregido	47	16.41969248			

	R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	kghuevopro	Media
	0.505801	4.791146	0.439551		9.174229

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tto	3	0.56958956	0.18986319	0.98	0.4101
Ciclo	2	7.73550054	3.86775027	20.02	<.0001

Procedimiento ANOVA

#### Variable dependiente: Conversión por docena de huevo producido

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.12991746	0.02598349	3.61	0.0084
Error	42	0.30246021	0.00720143		
Total corregido	47	0.43237767			

	R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Convdoc	Media
	0.300472	5.297483	0.084861		1.601917

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tto	3	0.02276917	0.00758972	1.05	0.3788
Ciclo	2	0.10714829	0.05357415	7.44	0.0017

#### Variable dependiente: Conversión por kilogramo de huevo producido

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	5	0.52025260	0.10405052	7.60	<.0001
Error	42	0.57465238	0.01368220		
Total corregido	47	1.09490498			

	R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	convkg	Media
	0.475158	5.299947	0.116971		2.207021

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tto	3	0.02794756	0.00931585	0.68	0.5687
ciclo	2	0.49230504	0.24615252	17.99	<.0001

**D. Anexo: Efecto en calidad del huevo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (*Procambarus clarkii*).**

**Variable dependiente: Peso Cáscara**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	8.01868214	1.33644702	3.37	0.0074
Error	49	19.45850179	0.39711228		
Total corregido	55	27.47718393			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	pesocasc	Media
0.291831	8.234229	0.630168		7.653036

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	5.92963393	1.97654464	4.98	0.0043
rep	3	2.08904821	0.69634940	1.75	0.1684

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	5.92963393	1.97654464	4.98	0.0043
rep	3	2.08904821	0.69634940	1.75	0.1684

**Variable dependiente: Peso clara**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	129.8201339	21.6366890	3.00	0.0142
Error	49	353.6227161	7.2167901		
Total corregido	55	483.4428500			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	pesoclar	Media
0.268533	6.780007	2.686408		39.62250

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	58.01121250	19.33707083	2.68	0.0571
rep	3	71.80892143	23.93630714	3.32	0.0274

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	58.01121250	19.33707083	2.68	0.0571
rep	3	71.80892143	23.93630714	3.32	0.0274

**Variable dependiente: Peso yema**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	13.34269911	2.22378318	1.80	0.1176
Error	49	60.37549911	1.23215304		
Total corregido	55	73.71819821			

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE pesoyem Media  
 0.180996 6.742815 1.110024 16.46232

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	10.97137946	3.65712649	2.97	0.0409
rep	3	2.37131964	0.79043988	0.64	0.5920

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	10.97137946	3.65712649	2.97	0.0409
rep	3	2.37131964	0.79043988	0.64	0.5920

**Variable dependiente: Altura Albúmina**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	0.32092411	0.05348735	1.15	0.3479
Error	49	2.27767411	0.04648315		
Total corregido	55	2.59859821			

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE altAlbum Media  
 0.123499 30.46574 0.215600 0.707679

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	0.27430446	0.09143482	1.97	0.1312
rep	3	0.04661964	0.01553988	0.33	0.8006

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	0.27430446	0.09143482	1.97	0.1312
rep	3	0.04661964	0.01553988	0.33	0.8006

**Variable dependiente: Grosor Cascara**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	6	5.28635625	0.88105937	1.30	0.2736
Error	49	33.13209911	0.67616529		
Total corregido	55	38.41845536			

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE grosorcas Media  
 0.137599 4.069425 0.822293 20.20661

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	1.45873661	0.48624554	0.72	0.5454
rep	3	3.82761964	1.27587321	1.89	0.1441

Fuente	DF	Tipo III SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
tto	3	1.45873661	0.48624554	0.72	0.5454
rep	3	3.82761964	1.27587321	1.89	0.1441

#### Rango Múltiple Duncan para peso cascara

Alpha 0.05  
 Error Degrees of Freedom 49  
 Error de cuadrado medio 0.397112  
 Media armónica de tamaño de celdas 12.8  
 Número de medias 2 3 4  
 Rango crítico .5006 .5265 .5435

Medias con la misma letra  
 no son significativamente  
 diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tto
A	8.1344	16	2
A			
B	7.6688	8	1
B	7.5063	16	3
B	7.3106	16	4

#### Rango múltiple de Duncan para Peso clara

Alpha 0.05  
 Error Degrees of Freedom 49  
 Error de cuadrado medio 7.21679  
 Media armónica de tamaño de celdas 12.8  
 Número de medias 2 3 4  
 Rango crítico 2.134 2.244 2.317

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tto
A	40.742	16	2
A			
B	39.634	16	4
B	A		
B	39.580	16	3
B			
B	37.445	8	1

#### Prueba del rango múltiple de Duncan para peso yema

Alpha		0.05
Error Degrees of Freedom		49
Error de cuadrado medio		1.232153
Media armónica de tamaño de celdas		12.8
Número de medias	2	3
Rango crítico	.8817	.9274
		.9574

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	tto
A	17.1075	16	2
A			
B	16.5325	8	1
B	A		
B	16.2556	16	4
B			
B	15.9888	16	3

#### Prueba del rango múltiple de Duncan para Altura Albumina

Alpha		0.05
Error Degrees of Freedom		49
Error de cuadrado medio		0.046483
Media armónica de tamaño de celdas		12.8
Número de medias	2	3
Rango crítico	.1713	.1801
		.1859

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

	Duncan Agrupamiento	Media	N tto
	A	0.86750	8 1
B	A	0.70313	16 3
B	A	0.69750	16 2
B		0.64250	16 4

### Prueba del rango múltiple de Duncan para grosor cascara

Alpha 0.05  
Error Degrees of Freedom 49  
Error de cuadrado medio 0.676165

Número de medias	2	3	4
Rango crítico	.6245	.6569	.6781

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

	Duncan Agrupamiento	Media	N rep
	A	20.5286	14 2
	A		
B	A	20.2693	14 4
B	A		
B	A	20.2286	14 1
B			
B		19.8000	14 3





**E. Anexo: Anexo D: Efecto en calidad del huevo debido al reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo (*Procambarus clarkii*).**

Variable dependiente: TOTALC

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	4.68750000	1.56250000	25.00	<.0001
Error	12	0.75000000	0.06250000		
Total corregido	15	5.43750000			
R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	TOTALC Media		
0.862069	80.00000	0.250000	0.312500		

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAM	3	4.68750000	1.56250000	25.00	<.0001

Variable dependiente: TOTALB

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	113.1875000	37.7291667	36.96	<.0001
Error	12	12.2500000	1.0208333		
Total corregido	15	125.4375000			
R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	TOTALB Media		
0.902342	21.55441	1.010363	4.687500		

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAM	3	113.1875000	37.7291667	36.96	<.0001

Variable dependiente: TOTAL A

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1823.687500	607.895833	18.11	<.0001
Error	12	402.750000	33.562500		
Total corregido	15	2226.437500			
R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	TOTALA Media		
0.819106	9.468135	5.793315	61.18750		

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAM	3	1823.687500	607.895833	18.11	<.0001

Variable dependiente: TOTAL AA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	---------	--------

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	3680.000000	1226.666667	20.08	<.0001
Error	12	733.000000	61.083333		
Total corregido	15	4413.000000			

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE TOTALAA Media  
 0.833900 4.033849 7.815583 193.7500

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAM	3	3680.000000	1226.666667	20.08	<.0001

Variable dependiente: TOTAL AAA

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	1056.687500	352.229167	16.89	0.0001
Error	12	250.250000	20.854167		
Total corregido	15	1306.937500			

R-cuadrado Coef Var Raíz MSE TOTALAAA Media  
 0.808522 14.76084 4.566636 30.93750

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
TRATAM	3	1056.687500	352.229167	16.89	0.0001

#### Procedimiento ANOVA

Prueba del rango múltiple de Duncan para TOTALC

Alpha	0.05
Grados de error de libertad	12
Error de cuadrado medio	0.0625
Número de medias	2 3 4
Rango crítico	.3851 .4032 .4141

Medias con la misma letra  
 no son significativamente  
 diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
A	1.2500	4	3
B	0.0000	4	2
B			
B	0.0000	4	1
B			

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
B	0.0000	4	4

Prueba del rango múltiple de Duncan para TOTAL B

Alpha	0.05		
Grados de error de libertad	12		
Error de cuadrado medio	1.020833		
Número de medias	2	3	4
Rango crítico	1.557	1.629	1.673

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
A	9.2500	4	4
B	3.7500	4	2
B			
B	3.0000	4	3
B			
B	2.7500	4	1

Prueba del rango múltiple de Duncan para TOTAL A

Alpha	0.05		
Grados de error de libertad	12		
Error de cuadrado medio	33.5625		
Número de medias	2	3	4
Rango crítico	8.925	9.342	9.595

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
A	76.500	4	1
B	65.750	4	4

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
C	52.500	4	2
C			
C	50.000	4	3

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango múltiple de Duncan para TOTALAAA

Alpha 0.05

Grados de error de libertad 12

Error de cuadrado medio 20.85417

Número de medias 2 3 4

Rango crítico 7.035 7.364 7.563

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

Duncan Agrupamiento	Media	N	TRATAM
A	39.250	4	3
A			
A	38.250	4	1
B	26.250	4	2
B			
B	20.000	4	4

Procedimiento ANOVA

Prueba del rango múltiple de Duncan para TOTALAAA

Alpha 0.05

Grados de error de libertad 12

Error de cuadrado medio 20.85417

Número de medias 2 3 4

Rango crítico 7.035 7.364 7.563

Medias con la misma letra  
no son significativamente  
diferentes.

---

Duncan	Agrupamiento	Media	N	TRATAM
A		39.250	4	3
A				
A		38.250	4	1
B		26.250	4	2
B				
B		20.000	4	4

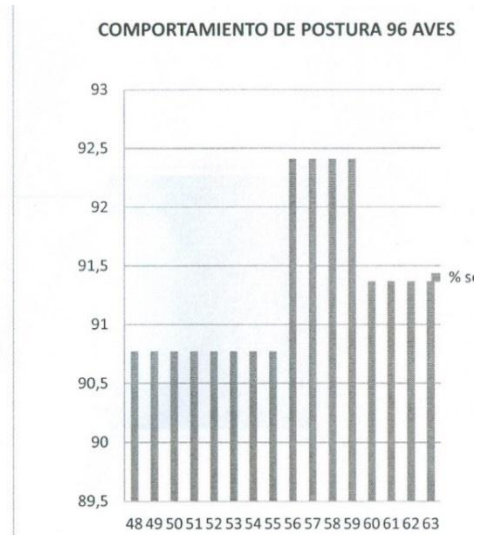


## F. Anexo: Rendimiento productivo galpón, por año.

semana	% semanal
19	1,16071429
20	1,16071429
21	9,82142857
22	39,4642857
23	69,1071429
24	74,1071429
25	87,5892857
26	86,3512284
27	82,6205641
28	86,8061874
29	90,3548681
30	89,3539581
31	94,9044586
32	92,2656961
33	86,4422202
34	90,3548681
35	90,9008189
36	93,7215651
37	94,0855323
38	91,9017288
39	93,0846224
40	90,0818926
41	91,7197452
42	93,7215651
43	97,9981802
44	93,9035487
45	95,8143767
46	88,8989991
47	87,989081



Semana	% semanal
48	90,7738095
49	90,7738095
50	90,7738095
51	90,7738095
52	90,7738095
53	90,7738095
54	90,7738095
55	90,7738095
56	92,4107143
57	92,4107143
58	92,4107143
59	92,4107143
60	91,3690476
61	91,3690476
62	91,3690476
63	91,3690476







## Bibliografía

AHO, Paul, Economista Avícola (2013). El Rol de Huevos de Consumo en la Oferta y Demanda de Proteína Mundial, Poultry Perspective, Escuela Técnica Internacional Bogotá.

AKTIVA, Servicios Financieros (2013), URL:  
<http://aktiva.com.co/blog/Estudios%20sectoriales/2013/Alimentos%20balanceados%202013.pdf>, Recuperado Septiembre 12 de 2014.

ANDI, (2014). Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, Industria de Alimentos Balanceados. URL:  
<http://www.andi.com.co/pages/comun/infogeneral.aspx?Id=14&Tipo=2>  
Recuperado Septiembre de 2014.

ALCOSA, (2014). En la industria avícola. URL:  
<http://www.alcosa.com.mx/pigmento.htm> . Recuperado Octubre de 2014.

ÁLVAREZ-LEÓN, R. & F. de P. Gutiérrez-Bonilla. (2002). Situación de los invertebrados acuáticos introducidos y trasplantados Colombia: antecedentes, efectos y perspectivas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 31 (121): 557-574, ISSN 0370-3908.

- ARAYA, H.H; MURILLO, M; VARGAS, E; DELGADO, J. (1977). Composición y empleo del achiote *Bixa orellana* L en raciones para gallinas ponedoras, para la pigmentación de la yema de huevo. Agron. Costar. 1(2): 143-150.
- ASTIASARAN, I; MARTÍNEZ, J. (2003). Huevos. En: Alimentos. Composición y Propiedades. Mc Graw Hill-Interamericana de España.
- AVILA, E. (1992). Alimentación de las aves, Segunda edición, Mexico D:F: p 75,107.
- CAMPBELL, J.R. y LASLEY, J.F. (1985). *The science of animals that serve humanity*. Nueva York, EE.UU. McGraw-Hill.
- CYMMYT, (1988). (Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo), la formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, un manual metodológico de evaluación económica México DF.p.8-38.
- CONSO, P., (2001), "Cría de ganado y animales de granja. La gallina ponedora". Grupo Editorial CEAC S.A. Perú, pp. 71-77.
- CHURCH D. y POND W. (1996). Fundamentos de nutrición y alimentación de los animales. Noriega editores.México.
- CZECZUGA, B. (1974). Carotenoids in *Euglena rubida* Mainx comp. Biochem. Physiol. 48B: 349-354.

DIÉGUEZ-URIBEONDO J. (2012), El Cangrejo de Río: Distribución, Patología, Inmunología y Ecología. Revista AquaTIC, nº 3, Mayo 1998. Disponible el 20 Marzo de 2012 en URL: <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=&c=32> .

DOBASHI, I., J. FALLON, F. C. EIZMENDI, M. LOUREIRO, K. MATCHETT, R. PARRISH and B. RAQUET. (1999). The Value Chain for Poultry. Pacific Basin Economic Council Working Committee on Food Products, March.

DREYER J. y WINDHORST. (2011). Análisis del mercado mundial del huevo y ovoproductos. XXII Congreso Latinoamericano del Huevo en Buenos Aires, Argentina. Hy-Line International y Comisión Internacional del Huevo.

EL SITIO AVÍCOLA, “El Valle del Cauca busca ser primer productor avícola de Colombia Recuperado Septiembre de 2014” ver más en- URL: <http://www.elsitioavicola.com/poultrynews/28322/el-valle-del-cauca-busca-ser-primer-productor-avicola-decolombia#sthash.9a4ZKZmX.dpuf>.

EVANS TERRY. (2012). Tendencias Avícolas Mundiales: Récord mundial de huevos a pesar de crecimiento más lento.

FAO. (2006). Poultry gene flow study: the relative contribution of indigenous chicken breeds to poultry meat and egg production and consumption in the developing countries of Africa and Asia, por R.A.E. Pym. Borrador elaborado para la FAO. Roma.

FAO, (2010), Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 2010. La situación de Los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura.

FAO, (2010), Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. 2010. Recuperado Enero de 2015, URL: <http://faostat.fao.org/site/535/default.aspx#ancor>

FENAVI, (2013) Federación Nacional de Avicultores de Colombia. *Cifras estadísticas*. Recuperado en Agosto de 2014 de URL: [www.fenavi.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2472&Itemid=1330](http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2472&Itemid=1330).

FENAVI, (2004, 2012), Federación Nacional de Avicultores de Colombia, Edición 170 - Avicultura Colombiana: Crecimiento en medio de la recesión, Tomado de URL: [http://www.fenavi.org/index.php?option=com\\_content&view=article&Itemid=566&id=1852%3Aedicion-170-avicultura-colombiana-2009-crecimiento-en-medio-de-la-recesion](http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&Itemid=566&id=1852%3Aedicion-170-avicultura-colombiana-2009-crecimiento-en-medio-de-la-recesion) . Edición 127 - El compes Avícola. Tomado de URL: [http://www.fenavi.org/index.php?option=com\\_content&view=article&Itemid=566&id=1895%3Aedicion-127-el-compes-avicola](http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&Itemid=566&id=1895%3Aedicion-127-el-compes-avicola)

FLOCK, D.K. y PREISINGER, R. (2002). Breeding plans for poultry with emphasis on sustainability. En Proceedings of the 7th World Congress on

Genetics Applied to Livestock Production, 19–23 de agosto de 2002. Montpellier, Francia.

FUENTES P. (2002). Calidad interna del huevo y su conservación. En: Lecciones sobre el huevo. Instituto de estudios del huevo. Madrid.

GALINA-TESSARO, T.P.; ORTEGA-RUBBIO, A.; ÁLVAREZ, S. (1999). Colonization of Socorro Island (Mexico), by the tropical house gecko en *Hemidactylus frenatus* (Squamata: Gekkonidae)", en *Rev. Biol. Trop.* 47:252-263.

GARZON A., V. (1997). La producción porcina en el desarrollo agropecuario del Piedemonte llanero. Boletín técnico N2. CORPOICA. Villavicencio, Meta. 43 p.

GIL HERNÁNDEZ, A. (2010). Huevos y Ovoproductos. En: Tratado de Nutrición. Tomo 2. Composición y Calidad Nutritiva de los alimentos. Editorial Panamericana.

GUÈYE, E.F. (2005). Editorial: Family poultry must no longer be a 'hidden harvest'. *INFPD Newsletter*, 15(1):1.

GOMEZ, E.F. (2014). Tesis Doctoral "Evaluación del valor nutricional y pigmentante de la harina de cangrejo *procambarus clarkii*, para la alimentación de gallinas semi pesadas y pollos de engorde como método

de control poblacional del cangrejo”.Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.Colombia.

GOODWIN T.W. (1986). Metabolism, nutrition and function of carotenoids. Annual Review of nutrition, 6: 273,297.

GORDON H.T. y BOUERNFEIND J.C. (1982). Carotenoids as food colorants. Crit.Rev. Food Sci. Nutr., 18: 59-67.

GOUYON, P. H. (1990). Invaders and disequilibrium. En: Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin (F. Di Castri, A. J. Hansen & M. Debussche, eds.): 365-369. Kluwer Academic, Amsterdam.

GROBAS, G.G. MATEOS COREN, S.C.L. ORENSE. (2010). Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. Producción Animal. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado Agosto de 2014. URL: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Composicion-Del-Huevo/706064.html>

GUTIÉRREZ-YURRITA P.J, SANCHO G., BRAVo M.A., BALTANAS A., MONTES C. (1998) Diet of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* in natural ecosystems of the Doñana National Park temporary freshwater marsh (Spain). Journal of crustacean biology, 18(1), 120-127.

HENDRY GENETICS COMPANY. (2013). Commercial Management Guide – ISA.  
Recuperado Febrero de 2014. URL: <http://www.isapoultry.com/>

HERNÁNDEZ J. M. y col. (2009). World Poultry. Selecciones avícolas.  
Recuperado en Octubre de 2014. URL:  
<http://www2.avicultura.com/sa/Alimentacion-agregando-valor-productos-huevo-Hernandez-DSM-SA200910-020-024.pdf>

HOBBS, H.H. (1972) . Crayfishes (Astacidae) of North and Middle America. Biota of freshwater ecosystems identification manual. Water Pollution Research Control Service. Washington.

HOBBS, H.H., PASS, J.P. & HUNER, J.V., (1989). A review a global crayfish introductions with particular emphasis on two North American species (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 56(3): 299-316.

HOLDICH, D. M., R. GYDEMO & W. D. ROGERS. (1999). A review of possible methods for controlling nuisance populations of alien crayfish. In Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. URL:  
[www.ibge.gov.br/english/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/english/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm)

HUNER, J.V. & Barr, J.E., (1983). Red swamp crayfish: biology and exploitation. Louisiana State University. Baton Rouge. 148 pp.

INSTITUTO DE ESTUDIOS DEL HUEVO, España (2010). Tomado en 2014 de:  
URL: [http://www.institutohuevo.com/images/archivos/el\\_libro\\_del\\_huevo.pdf](http://www.institutohuevo.com/images/archivos/el_libro_del_huevo.pdf).

ICA, Instituto Colombiano Agropecuario, (17 de abril de 1996). Resolución 1056 de 1996. Bogotá, D. C.

JOHNSON, E. A. and G-H. (1991). Astaxanthin from Microbial sources. Critical reviews in Biotechnology. 11: 297-326.

KABIR, F.; HAQUE, T. (2010). Study on production performance of Isa Brown Strain at Krishibid firm LTD., Trishal, Mymensingh. Bangladesh research publications journal. Vol. 3 pag. 039 -1044, january-february, 2010.

KARADAS F., GRAMMENIDIS E., SURAI P. F., ACAMOVIC T., Sparks N.H.C. (2006). Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition. British Poultry Science. Vol. 47, Iss. 5.

KARRER P. and JUCKER E. (1950). Carotenoids. Elsevier Publishing Company Inc. N.Y. 348 pp.

LINNEÉ, C. (1758). Systema Naturae per Regna tria Naturae, secundum classes, Ordines, Genera, Species, cum Characteribus, differentiis, Synonymis, Locis, ed. 10. 1: 1 – 824.



- MCKAY, J.C. (2008). The genetics of modern commercial poultry. *Actas del XXIII congreso sobre aves de corral*, Brisbane, Australia, 30 de junio – 4 de julio de 2008. CD-ROM.
- MANUAL ISA BROWN. (1996). Manual de producción de gallinas ponedoras Isabrown. Edición 1996. Recuperado Junio de 2014. URL: <http://www.isapoultry.com/>
- MINGORANCE, M.C. y GÓMEZ, J.I. (2002). Una actividad de educación ambiental basada en observaciones sobre el cangrejo de río americano (*Procambarus clarkii*) en el Barranco del Cercado (Tenerife, Islas Canarias). *Ecosistemas* 2002/3 URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/023/educativa1.htm>
- MOJICA A. P. y PAREDES J. V. (2005). Características del sector avícola colombiano y su reciente evolución en el departamento de Santander
- MOMOT, W.T. (1995). Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. *Rev. Fish. Sci.*, 3: 33-63.
- NATIONAL NUTRIENT DATABASE FOR STANDARD REFERENCE (NDB). (2014). Departamento de Agricultura de los EE.UU. (USDA). Consultado en septiembre de 2014. Disponible en: URL: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>.

NOPA, (2011). National Oil Producers Association. Soybean meal trade Rules-Update November 2010. URL: <http://www.nopa.org/content/trading/trading.html>

GIACOMOZZI, J. (2013) ODEPA, OFICINA DE ESTUDIOS Y POLÍTICAS AGRARIAS, Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile, situación actual de la industria de huevo, Recuperado Agosto de 2014. URL: [www.odepa.gob.cl](http://www.odepa.gob.cl) .

OBSERVATORIO AGROCADENAS COLOMBIA, (2005). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. La cadena de cereales, alimentos balanceados para animales, avicultura y porcicultura en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005.

PETO R.,Doll R.,BUKLEY J.D. y SPORN M.B. (1981). Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates? Nature.

PERIAGON, M<sup>a</sup> Jesus (2014) Anatomía del huevo, Higiene, Inspección y Control Alimentario, Higiene, inspección y control de huevos de consumo. Open Corseware. Universidad de Murcia.

RESTREPO B.L; GIRALDO M.A; Chica J. (2007). Comparación de dos fuentes sintéticas de pigmento rojo en la coloración de la yema de huevo en ponedoras comerciales. Rev Col Cienc Pec 2007; 20:4

- RENSTROM, B., BORCH, G., SKUIBERG, O. M., y Liaaen-Jensen, S. (1981). Optical purity of (3S,3'S)-astaxantina from *Haematococcus pluvialis*. *Phytochem.* 20: 2561-2564.
- ROMERO-TRIGUEROS, L. E. & H. von Prael. (1988). El camarón de río, *Procambarus clarkii*, una especie promisorio? *COLCIENCIAS/ CIID-Bol. Red de Acuicultura*, 2 (1 y 2): 11-15.
- RODRÍGUEZ, I., E. CAMPOS, Y. DELGADO, A. y D. OSECHAS. (2006). Efectos nutricionales y pigmentales de la harina de hojas de leucaena y la lemna en la yema de huevo. Universidad De Los Andes, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Trujillo, Venezuela. (2006).
- ROSTAGNO, H. (2011). Tablas brasileñas para aves y cerdos, composición de alimentos y requerimientos nutricionales 3ª Edición, Universidad Federal de Viçosa – Departamento de Zootecnia
- ROUX, M. (2005). *Eggs*. Ed. John Wiley & Sons. Publisher: Quadrille Publishing Ltd.
- SAS Institute. (2015). *SAS/Stat User's Guide, Version 9.4, 4th Edition, Vol. 2*, SAS Institute Inc. Cary, NC.
- STEEL, R G D, and J H TORRIE (1980). *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York. Chapter 8.

SCHIEDT K., LEUENBERG F.J., VECCHI M. Y GLINZ E. (1985). Absorption retention and metabolic transformation of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. *Pure Appl. Chem.*, 57 (5): 685,692.

SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje, (2013). Manual de gallinas ponedoras. Recuperado en Agosto de 2014 de URL: [www.slideshare.net/jaimeaugusto/manual-de-gallinaponedora-sena](http://www.slideshare.net/jaimeaugusto/manual-de-gallinaponedora-sena).

SIPSA, (2013) Sistema de Información de precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario. Boletín Mensual. Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria. URL: <file:///G:/insumos factores de produccion enero 2013.pdf> .

SMITHE, F. B. (1975). Naturalist's color guide. The American Museum of Natural History, New York. Part I: unnumbered page.

SCHUTZ H.G. (1971). "Source of invalidity in the Sensory Evaluation of Food" *Food Techn.*, 25 (249):53-57.

SOLER, M. D.; GARCÉS, C. y BARRAGÁN, J. I. (2011). La alimentación de la ponedora y la calidad del huevo. Recuperado en febrero de 2014 de URL: [www.engormix.com.htm](http://www.engormix.com.htm).

- SOUZA, R. (2008). La comercialización de los huevos. Selecciones avícolas. Tomado el 9 Septiembre de 2014. URL: <http://seleccionesavicolas.com/pdf-files/2008/11/4447-la-comercializacion-de-los-huevos.pdf> .
- VAN EYS, J.E. (2013). Manual of Quality Analysis for beans products in the feed industry. 2nd Edition U.S. Export Council.
- ZACARIAS, J.B., VALDIVIÉ M., BICUDO S.J. (2012). Sustitución de maíz y aceite de soya por harina de yuca y aceite de palma africana en dietas para gallinas ponedoras. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 46, Número 2, 2012.