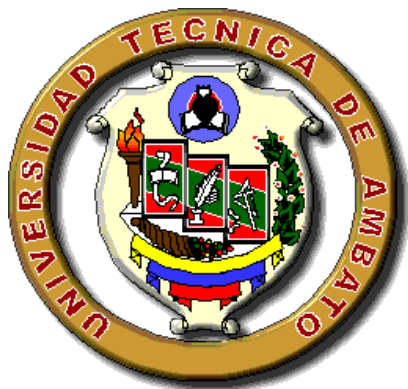


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE LA HARINA DE ACHIOTE (*Bixa orellana*) SOBRE LA
PIGMENTACIÓN A LA CANAL E INMUNOGLOBULINAS EN POLLOS DE
ENGORDE.

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MÉDICO VETERINARIO Y
ZOOTECNISTA.

POSTULANTE: DANIELA CRISTINA NINAHUALPA CADENA.

TUTOR: ING. RICARDO GUERRERO.

CEVALLOS – ECUADOR

2018

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

“La suscrita, DANIELA CRISTINA NINAHUALPA CADENA, portadora de la cédula de identidad número: 172123379-7, libre y voluntariamente declaro que el informe final del proyecto de investigación titulado: “EFECTO DE LA HARINA DE ACHIOTE (*Bixa orellana*) SOBRE LA PIGMENTACIÓN A LA CANAL E INMUNOGLOBULINAS” es original, autentico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas”.

DANIELA CRISTINA NINAHUALPA CADENA.

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este informe final del proyecto de investigación titulado “**EFEECTO DE LA HARINA DE ACHIOTE (*Bixa orellana*) SOBRE LA PIGMENTACIÓN A LA CANAL E INMUNOGLOBULINAS**” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Médico Veterinario y Zootecnista, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autora, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

DANIELA CRISTINA NINAHUALPA CADENA.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primero a Dios ya que ha sido mi guía en este camino de mi vida; me ha bendecido con unos padres maravillosos que me han sabido aconsejarme y llenarme de mucha sabiduría para poder lograr mi gran sueño de ser médica veterinaria. Sin ellos no hubiera logrado mi objetivo. Mi padre siempre me ha dicho “La carrera no es de velocidad sino de constancia”, y él ha sido ejemplo de eso pese a todas las adversidades logro sus objetivos y supo inculcarme esa perseverancia. A mi madre gracias por su apoyo incondicional y su fe en mí.

A mis tíos, tías, primos han estado siempre pendientes y ayudándome en todo lo que han podido.

A mis abuelitos un agradecimiento especial ya que han sido un apoyo fundamental en mi vida y más en mi carrera, gracias a ellos sé que el esfuerzo y sacrificio tiene su recompensa más que el económico el emocional porque palabras de apoyo nunca faltan en mi familia.

DEDICATORIA

Este trabajo arduo y de mucho esmero quiero dedicarles a mis padres, gracias a su esfuerzo he podido lograr mi meta. También quiero dedicarle a mi hermana ya que pese a todo me ha apoyado.

Una dedicatoria especial para cada uno de los miembros de mi familia que han sido un soporte primordial en mi vida.

Particularmente quiero dedicarle a un ser único que está en el cielo, le hice una promesa y este es uno de los pasos para cumplirla.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	ii
DERECHO DE AUTOR.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
SUMMARY	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II.	3
MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Antecedentes investigativos.....	3
2.2. Categorías fundamentales o marco conceptual.....	14
2.2.1. ACHIOTE (<i>Bixa orellana</i>).....	14
2.2.2. CAROTENIOIDES	16
2.2.3 PAPEL FISIOLÓGICO DE LOS CAROTENOIDES.....	16
2.2.4. SISTEMA INMUNE DE LAS AVES	18
2.2.5. POLLO.....	20
2.2.6. ABANICO COLORIMÉTRICO DSM PARA POLLOS	20
2.2.7. INMUNOGLOBULINAS.....	21
CAPÍTULO III.....	23
HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.	23
3.1. Hipótesis.....	23
3.2. Objetivos	23
3.2.1. General	23
3.2.2. Específicos	23
CAPÍTULO IV.....	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1. Ubicación del experimento	24
4.2. Características del lugar	24
4.3. Equipos y materiales	24
4.4. Factores en estudio.....	26
4.5. Tratamientos.....	26
4.6. Diseño experimental.....	27
4.7. Variable respuesta	28

4.7.1. Inmunoglobulinas.....	28
4.7.2. Abanico colorimétrico.....	29
4.7.3. Eficacia económica	30
4.8. Procesamiento de la información	30
CAPÍTULO V	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5.1. Índices productivos	31
5.1.1. Consumo de alimento, kg.....	31
5.1.2. Ganancia de peso, kg.....	32
5.1.3. Índice de conversión alimenticia (ICA).....	32
5.2. Inmunoglobulinas.....	33
5.2.1. Inmunoglobulina M (IgM)	33
5.2.2. Inmunoglobulina G (IgG)	34
5.3. Abanico colorimétrico DSM	35
5.4. Análisis de rentabilidad.....	37
CAPÍTULO VI.....	40
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	40
6.1. Conclusiones	40
6.2. BIBLIOGRAFIA.	40
6.3. Anexos	45
CAPÍTULO VII	56
PROPUESTA.....	56
7.1. Datos informativos	56
7.2. Antecedentes de la propuesta	56
7.3. Justificación.....	56
7.4. Objetivo.....	57
7.5. Análisis de factibilidad.....	57
7.5.1. Aspecto técnico	57
7.5.2. Aspecto financiero	57
7.5.3. Aspecto social y ambiental.....	58
7.6. Fundamentación	58
7.7. Metodología, modelo operativo	58
7.8. Administración.....	59
7.9. Previsión de la evaluación.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición pigmento del achiote.....	15
Tabla 2. División de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.....	26
Tabla 3. Esquema del ADEVA.	28
Tabla 4. Prueba de Tukey de conversión alimenticia, consumo de alimento y ganancia de peso	33
Tabla 5. Resultados de las variables inmunoglobulinas M y G.	35
Tabla 6. Resultados de la variable pigmentación.....	36
Tabla 7. Análisis de costos.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dietas elaboradas en base a los requerimientos nutricionales del pollo Cobb 500.....	45
Anexo 2. Requerimientos obtenidos en las dietas.....	46
Anexo 3. Análisis bromatológico de la harina de achiote (Bixa orellana).....	47
Anexo 4. Análisis bromatológico de las heces de pollo.	48
Anexo 5. Medición de IgM.	48
Anexo 6. Medición de IgG.....	49
Anexo 7. Medición de la pigmentación en la pechuga de pollos de engorde.	49
Anexo 8. Consumo de alimento, kg.	49
Anexo 9. Ganancia de peso, kg.	50
Anexo 10. Mortalidad.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rangos de pigmentación del abanico colorimétrico DSM.	29
Figura 2. Limpieza del galpón	51
Figura 3. Corral listo	51
Figura 4. Recibimiento y pesaje.....	51
Figura 5. Pollitos de 1 día	51
Figura 6. Pollos de 32 días	52
Figura 7. Pollos de 45 días.	52
Figura 8. Fabricación balanceada.....	52
Figura 9. Balanceado de tratamientos	53
Figura 10. Toma de muestra de sangre	53
Figura 11. Recolección de muestras	53
Figura 12. Medición con abanico DSM en tratamiento 0.	54
Figura 13. Medición con abanico DSM en tratamiento 1.	54
Figura 14. Medición con abanico DSM en tratamiento 2.	54
Figura 15. Medición con abanico DSM en tratamiento 3.	55

RESUMEN

El presente estudio tiene como título: “EFECTO DE LA HARINA DE ACHIOTE (*Bixa orellana*) SOBRE LA PIGMENTACIÓN A LA CANAL E INMUNOGLOBULINAS EN POLLOS DE ENGORDE”, en el cual se evaluó a 200 pollos de la línea Cobb 500, de un día de edad, divididos en cuatro tratamientos y cinco repeticiones con 10 aves por cada unidad experimental. Se realizó la formulación de dietas para cada tratamiento: T0 = testigo, T1 = 0,1% *Bixa orellana*, T2 = 0,2% *Bixa orellana* y T3 = 0,3% *Bixa orellana*, realizando la inclusión de la harina de achiote en la etapa de engorde. El estudio tuvo una duración de 49 días. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con análisis de varianza y prueba de Tukey al 5% pero para la variable pigmentación se utilizó el paquete estadístico SPSS statistics v23. Los resultados obtenidos fueron: para la variable inmunoglobulina M; T0, T1, T2 y T3 fueron estadísticamente iguales; para la variable inmunoglobulina G; T1, T2 y T3 fueron diferentes estadísticamente con T0 lo que nos indica un incremento en la respuesta de esta inmunoglobulina; por último para la variable pigmentación no hay diferencias estadísticas entre tratamientos.

Palabras clave: inmunoglobulinas, pigmentación, harina de achiote.

SUMMARY

The present study has the title: “EFFECT OF THE ANNATTO FLOUR (*Bixa orellana*) ON PIGMENTATION TO THE CHANNEL AND IMMUNOGLOBULINS IN CHICKENS OF FATTENING” in which 200 cobb 500 line chickens were evaluated, of one day age, divided into four treatments and five repetitions with 10 birds per experimental unit. The formulation of diets was taken for each treatment: T0 = control, T1 = 0.1% *Bixa orellana*, T2 = 0.2% *Bixa orellana* and T3 = 0.3% *Bixa orellana*, making the inclusion of Annatto flour in the fattening stage. The study lasted 49 days. I used a completely randomized design with analysis of variance and Tukey test at 5% but for the variable pigmentation was used the statistical package SPSS statistics v23. The results obtained were: for the variable immunoglobulin M; T0, T1, T2 and T3 were statistically equal; for the variable immunoglobulin G; T1, T2 and T3 were statistically different with T0, this indicates an increase in the response of this immunoglobulin; finally, in the variable pigmentation was obtained that there are no statistical differences between treatments.

Key words: immunoglobulins, pigmentation, annatto flour

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el consumo de pollo es cada vez mayor, teniendo en cuenta que el usuario tiene preferencia a la coloración amarilla de la carne. Mayormente esta predilección se observa en Latinoamérica ya que la coloración del pollo es relacionado con la calidad y frescura del producto. Por esta razón los avicultores utilizan pigmentantes de origen sintético para satisfacer la demanda de los consumidores (Moreno, 2014).

En la actualidad, el uso de insumos naturales ha ido aumentando, debido a los resultados obtenidos tanto en la productividad como en el mercado. En Ecuador, el consumo del pollo es cada vez mayor, teniendo en cuenta que los consumidores tienen más preferencia por los pollos que presentan mayor tamaño y coloración amarillenta; por esta razón los productores han optado por utilizar productos que aumenten la productividad pero que no afecten la salud del consumidor (Moreno, 2016). Otro de los factores importantes es la inmunidad del pollo de engorde, debido a los constantes cambios genéticos para que desarrolle más rápido; también han provocado que el pollo sea más susceptible a las enfermedades. Debido a esto los productores se han visto obligados a utilizar medicamentos sintéticos (e.j. en Suecia, avoparcina, virginiamicina en Dinamarca) que perjudican la calidad de la carne (Santomá, 2012). Últimamente se ha ido cambiando ese tipo de manejo utilizando plantas que estimulan el sistema inmunológico y así poder disminuir la susceptibilidad de las aves a diferentes patologías (Puente & Oña, 2013).

De las semillas de la planta tropical *Bixa orellana L.* (achiote) se extrae un pigmento que está compuesto básicamente por carotenoides (bixina/norbixina). Posee propiedades farmacológicas, entre las cuales se encuentran: antitumoral, antiinflamatoria, astringente, emoliente, refuerzo inmunológico, antiséptica, antibacteriana, antioxidante, cicatrizante entre otras y se ha indicado en el tratamiento de infecciones bacterianas de forma general, estomatitis, y en la curación

de heridas y quemaduras. El achiote tiene muy baja toxicidad para el ser humano (Hetzl, Pérez, & Martínez, 2010).

En las semillas se encuentran carotenoides que promueven la provitamina A, entre ellos mayormente destacan: bixina, betabixina, metilbixina, norbixina, orelina, zeaxantina, β -caroteno, luteína y criptoxantina (Calvo, 2001).

El uso de achiote en la producción ha sido de gran utilidad debido al aporte inmunológico como también de pigmentante natural. Hay que mencionar que este producto no tiene un costo elevado y es de fácil accesibilidad (Rojas, 2016).

Con los antecedentes anteriormente mencionados se evaluará la harina de achiote (*Bixa orellana*) sobre la pigmentación e inmunoglobulinas en pollo de engorde.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO O REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes investigativos.

Las industrias de aves de corral que utiliza carotenoides para mejorar la pigmentación de productos, tales como pollos y huevos, de cierta forma, para satisfacer las preferencias del consumidor por la pigmentación de la piel de pollo y de la yema en tonos anaranjados. Las materias primas utilizadas en las formulaciones de alimentos de pollos y gallinas no son capaces de proporcionar cantidades suficientes de carotenoides para alcanzar la pigmentación de la piel y yema suficiente para satisfacer las demandas de los consumidores. Debido a esto, las industrias avícolas utilizan pigmentos como aditivos para piensos. Estos pueden ser de origen natural o sintético y en las proporciones adecuadas de los ingredientes clave se puede alcanzar el color deseado (Moreno, 2014).

El suministró de 24,6 mg/kg de xantofilas (carotenoides) a pollos de engorde fue suficiente para una buena pigmentación cuando las aves lo recibieron en las últimas cuatro semanas. Un trabajo posterior menciona que mejora la pigmentación cuando las aves recibieron dietas pigmentadas en el período de inicial con dietas de iniciación a 6.7 mg/kg de xantofilas se lograron valores de 1.2, 2.8 y 3.8 del abanico de Roche cuando recibían dietas terminadoras con 6.4, 15.0 y 24.9 mg/kg de xantofilas, al parecer es suficiente desde el punto de vista práctico. Los pollos pueden adquirir un grado satisfactorio de pigmentación si los oxicarotenoides se suministran en la dieta en cantidades suficientes por dos semanas antes del faenamiento (Montilla & Angulo, 1984).

Este estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos de la inclusión de semillas de urucum (achiote) molida en el rendimiento y calidad de los huevos de gallinas alimentadas con dietas a base de sorgo. Se utilizaron 336 aves de 40 semanas de

edad, distribuidas en bloques al azar con siete tratamientos y seis repeticiones de ocho aves por parcela. Los tratamientos fueron: T1-ración de producción a base de maíz y harina de soya, T2-ración de producción a base de sorgo y harina de soya, T3, T4, T5, T6 y T7-ración de producción a base de sorgo con 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5% de semilla de urucum molida, respectivamente. Se concluye que las semillas de achiote molido se puede agregar a los piensos de sorgo a una dosis de 0,89%, es suficiente para promover la misma pigmentación de yema de huevo que la obtenida en dietas a base de maíz (García et al., 2009).

En la presente investigación de las semillas de la planta cúrcuma o achiote (*Bixa orellana*) se sacó un pigmento (annatto) que está formado por carotenoides que son bixina y norbixina. La dosis diaria permitida por la OMS es de 0-0.065 mg/kg de peso. El annatto posee muy baja toxicidad, provocando baja incidencia en casos de alergia en los seres humanos. Posee diversas propiedades farmacológicas entre estas encontramos la acción inmunomoduladora en donde la bixina incrementa la producción de IgM a concentraciones tan bajas como 1mmol/l. Estos autores concluyeron que este pigmentante puede regular la producción de inmunoglobulinas (Hetzl et al., 2010).

La investigación consiste en la composición y uso de tres cultivares de achiote (*Bixa orellana*), como pigmentante de la yema de huevo. Utilizaron 112 gallinas del híbrido Warren, en jaulas individuales, en un diseño de parcelas divididas. Un tratamiento posee una dieta pobre en pigmentos, que se utilizó como testigo. A otro tratamiento se le agregó a la ración base 0.003% de carophyll, y los demás tratamientos se les agregó harina de achiote entero, seco y molido 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6% respectivamente. Los resultados señalaron un contenido aproximado de 42 semillas por fruto para los tres cultivares. Contenido de pigmentos totales varía de 55 a 60 mg/kg de semilla, de 22 a 25 mg/kg de cáscara. La bixina instituye el 86-90% de los pigmentos procedentes del fruto entero y la semilla. Se encontró que es necesario constituir 203gr/TN de alimento para obtener una coloración entre 9 y 10 de la escala de Roche. Los pigmentos de achiote solo son utilizados por las aves en 1.48%. (Araya, Murillo, Vargas, & Delgado, 1977).

Efecto del uso del extracto de achiote (*Bixa orellana*) como antioxidante natural sobre la eficiencia productiva de pollos de engorde en comparación al uso de la vitamina E en 360 pollos machos de la línea Ross 308, estos se distribuyeron al azar en tres tratamientos con tres repeticiones de 40 aves por tratamiento. El T1 fue el tratamiento control con una dieta a base de 100% vitamina E (10mg/kg pv), T2 dieta conformada con 50% de extracto de achiote (150 ppm) y 50% de vitamina E (10mg/kg pv), T3 dieta con 100% de extracto de achiote (200 ppm). El registro de datos se realizó desde la primera semana hasta la sexta semana de crianza, se evaluó los parámetros productivos de peso corporal promedio, ganancia de peso acumulado, conversión alimenticia, mortalidad final y IEPE (Índice de Eficacia Productiva Europeo). A la sexta semana de crianza el T3 tuvo un peso corporal promedio (2877.7 g) mayor que T1 (2867.3 g) y T2 (2859 g). La ganancia de peso acumulado por T3 (2833.98 g) fue mayor que T1 (2822.91 g) y T2 (2814.65). El consumo de alimento acumulado de T3 (3899.46 g) fue mayor que T1 (3892.51 g) y T2 (3908.2 g). La conversión alimenticia no demostró diferencia entre tratamientos. El porcentaje de mortalidad final para los tres tratamientos fue bajo (2.5%) y estuvo por debajo del estándar. El IEPE del T3 (492.98) fue levemente mayor que el T1 (490.32) y T2 (485.54). Según el análisis estadístico no hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Con los resultados concluyen que el extracto de achiote puede reemplazar satisfactoriamente a la vitamina E en la alimentación de las aves (Caspote, 2014).

Uso de un aditivo a base de cantaxantina y extracto de achiote (*Bixa orellana*) en dietas de gallinas de postura y su efecto sobre la coloración de la yema y la vida de anaquel del huevo. Se utilizaron 864 gallinas postura de 34 a 45 semanas de edad, distribuidas en un diseño completamente al azar con 6 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron T0 (dieta control), T1 (T0 + 30 g de cantaxantina y extracto de achiote) y T2 (T0 + 60 g de cantaxantina y extracto de achiote). Los resultados obtenidos fueron de 88,6; 91,9 y 90,8 % para porcentaje de postura; 60,5; 61,6 y 61,5 g para peso de huevo; 53,6; 56,4 y 55,7 g para masa de huevo. La coloración de yema a temperatura de 7 °C para escala roche fue de 6, 9 y 12 por colorimétrico

Minolta para “L” 42,10; 40,24 y 39,65; para “a” de 0,07; 3,68 y 6,44 y para “b” de 19,35; 18,36 y 18,18. En todas las variables indicadas se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0,5$). El consumo de alimento fue de 103,9; 109,2 y 107,5 g y la conversión alimenticia de 1,94; 1,93 y 1,92. Se concluye que la adición de cantaxantina y extracto de achiote a 30 y 60 gr en alimento respecto al testigo, mejoró los parámetros de rendimiento, coloración de yema y la vida de anaquel del huevo (Rojas, Callacna, & Arnaiz, 2015).

Los posibles extractos de bija (*Bixa orellana*) como son los pigmentos oleosos (bixina) y acuosa (norbixina) en niveles de 500, 1000, 1500 y 2000 ppm sobre el color de las yemas de huevos de gallina. Los datos de producción, el peso del huevo, consumo de alimento y la conversión alimenticia no fueron afectados por los tratamientos. Cuando el nivel de bixina se utilizó a 2.000 ppm en las dietas que contienen 63% de sorgo, promovido la misma coloración de la yema de huevo en comparación a las dietas que contienen 61% de maíz sin pigmentante. Estos autores, utilizaron niveles de norbixina 0; 0,05; 0,10; 0,15 y 0,20% en la alimentación a base de sorgo por 56 días, no hubo diferencias significativas para los datos de producción. Sin embargo, el color de la yema de los huevos se incrementó linealmente con la suplementación de la bixina (Kishibe, Pereira, Loddi, Borges, & Ariki, 2000).

Se utilizaron 60 gallinas Leghorn, divididas en cuatro grupos de 15 aves cada uno. Estos grupos fueron alimentados durante 2 períodos de 21 días, con raciones que contenían 2 dosis de achiote (*Bixa orellana* L.) y 1 dosis de "Carophyll 10" (Etil ester del ácido Beta-apo8-carotenoico). Los resultados indicaron que el "Carophyll 10" en dosis de 2 gramos por quintal confirió a las yemas una tonalidad amarillo - intenso (6 y 7) de la escala y no tuvo ningún efecto negativo sobre la postura. El achiote en dosis de 3 y 6 onzas por quintal confirió a las yemas un color amarillo más claro, inferior al proporcionado por "Carophyll 10" y disminuyó considerablemente la postura a medida que aumentaba la dosis. El grupo alimentado con ración testigo produjo huevos con yemas amarillo muy claro (2 y 3 de la escala) inferior a las coloraciones obtenidas con los demás tratamientos (Romero, 2015).

Efecto de colorantes alimentarios naturales en la producción de inmunoglobulina in vitro por linfocitos de bazo en rata. Los pigmentos solubles en agua (pigmento de cacao, pigmento de la cochinilla, pigmento común, betanina, carthamus amarillo y pigmento monascus) e insolubles en agua (amarillo gardenia, ácido laccaico, bixina y curcumina) inhibieron la producción de IgE por linfocitos de bazo de rata a los 10 y 100 ng/ml, respectivamente. Aunque muchos de estos colorantes solo inhibieron la producción de IgG e IgM a altas concentraciones, los colorantes insolubles en agua mejoraron la producción de IgM incluso de 1 y 10 ng/ml. Estos resultados sugieren que los colorantes naturales tienen actividad reguladora de la producción de inmunoglobulinas (Kuramoto, Yamada, Tsuruta, & Sugano, 1996).

La norbixina se utilizó como pigmentante en un período de 28 días, no se encontraron diferencias significativas en el desempeño productivo y coloración de la yema de huevo, se utilizaron dosis de 500, 1000, 1500 y 2000 ppm de norbixina. Incluso duplicando las dosis hasta 4000 ppm durante un período adicional, no hay diferencias significativas en ninguno de los parámetros evaluados (Kishibe, Pereira, Borges, Ariki, & Loddi, 2000).

El presente estudio evaluó los efectos de los factores cúrcuma y el achiote como pigmentantes naturales en la producción de pollos parrilleros, utilizaron cuatro porcentajes en la ración para la cúrcuma y el achiote (0.0, 1.0, 2.0 y 3.0). La investigación mostró que la adición de cúrcuma en la ración de pollos parrilleros logró aumentar la pigmentación de las aves hasta 11.9 con el nivel de 2.0 de cúrcuma. Al evaluar los efectos de la cúrcuma, se establece que los niveles propuestos (0.0, 1.0, 2.0 y 3.0), no tienen efecto en la ganancia media diaria, peso final y tampoco en la conversión alimenticia, sin embargo presenta alta mortalidad con el aumento de los niveles de cúrcuma, que llega a ser significativo al nivel de 3.0 con 4.7% de mortalidad, limitando el uso de este pigmentante a 2.0. El uso del achiote tiene efecto directo en la pigmentación de los pollos parrilleros ya que se

mantiene constante al llegar a 3.0, posee una pigmentación aceptable con 1.0. El achiote no causó efectos significativos en la ganancia media diaria, la mortalidad y conversión alimenticia, sin embargo este último mostró una ligera disminución y también el peso final fue significativo al llegar a 3.0 con 2833.9 g, por lo tanto el achiote puede ser aprovechable sin límite entre los niveles propuestos, se recomienda el uso de 0.0 de cúrcuma y 1.0 de achiote (Choque, 2008).

Carotenoide y vitamina A: la acción anti-infecciosa del carotenoide. Las pruebas en una muestra de carotenoide mostraron que posee la propiedad de dar inmunidad completa en las ratas en crecimiento contra el desarrollo de una infección espontánea. Los animales que tuvieron una dieta libre de vitamina A y carotenoides desarrollando focos sépticos y murieron. Cuando administraron carotenoides en la dieta, la cantidad de protección conferida a los animales fue generalmente proporcional a la cantidad de caroteno consumida. Los resultados fueron que el carotenoide utilizado en cantidades de 0,005 mg. dio solo ligera inmunidad; a dosis de 0,01 mg. obtuvieron inmunidad parcial y de 0.02mg en adelante poseen inmunidad parcialmente completa (Green & Mellanby, 1930).

La presente investigación tuvo como objetivo valorar el efecto de diversos niveles de la harina de achiote (*Bixa orellana*) en los índices productivos de pollos de engorde Cobb 500. Se realizó en la Estación Experimental Chachapoyas, perteneciente a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas, Perú. Usaron 100 pollos de 22 días de edad con un peso inicial de 900 g, (5 pollitos por unidad experimental), con cuatro repeticiones cada uno. El experimento consta de dos etapas: crecimiento (22-29 días) y engorde (29-38 días). Los tratamientos consisten en T0 (testigo), T1, T2, T3 y T4, con los siguientes niveles de achiote 0.5, 1, 1.5 y 2% respectivamente. Los resultados marcan una diferencia estadística significativa entre los tratamientos en: nivel de pigmentación en el tarso y consumo de alimento. No hay diferencia estadística significativa entre tratamientos en: ganancia de Peso, índice de conversión alimenticia y rendimiento de carcasa. El estudio determinó las variables de: características organolépticas (color, olor y sabor) y mérito económico

(calculado sobre la base del índice económico relativo sobre los costos de alimentación y la utilidad por pollo). Concluyeron que niveles de inclusión de hasta el 1.5% de harina de achiote no afectaría los índices productivos de: consumo de alimento, ganancia de peso, índice de conversión alimenticia y rendimiento de carcasa (Rojas, 2016).

La siguiente investigación tuvo como objetivo la utilización de harina de achiote (*Bixa orellana*) como pigmentante en el engorde de pollos. El presente trabajo se realizó en la granja avícola “El Gato” del sector platanillos, cantón Piñas, provincia del Oro. Emplearon 360 pollitos de 1 día en 12 galponcillos de 2m x 2m hasta los 49 días, en grupos de 30 pollos cada tratamiento. Emplearon tres tratamientos: T0 (0% harina de achiote), T1 (1,5% harina de achiote), T2 (3% harina de achiote) y T3 (4,5% harina de achiote) en raciones de balanceado preparado. Los resultados obtenidos fueron que el mayor porcentaje de pigmentación obtuvieron en T3 según el abanico colorimétrico DSM, el T2 obtuvo el 5% de mortalidad mayor a los demás tratamientos, T1 obtuvo mayor utilidad, el T0 consumió menos cantidad de balanceado, mayor conversión alimenticia y obtuvo mejor peso (Mora, 2014).

El objetivo de esta investigación es la evaluación de tres niveles de harina de achiote (*Bixa orellana*) en la pigmentación de piel en pollos parrilleros Ross 308 en el departamento de La Paz. Fue realizada en una granja privada dependiente de la “Fundación La Paz” proyecto Sumaj Kausay. Donde valoraron tres niveles de harina de achiote (1%, 3% y 5%) en la ración comercial. El estudio consta de 96 pollos parrilleros distribuidos en 4 tratamientos y 3 repeticiones; colocados en 12 unidades experimentales entre machos y hembras. Las variables que fueron consideradas son: consumo de alimento, ganancia de peso, ganancia media diaria, conversión alimenticia, peso a la canal, mortalidad, grado de pigmentación y costo beneficio. Los resultados fueron: T3 obtuvo la mejor pigmentación con un valor de 7 en el abanico colorimétrico de roche, en cuanto a los índices productivos no hubo diferencias significativas, el porcentaje más alta de mortalidad se presentó en el tratamiento testigo con un 5%. El costo beneficio, obtuvo resultados satisfactorios

donde el tratamiento 3 alcanzo 1,33 demostrando que por cada boliviano invertido tiene una ganancia de bs 0,33 (Maldonado, 2015).

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el potencial del Aloe vera (*Aloe barbadensis*) y la vitamina E como inmunoestimulantes sobre la respuesta inmune humoral y celular en pollos de engorde. Los pollos fueron divididos en tres tratamientos: un control (dieta base sin aditivos), dieta base + 1% de gel de Aloe vera (agua de bebida) y una dieta base + 100 mg/Kg de vitamina E en el alimento. Utilizaron la titulación de anticuerpos contra glóbulos rojos de oveja y enfermedad Newcastle para evaluar la respuesta inmune humoral. Usaron las pruebas de fitohemaglutinina-P para valorar la respuesta inmune celular. En los resultados hubo mayor nivel de titulación de anticuerpos contra los glóbulos rojos de oveja en los días 28 y 38, y mayor respuesta a fitohemaglutinina-P en el día 38; esto se observó en el tratamiento que se adiciono el gel de Aloe vera. El nivel más alto de anticuerpos contra la enfermedad Newcastle fue en los días 25 y 35 en el tratamiento que se le adiciono vitamina E, pero sin diferencia significativa con el tratamiento adicionado con Aloe vera. En conclusión tanto el Aloe vera como la vitamina E favorecen la respuesta inmune humoral y celular en pollos de engorde. Mientras que el Aloe vera (agua) se puede emplear como inmunoestimulante en pollos de engorde (Darabighane et al., 2017).

El objetivo de la investigación fue valorar el efecto inmunomodulador del plasma bovino (PB) y el hidrolizado de camarón (HC) en el síndrome de la cabeza hinchada, componentes del sistema inmune y la influencia en los parámetros zootécnicos de pollos de engorde. Utilizaron 1500 pollos colocados en cama reutilizada y no vacunación contra Pneumovirus aviar (APV). Se les alimento por 42 días con 5 dietas. Una dieta de maíz y soya y dietas basales que les adicionaron PB o HC en dos tipos de dosificación (E1 y E2). Semana 1, el PB en estrategia 2 evito la caída de títulos de anticuerpos maternos contra APV y produjo mejor porcentaje de células blancas. Semana 6, semejantes resultados se observó en tratamiento PB en las estrategias 1 y 2, incluso en HC en la estrategia 1. El plasma bovino en estrategia 2

tuvo mejor resultado que el tratamiento control en todo el ciclo de engorde y el hidrolizado de camarón en estrategia 2 obtuvo igual resultado que el tratamiento control. No hubo resultados significativos en los índices morfométricos de los órganos linfoides y la tasa de mortalidad. En conclusión la adición de plasma bovino a menor concentración en la dieta de pollos de engorde, tiene efecto inmunomodulador en células blancas y anticuerpos maternos en ausencia de vacunación y efecto provechoso en el desempeño animal (Mier & Parra, 2016).

La investigación tiene como objetivo evaluar los efectos de la administración de un inmunomodulador de origen natural (BIRM®) sobre los parámetros productivos, integridad de la bolsa de Fabricio y títulos de anticuerpos contra Gumboro en pollos de engorde, este experimento se realizó en el Centro Experimental Uyumbicho (CEU), perteneciente a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Central del Ecuador. En cuanto a los resultados no hubo variaciones significativas en peso final y ganancia diaria de peso entre los experimentos E1, E2 y E3. Tampoco hubo diferencias significativas en consumo de alimento y mortalidad entre los tratamientos. En cuanto al estudio histopatológico de las bolsas de Fabricio determinaron que el 20% de las aves monitoriadas que recibieron el inmunoestimulador mostraron una leve hiperplasia. La prueba de ELISA cuantificó títulos de anticuerpos únicamente en el grupo cero del histograma; al unir los resultados con el estudio histopatológico, se llegó a la conclusión que el proceso inmunitario estaba en desarrollo por estímulo de la cepa vacunal (Puente & Oña, 2013).

Esta investigación tiene como objetivo determinar el efecto de la adición en la dieta con B-glucanos de levadura (*Saccharomyces cerevisie*) sobre la respuesta inmunológica en aves ponedoras de la línea Lohmann blanca de 33 semanas en el municipio de Jamundí, Valle del cauca, utilizaron tres grupos aplicando pruebas serológicas tipo Elisa. Estas pruebas se realizaron a 20 aves por grupo antes y después de la administración de B-glucano de levadura en la dieta, a dos de estos grupos se les aplico una vacuna contra Newcastle+Bronquitis a mitad del

experimento. En conclusión, no hubo influencia en la producción de anticuerpo postvacunal con la aplicación de B-glucano, pero hay evidencia de un efecto positivo en la reducción del coeficiente de variación de la vacuna en las dos enfermedades (Anacona, 2016).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la captación de la bixina por plasma, lipoproteínas y leucocitos, y examinar la actividad inmunoprotectora en perros domésticos. Se realizó en perros Beagle hembras (2 años) fueron alimentadas por primera vez con una sola dosis mediante sonda oral con 0, 5, 10, 20 y 40 mg de bixina. Recolectaron muestras de sangre a 0 y 16 horas después de la administración; posteriormente fueron alimentadas diariamente con 0, 5, 10, 20 y 40 mg de bixina, realizaron muestras sanguíneas a 0, 1, 2, 4, 6, 10 y 14 días luego de la administración de la bixina. En un experimento consecutivo, se midieron respuestas humorales y mediadas por células, así como biomarcadores oxidativos después de 16 semanas de suplementación dietética con 0, 5, 10 y 20 mg de bixina/d. La absorción máxima en el plasma se produjo en 0,5 horas con una vida media de eliminación de 2,6 a 3,3 horas después de una dosis única de bixina. Las concentraciones plasmáticas en estado estacionario fueron de 0.053 μg después de 14 días de 40 mg de bixina /d. La mayoría de la bixina se encontró en las mitocondrias de los leucocitos y se asociaron con las lipoproteínas de alta densidad y de baja densidad. La respuesta específica (vacuna) aumentó ($P < 0,05$), pero la respuesta no específica al mitogeno no se modificó después de 12 semanas de bixina en la dieta, según lo evaluado mediante un ensayo de hipersensibilidad de tipo retardado. Ambas subpoblaciones de leucocitos en células B a las 6 y 16 semanas y la concentración plasmática de IgG a las 12 semanas en el grupo de tratamiento de 10 mg aumentaron ($P < 0,05$), aunque la producción de IgM y otras poblaciones de células no se vieron afectadas. Además, 8-oxo-2'-desoxiguanosina (8-OHdG), un biomarcador, se redujo sustancialmente ($P < 0,05$) en todos los grupos de tratamiento en la semana 16, y la proteína C-reactiva (CRP) se suprimió a la semana 12 ($P < 0,05$). La suplementación dietética con bixina no mostró cambios en la linfoproliferación en respuesta al desafío mitogeno in vitro y no tuvo ningún efecto en el aumento de la actividad de las células asesinas naturales. En conclusión, la bixina se absorbió fácilmente de manera dependiente de

la dosis en sangre después de la administración oral y luego fue absorbida por los leucocitos, donde se distribuyó principalmente en las mitocondrias, pero también a otros organelos celulares. La bixina también pareció estimular la respuesta inmune, como se observó con las respuestas mediadas por las células, y ejerció efectos antiinflamatorios (reducción de la PCR) así como antioxidantes (reducción de 8-OHdG) en perros (Park, Mathison, & Chew, 2016).

El objetivo del estudio es determinar la eficacia de inmunomoduladores basados en el factor de transferencia y compararlos con la Echinacea (*Echinacea purpurea*). Se utilizó 44 codornices europeas (*Coturnix coturnix*) divididas en 4 grupos. Dos tratamientos recibieron inmunomoduladores que poseían factor de transferencia, otro fue tratado con Echinacea y el último fue el control. Tomaron muestras de peso, sangre y heces en los días 15, 30, 45 y 60 después de iniciar el tratamiento oral. El día 43 del tratamiento inyectó Phytohemaglutinina (PHA) intracutáneo en el patagio derecho de cada ave y anotando el aumento del grosor del patagio a las 48 horas, desafiando al sistema inmune celular. El día 57 del tratamiento se desafía al sistema inmune humoral, mediante la inyección de lipopolysaccharida (LPS de *E. coli*). Como resultado hubo una reducción aparente de la reacción celular en el grupo tratado con factor de transferencia. Esta referencia y un incremento no significativo de la respuesta humoral señala que las sustancias inmunomoduladoras tendrían un efecto favorable, sin embargo es necesario estudios adicionales (Martínez, 2014).

2.2. Categorías fundamentales o marco conceptual.

2.2.1. ACHIOTE (*Bixa orellana*).

- Origen y distribución

La planta es nativa de América Tropical, pero es conocido su cultivo en muchos otros países. Los principales productores comerciales son: Bolivia, Brasil, Ceylán, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, Guayana, India, Jamaica, México y Perú.

En Ecuador se cultiva achiote principalmente en las provincias de Pichincha, Manabí, y Napo. En las restantes provincias de la costa y oriente éstas se encuentran en estado natural. Las plantaciones comerciales existentes se encuentran en la provincia de Napo, Puerto Napo con una superficie de 160 Has y otra con 50 Has, en la provincia de Pichincha en la vía Sto. Domingo – Quinindé 45 Has, en la Amazonía: El Coca vía Lago Agrio, principalmente (González, 2012).

- Descripción botánica

Árbol pequeño que puede alcanzar de 4m hasta 10m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 20 a 30 cm. Copa redondeada y densa, hojas simples, alternas, grandes y lustrosas, ovadas, de punta larga en el ápice, en pecíolos delgados y largos, acorazados en la base, puntos notables de color marrón en el envés, de 9 a 19 cm de largo por 6 a 11 cm de ancho. Hay variedades con flores rosadas y hasta blancas. El fruto es una cápsula ovoide cubierta de espinas, pardo rojiza, de tres a 5 cm de largo por 3 a 4.5 cm de diámetro, dehiscente por dos valvas, con aproximadamente 50 semillas. Las semillas son triangulares de color

rojo, los cotiledones son planos. Se considera que los frutos redondos contienen mayor cantidad de colorante (Contreras, 2010).

- Rendimiento

El rendimiento promedio de una plantación depende del suelo y la edad de la planta, entre otras variables, pero se consideran normales 1.000 Kg/ha, de frutos secos, del cual las semillas representan el 50-60% de ese peso total, o sea 500-600 Kg/ha. La materia colorante obtenible se estima en un 10% del peso de la simiente. El rendimiento en condiciones óptimas puede alcanzar más de lo esperado, cada planta llegaría a dar 25 libras de semillas de achiote (González, 2012).

- Composición química

Tabla 1. Composición pigmento del achiote

	Composición (g/100g)
Proteínas	12.3 - 13.2
Pectina	0.23
Carbohidratos	39.91 - 47.90
Ceniza	5.44 - 6.92
Taninos	0.33 - 0.91
Pentosas	11.35 - 14.97
Carotenoides	1.21 - 2.30
B-carotenos	6.8 - 11.30 mg

(Devia & Saldarriaga, 2003)

2.2.2. CAROTENIOIDES

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos presentes en los alimentos vegetales, y también de los colores anaranjados de varios animales. Desde el punto de vista químico, pertenecen a la familia de los terpenos, es decir están formados por unidades de isopreno (ocho unidades, es decir, cuarenta átomos de carbono), y su biosíntesis se produce a partir de isopentenil pirofosfato. Esto produce sus rasgos estructurales más evidentes, la presencia de muchos dobles enlaces conjugados y de un buen número de ramificaciones de grupos metilo, situados en posiciones constantes. Se conocen alrededor de 600 compuestos de esta familia, que se dividen en dos tipos básicos: los carotenos, que son hidrocarburos, y las xantofilas, sus derivados oxigenados. A estos hay que unir los apocarotenoides, de tamaño menor, formados por ruptura de los carotenoides típicos (Calvo, 2001).

2.2.3 PAPEL FISIOLÓGICO DE LOS CAROTENOIDES

El papel que cumplen los carotenoides va más allá de su importancia como pigmentos naturales. Tiempo atrás, se descubrió que los carotenoides son necesarios para la síntesis de la vitamina A. De hecho, de los más de 600 carotenoides conocidos actualmente, aproximadamente unos 50 de ellos están implicados en la síntesis de dicha vitamina. El carotenoide más importante como precursor de la vitamina A es el β -caroteno. (Santomá, 2012) menciona que una de las funciones de la vitamina A es la regulación de la transcripción. Aumenta la respuesta de las células T y estimula la producción de anticuerpos.

Diversas líneas de investigación han puesto de manifiesto que los carotenoides actúan “promoviendo la salud de las aves” mediante su

actuación en diferentes niveles, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- Carotenoides como agentes antioxidantes

Cabe resaltar la importancia de la cantaxantina y la astaxantina, cuyo papel fisiológico es más destacado que el del β -caroteno o la zeaxantina. En el metabolismo de los seres vivos en general, aparecen radicales libres como producto de numerosas reacciones en las que participa el oxígeno. Los radicales libres son compuestos muy reactivos, que contienen oxígeno. Son necesarios para todos los organismos en pequeñas concentraciones, ya que tienen un papel fisiológico esencial: participan en reacciones químicas que sirven a las células para defenderse de agentes infecciosos. Pero si la concentración de radicales libres es elevada, éstos causan toxicidad en las células del organismo, dando lugar a la aparición de alteraciones cardiovasculares, envejecimiento celular, muerte celular, etc. Por tanto, una dieta rica en astaxantina y cantaxantina previene la acumulación de radicales libres en el organismo. Al igual que la astaxantina y cantaxantina, las vitaminas C y E, así como los flavonoides son potentes agentes antioxidantes (Martínez, 2004).

- Carotenoides como estimuladores del sistema inmune

El sistema inmune es un mecanismo de defensa muy especializado de los animales, cuyo objetivo es proteger al huésped (en este caso, las aves) de la muerte, después de que éste haya sido infectado por un agente extraño. Los agentes extraños (agentes patógenos) pueden ser bacterias, virus, hongos o bien, toxinas (compuestos químicos) producidas por estos patógenos. Los agentes patógenos son antigénicos, es decir, son capaces de activar el sistema inmune. El sistema inmune, físicamente, está constituido por el sistema linfoide (sangre, ganglios linfáticos y las células denominadas linfocitos). El sistema linfoide hace posible que células “defensoras” del organismo, como los linfocitos, localicen a los antígenos

invasores. Así se consigue que los linfocitos destruyan los antígenos. Por tanto, la principal función del sistema inmune la llevan a cabo los linfocitos. Los linfocitos son de tres tipos: células B, células T y macrófagos (Martínez, 2004).

Los carotenoides actúan como activadores de los linfocitos T del sistema inmune. Así, mediante el suministro de carotenoides en la dieta de las aves, se genera una acumulación de linfoquinas y se provoca la activación de linfocitos B, que darán lugar a la aparición de anticuerpos. Los anticuerpos estarán listos para la defensa del organismo ante una posible infección. El empleo de inmunoestimuladores es una alternativa al uso de antibióticos, que tantos problemas de resistencia están generando (Martínez, 2004).

- Otros papeles fisiológicos de los carotenoides

Existen diversos estudios que ponen de manifiesto el efecto positivo de los carotenoides en el proceso reproductivo de muchas aves, ya que favorecen la producción de células sexuales en las gónadas. Tampoco debemos olvidar, por último, la enorme importancia de los carotenoides en los procesos de selección sexual y dicromatismo sexual que se llevan a cabo entre las aves cuando se encuentran en libertad. Se ha observado que las hembras de los mirlos escogen a los machos con los picos más brillantes y coloridos, siendo ésta una manera de seleccionar los ejemplares más saludables (Martínez, 2004).

2.2.4. SISTEMA INMUNE DE LAS AVES

El sistema inmune está formado por órganos linfoides primarios y secundarios. En la etapa embrionaria, inicia en el saco vitelino de donde

migran las células indiferenciadas al timo, médula ósea y bolsa de Fabricio. Estas células se diferencian en linfocitos T o B y a continuación migran a los órganos linfoides secundarios que son el bazo, tonsilas cecales, glándula de Harder, tejido linfoide asociado a mucosas y centros germinales en tejido conectivo (Martínez, 2014).

El timo es el encargado de producir los linfocitos T que intervienen en la inmunidad celular o local y son cortisona dependiente en un rango de 85-90%. Otro órgano de importancia que solo presentan las aves es la bolsa de Fabricio, donde se produce los linfocitos B que se encargan de la inmunidad humoral. Los órganos linfoides secundarios están integrados tanto de linfocitos B como T, estos linfocitos nacieron en órganos primarios como es el bazo, el hígado, la médula ósea y el tejido linfoide que está constituido por los tejidos BALT (Bronchus-ass, linfoid tissue) y GALT (Gut-ass, linfoid tissue) que está presente en el aparato respiratorio y digestivo (Closas, 1983).

Los linfocitos B en presencia de patógenos se convierten en células plasmáticas, las cuales están equipadas para producir anticuerpo (inmunoglobulinas Ig). Estos anticuerpos desactivan los patógenos y defienden al cuerpo. Cada célula plasmática puede producir hasta 300 moléculas de anticuerpos por segundo. En la actualidad se piensa que las células de los linfocitos B poseen anticuerpo ya fabricados (inmunoglobulina M, IgM) en la superficie contra cada agente infeccioso (Hofstetter, 2015).

La parte importante del sistema inmunológico en las aves se localiza en el intestino grueso, donde la flora microbiana, las células mucosas y el tejido linfoide, son inmunológicamente activos. Aquí se produce citoquinas moduladoras, que se unen a los procesos fermentativos de la biota comensal, para producir nutrientes inmunorreguladores. La actividad probiótica estimula el sistema inmune del tracto gastrointestinal, actuando principalmente en las placas de Peyer. Estos son importantes en la producción de IgA e IgG y

estimulan la síntesis de linfocitos T y citoquinas para beneficiar la destrucción intracelular de patógenos (Milián, Rondón, Lázaro, & Bocourt, 2009).

2.2.5. POLLO

La carne de pollo es una fuente de proteína de bajo costo en la mayoría de países, debido a las continuas mejoras en el proceso de producción que incluye genética y nutrición. Durante los últimos años se ha desarrollado investigación para mejorar parámetros como el índice de conversión alimenticia, ganancia de peso, rendimiento y características de la canal, con el objetivo de hacer un uso eficiente de los recursos reduciendo así los costos de producción y a la vez obtener el máximo rendimiento en canal. Con la implementación de dietas con bajos niveles de energía se obtiene un ingreso mayor y una mejor rentabilidad (Valdiviezo, 2012).

El ave tiene la capacidad de regular su consumo de alimento con base a la cantidad de energía que necesita, al aumentar los niveles de energía en la dieta se disminuye el consumo de alimento sin afectar significativamente el peso corporal. Sin embargo, el uso excesivo de aceite vegetal para incrementar el valor de energía aumenta el índice de mortalidad (Valdiviezo, 2012).

2.2.6. ABANICO COLORIMÉTRICO DSM PARA POLLOS

El abanico colorimétrico de pollo DSM es una herramienta sencilla y útil para hacer mediciones prácticas y precisas del color de la piel y los tarsos de pollo. Los carotenoides son sustancias cromóforas que tienen la característica de absorber la luz. Cada compuesto absorbe la luz a una determinada longitud de onda, lo que le da propiedades de color diferentes. Los colores que absorben longitudes de onda más amplias son preferidos para lograr pigmentaciones

más intensas (Koninklijke, 2012). Siendo el número 101 un color amarillo claro y el 108 un color anaranjado con este abanico se puede comprobar la absorción de carotenoides de la dieta de las aves (Mora, 2014).

2.2.7. INMUNOGLOBULINAS

La IgY que es análoga de la IgG presente en mamíferos, es un elemento fundamental en la defensa humoral frente a virus, bacterias y toxinas bacterianas (Closas, 1983).

La estructura de las IgY tienen dos sitios de unión al antígeno, para favorecer en un inicio y sean capaces de aglutinar o precipitar antígenos multivalentes. Estas condiciones benefician la aglutinación y un potenciador de la fagocitosis. Las células fagocíticas, producen la activación del sistema de complemento mediante la vía clásica. Para que se produzca este proceso se necesita activar la inmunidad adquirida reconociendo patógenos externos, destruirlos y desarrollar memoria, los agentes extraños deben ser atacados y destruidos por neutrófilos y macrófagos por fagocitosis (Closas, 1983).

La IgG está formada y secretada por células plasmáticas del bazo, los nódulos linfáticos y la médula ósea. Es la inmunoglobulina que alcanza mayor concentración en sangre y posee un papel esencial en el mecanismo de defensa mediado por anticuerpos. La IgG se une a antígenos específicos, tales como los que se encuentran en la superficie de las bacterias. Los anticuerpos de la clase IgG pueden activar el complemento por la vía clásica solo cuando se han acumulado suficientes moléculas en una configuración correcta sobre la superficie antigénica (Tizard, 2009).

La IgM se encarga de fijar el complemento y se forma como respuesta primaria al antígeno; se piensa que actúa en la defensa contra infecciones

tempranas de origen hematogéno. Es segregada al exterior localmente y aparece unida a la defensa celular sobre todo a nivel intestinal. Al parecer en aves, a nivel de las placas linfoides intestinales, la IgA es necesaria para seguir la transformación de IgM en A y para la elaboración de la IgA secretoria sería precisa la presencia de células T (Closas, 1983).

La IgM está producida por las células plasmáticas en el bazo, los nódulos linfáticos y la médula ósea. En el suero de la mayoría de los mamíferos representa la segunda clase en cuanto a concentración se refiere. La IgM es la principal inmunoglobulina producida durante la respuesta inmune primaria. También se produce en las respuestas secundarias, pero esto pasa desapercibido por el predominio de IgG. Aunque se produce en cantidades pequeñas, la IgM es más eficaz que la IgG en la activación del complemento, opsonización, neutralización de virus y aglutinación (Tizard, 2009).

CAPÍTULO III.

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.

3.1. Hipótesis

Ha: La harina de achiote (*Bixa orellana*) influye sobre la pigmentación e inmunoglobulinas en pollo de engorde.

3.2. Objetivos

3.2.1. General

Evaluar la harina de achiote (*Bixa orellana*) sobre los índices productivos, la pigmentación e inmunoglobulinas en pollo de engorde.

3.2.2. Específicos

- Evaluar el nivel de inclusión (0.1%; 0.2%; 0.3%) de harina de achiote (*Bixa orellana*).
- Analizar los niveles de inmunoglobulinas IgG, IgM.
- Comparar la pigmentación en el pollo mediante el abanico DSM.
- Determinar la eficiencia económica entre los diferentes tratamientos.

CAPÍTULO IV.

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en Ecuador, en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Tumbaco, barrio Comuna Central. Está ubicada a 78° 24' 0" de longitud oeste con relación al Meridiano de Greenwich y 0° 11' 0" de latitud sur con relación a la Línea Equinoccial, a 2 335 msnm (Carrión, 2014).

4.2. Características del lugar

El clima es clasificado como cálido templado. El clima aquí se clasifica como Cfb por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual es de 16.4°C. La precipitación es de 952 mm al año. La precipitación es la más baja en julio, con un promedio de 13 mm. La mayor parte de la precipitación aquí cae en abril, promediando 144 mm (Climate-Data.org, 2013).

4.3. Equipos y materiales

Materiales

- Campo
 - 200 pollos de engorde de 1 día (Cobb 500)
 - Harina de achiote (0; 0,1; 0,2 y 0,3%)
 - Galpón construcción mixta (equipos y materiales)
 - Balanza electrónica cap. 5 kg (1 g)
 - Abanico colorimétrico DSM

- Vacutainer (marca Vacuette)
 - Equipo para extracción de sangre (jeringas 3 ml, gasas, agujas)
 - Equipo para transporte de muestras sanguíneas
-
- Equipos de Oficina

4.4. Factores en estudio

En la investigación tiene como factor de estudio:

A) Dosis de harina de achiote (*Bixa orellana*)

- 0 % de H. de achiote en dietas alimenticias
- 0.1 % de H. de achiote en dietas alimenticias
- 0.2 % de H. de achiote en dietas alimenticias
- 0.3 % de H. de achiote en dietas alimenticias

4.5. Tratamientos

Los tratamientos que se evaluaron en el proyecto de investigación están conformados de la siguiente manera: T0: Testigo 0% de harina de Achiote; T1: 0.1% de harina de achiote; T2: 0.2% de harina de achiote; T3: 0.3% de harina de achiote. Para cada uno de los tratamientos se realizó la formulación de dietas (Anexo 1) de acuerdo a los requerimientos nutricionales de los pollos por etapa (Anexo 2).

Tabla 2. División de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tratamiento	Repeticiones	Animales
T0	R1	10
(0% <i>Bixa orellana</i>)	R2	10
	R3	10
	R4	10
	R5	10
T1	R1	10
(0.1 % <i>Bixa orellana</i>)	R2	10
	R3	10
	R4	10

	R5	10
T2	R1	10
(0.2 % <i>Bixa orellana</i>)	R2	10
	R3	10
	R4	10
T3	R1	10
(0.3 % <i>Bixa orellana</i>)	R2	10
	R3	10
	R4	10
	R5	10
TOTAL		200

4.6. Diseño experimental

Los datos se analizaron bajo el diseño completamente al azar (DCA), ya que las condiciones fueron homogéneas. Se utilizó tres tratamientos (0,1%, 0,2% y 0,3% de harina de achiote) con un testigo.

Se realizó el análisis de varianza (ADEVA) y para la separación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba estadística de Tukey 5%

Tabla 3. Esquema del ADEVA.

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	3
Repeticiones	4
Error experimental	12
Total	19

4.7. Variable respuesta

4.7.1. Inmunoglobulinas

Se realizó la recolección de muestras sanguíneas (ala) a los 49 días, por medio de una punción en la vena braquial, utilizando vacutainer y una aguja número 20G. El total de muestras recogidas fueron 20, posteriormente fueron enviadas al laboratorio “ANIMALAB” CIA.LTDA.

El método utilizado para la medición de las inmunoglobulinas G (Y) y M fue Elisa de tipo indirecto. Este consta de los siguientes pasos:

- Fijación al soporte insoluble de antígenos específicos para los anticuerpos. Lavado para eliminar los antígenos fijados o no fijados.
- Adición del suero, para que los anticuerpos reaccionen con los antígenos fijados al soporte. Lavado para eliminar los anticuerpos que no hayan reaccionado.
- Adición de anti-anticuerpos conjugados con una enzima, estos reaccionan con los anticuerpos específicos añadidos anteriormente y están fijados a los antígenos. Lavado para eliminar los anti-anticuerpos marcados que no hayan reaccionado.
- Adición de un substrato sobre el que actúa la enzima marcadora.
- Lectura visual o colorimétrica del producto final (Navarrete, 2006).

4.7.2. Abanico colorimétrico

A los 49 días se realizó el faenamiento tradicional de los pollos, posteriormente se hizo la recolección de muestras una por cada tratamiento y repetición; dando un total de 20 muestras. Se midió la pigmentación en la pechuga con el abanico colorimétrico DSM.

El abanico colorimétrico DSM tiene numeración en dependencia de la coloración, presentando una numeración desde el 101 hasta el 108 como se puede observar en la figura 1.



Figura 1. Rangos de pigmentación del abanico colorimétrico DSM.

La predilección en la pigmentación dependerá de la zona de venta y del consumidor, ya que una numeración de 103-104 es muy aceptada (Carvajal, Martínez, & Vivas, 2017); pero también una pigmentación de 105 (Moreno, 2016).

MANEJO DEL EXPERIMENTO

- Se realizó una revisión diaria de consumo de alimento, agua y mortalidades (de acuerdo a las recomendaciones de Cobb 500).
- A partir de los 35 días se incorpora en el balanceado los porcentajes (0.1%-0.2%-0.3%.) harina de achiote.
- A los 49 días se realizó la recolección de las muestras sanguíneas para posteriormente ser enviadas al laboratorio. El total de muestras que se envió es de 20 muestras.
- A los 49 días se realizó el faenamiento de 20 muestras recolectadas de cada tratamiento y repetición. La pigmentación se midió por medio de la escala de colores que posee el abanico DSM.

4.7.3. Eficacia económica

Para medir el siguiente parámetro se requiere de la siguiente fórmula.

- $UB = \text{Precio de Venta Producidos (PVP)} - \text{Costo de Producción Total (CPT)}$.
- Rentabilidad (R)

$$R = UB/PVP$$

4.8. Procesamiento de la información

En la investigación se utilizó el programa estadístico InfoStat 2017 y para la variable pigmentación se utilizó paquete estadístico SPSS statistics v23.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Índices productivos

5.1.1. Consumo de alimento, kg

Según el análisis de varianza (Tabla 17) muestra una alta significancia ($p < 0,0001$) entre las medias de los tratamientos, mostrando diferencias estadísticas entre las dosis de harina de achiote (*Bixa orellana*).

Por medio de la prueba de Tukey 5% (Tabla 17) se comprobó que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos T1 (182,60 kg) y T3 (183,23 kg) compartiendo similar significancia pero difiriendo de T2 (183,68 kg) y T0 (185,46 kg) respectivamente, debido a la regulación de azúcar sanguínea y la cantidad de glucosa que entra al hígado después de un alimento. La hipoglucemia estimula un centro nervioso para el consumo, mientras que la hiperglucemia estimula el centro para la saciedad. Esto no concuerda con lo reportado por Maldonado (2015) donde utilizó la harina de achiote a dosis de T1:1%, T2:3%, T3:5% y el testigo como pigmentante de piel en pollos parrilleros Ross 308, no encontró diferencias estadísticas ($p > 0,01$) entre los tratamientos y el testigo. Mora (2014) reporta que la utilización de harina de achiote (*Bixa orellana*) como pigmentante en pollo de engorde a dosis de T1:1,5%, T2:3%, T3:4,5% y el testigo, obteniendo el menor consumo de alimento con el testigo (150,73 kg).

5.1.2. Ganancia de peso, kg

Según el análisis de varianza (Tabla 17) muestra una alta significancia ($p < 0,0001$) entre las medias de los tratamientos, mostrando diferencias estadísticas entre las dosis de harina de achiote (*Bixa orellana*).

Por medio de la prueba de Tukey 5% (Tabla 17) se comprobó que existen diferencias altamente significativas entre el tratamiento T3 (102,21 kg) difiriendo de T0 (100,39 kg), T2 (98,98kg) y T1 (97,97 kg) respectivamente. Obteniendo la mejor ganancia de peso con T3 (0,3 % *Bixa orellana*) debido a que hubo un mejor absorción de nutrientes. Esto difiere con lo dicho por Maldonado (2015) donde utilizó la harina de achiote a dosis de T1:1%, T2:3%, T3:5% y el testigo como pigmentante de piel en pollos parrilleros Ross 308, obteniendo que la ganancia de peso es estadísticamente ($p > 0.01$) iguales entre los tratamientos y el testigo. Mora (2014) reporta que la utilización de harina de achiote (*Bixa orellana*) como pigmentante en pollo de engorde a dosis de T1:1,5%, T2:3%, T3:4,5% y el testigo, obtuvo la mayor ganancia de peso con el testigo (72,84 kg).

5.1.3. Índice de conversión alimenticia (ICA).

Según el análisis de varianza (Tabla 17) muestra una alta significancia ($p < 0,0001$) entre las medias de los tratamientos, mostrando diferencias estadísticas entre las dosis de harina de achiote (*Bixa orellana*).

Por medio de la prueba de Tukey 5% (Tabla 17) se comprobó que existen diferencias altamente significativas entre el tratamiento T3 (1,78) difiriendo de T0 (1,85); T2 (1,86) y T1 (1,88) respectivamente. La utilización de *Bixa orellana* ha dosis de 0,3%, da como resultado mejor aprovechamiento del alimento por parte del ave, para su consecuente ganancia de peso, debido al nivel de carbohidratos que posee el achiote, las lipoproteínas sintetizadas en

el epitelio del intestino que recolectan los triglicéridos y el colesterol ingeridas por medio de la dieta, desde el intestino delgado hacia los tejidos por medio de la linfa pasan a sangre para ser depositados en piel, tarsos y grasa corporal esto difiere con lo reportado por Rojas (2016) donde utilizo la harina de achiote a dosis de T1:0,5%, T2:1%, T3:1,5%, T4:2% y el testigo como pigmentante en pollos de engorde; donde obtuvo mejor conversión alimenticia con T0: 1,85. A medida que se aumente la dosificación menor será la conversión alimenticia como manifestó Mora (2014) donde utilizo harina de achiote a dosis de 1,5%; 3% y 4,5% y el testigo. Dando como resultado mejor conversión alimenticia con el testigo.

Tabla 4. Prueba de Tukey de conversión alimenticia, consumo de alimento y ganancia de peso

	Tratamientos				C.V.(%)	R ² Aj	P-valor
	T0	T1	T2	T3			
Consumo de alimento, kg	185,46c	182,60a	183,68b	183,23ab	0,23	0,87	0,0001
Ganancia de peso, kg	100,39b	97,97d	98,98c	102,21a	0,05	1,00	0,0001
Conversión alimenticia	1,85b	1,88c	1,86bc	1,78a	0,40	0,96	0,0001

Nota: ^{a,b,c,d}: medias con letras distintas en las filas que difieren significativamente ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variación. R² Aj: R cuadrado ajustado. P-valor: significancia. T0: testigo 0% *Bixa orellana*. T1: 0,1% *Bixa orellana*. T2: 0,2% *Bixa orellana*. T3: 0,3% *Bixa orellana*.

5.2. Inmunoglobulinas

5.2.1. Inmunoglobulina M (IgM)

El análisis de varianza (Tabla 4) determina que no existen diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos analizados, demostrando que

las dosis de 0,1; 0,2 y 0,3% de *Bixa orellana* no influyen en la respuesta de la inmunoglobulina M. Estos resultados difieren con lo manifestado por Kuramoto, Yamada, Tsuruta & Sugano (1996) donde comentan que los colorantes naturales insolubles en agua (gardenia amarilla, ácido lacánico y bixina) mejoran la producción de IgM a dosis de 1 y 10 ng/ml. Ya que producen una reacción alérgica pero como es de origen natural no producen reacciones adversas como mutagénicas o cancerígenas.

5.2.2. Inmunoglobulina G (IgG)

Según el análisis de varianza (Tabla 4) muestra una alta significancia ($p < 0,0015$) entre las medias de los tratamientos, mostrando diferencias estadísticas entre las dosis de harina de achiote (*Bixa orellana*).

Por medio de la prueba de Tukey 5% (Tabla 4) se comprobó que existen diferencias estadísticas entre tratamientos, compartiendo el mismo nivel de significancia entre los tratamientos T1 (343,45), T3 (362,13) y T2 (368,79) respectivamente; y difiriendo del T0 (268,49). Dando como resultado que las dosis de 0,1; 0,2 y 0,3% de *Bixa orellana* produjeron un aumento de la respuesta de la inmunoglobulina G. Esto concuerda con lo dicho por Kuramoto Yamada, Tsuruta & Sugano (1996) donde mencionan que los colorantes naturales insolubles en agua (gardenia amarilla, ácido lacánico y bixina) mejoran la producción de IgG a dosis de 1 y 10 ng/ml. Ya que producen una reacción alérgica pero como es de origen natural no producen reacciones adversas como mutagénicas o cancerígenas. Park, Mathison & Chew (2015) comenta que la bixina administrada por vía oral en perros estimula la respuesta inmune; aumentando los niveles de la concentración plasmática de IgG a las 12 semanas (dosis 10 mg de bixina).

Tabla 5. Resultados de las variables inmunoglobulinas M y G.

	Tratamientos				C.V.	R ² Aj	E.E.	P-valor
	T0	T1	T2	T3				
Inmunoglobulina M	131,57 ^a	151,34 ^a	144,21 ^a	162,94 ^a	12,69	0,19	8,37	0,0998
Inmunoglobulina G	268,49 ^b	343,45 ^a	368,79 ^a	362,13 ^a	10,65	0,54	15,99	0,0015

Nota. ^{a,b}: medias con letras distintas en las filas que difieren significativamente ($p < 0,05$). CV: coeficiente de variación. R² Aj: R cuadrado ajustado. E.E.: error estándar. P-valor: significancia. T0: testigo 0% *Bixa orellana*. T1: 0,1% *Bixa orellana*. T2: 0,2% *Bixa orellana*. T3: 0,3% *Bixa orellana*.

5.3. Abanico colorimétrico DSM

Para esta variable se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, donde se observó un valor de $p=0,00$ que demuestra que los datos obtenidos no se distribuyen normalmente, por lo que la comparación de medianas se realizó mediante la prueba de Kruskal Wallis. La prueba de Kruskal Wallis, mostró un valor de $p=0,070$ lo que demostró que no existe diferencias significativas entre los diferentes grupos de tratamientos que recibieron niveles distintos de harina de achiote.

Por medio de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk (Tabla 5) y la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 5), no muestra significancia estadística entre las medianas de los tratamientos que se administró harina de achiote (*Bixa orellana*) en comparación con el testigo. Por lo consecuente la dosificación fue muy baja para obtener una pigmentación adecuada para el consumidor. Por esta razón, Rojas, (2015) sugiere la utilización de harina de achiote a dosis de 1,5% ya que se obtiene una pigmentación de 106 del abanico DSM. Mora, (2014) recomienda la dosis de 4,5% de harina de achiote para obtener una pigmentación de 105 del abanico colorimétrico DSM.

Tabla 6. Resultados de la variable pigmentación.

	Tratamientos								P≤0,05
	T0		T1		T2		T3		
	\bar{x}	D.E.	\bar{x}	D.E.	\bar{x}	D.E.	\bar{x}	D.E.	
Pigmentación	102,2	±0,447	102,6	±1,341	102,4	±0,547	103,2	±0,447	0,070 N.S.

Nota: \bar{x} : media de cada tratamiento. D.E.: desviación estándar. N.S.: no significativo. T0: testigo 0% *Bixa orellana*. T1: 0,1% *Bixa orellana*. T2: 0,2% *Bixa orellana*. T3: 0,3% *Bixa orellana*.

5.4. Análisis de rentabilidad

Tabla 7. Análisis de costos.

COSTOS DE PRODUCCIÓN											
Detalle	Especificación	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)	T0		T1		T2		T3	
				Kg	(\$)	Kg	(\$)	Kg	(\$)	Kg	(\$)
Materias primas	Balanceado inicial	0,50	45,46	22,73	11,37	22,73	11,37	22,73	11,37	22,73	11,37
	Balanceado crecimiento	0,50	229,52	115,02	57,51	114,74	57,37	114,64	57,32	114,64	57,32
	Balanceado engorde	0,50	505,44	255,91	127,96	250,41	125,21	252,73	126,37	251,82	125,91
		Valor unitario (\$)	Valor total (\$)	Kg	(\$)	gr	(\$)	gr	(\$)	gr	(\$)
Harina de achiote	Harina de achiote	0	0,6	0	0	45,4	0,1	90,8	0,2	136,2	0,3
Mano de obra	50 horas	2	100,00	0	25	0	25	0	25	0	25
Medicamentos	vacuna, desinfectantes		12	0	3	0	3	0	3	0	3
Animales	Pollos de 1 día Cobb 500	0,66	132	0	33	0	33	0	33	0	33
	Subtotal		1025,02		257,83		255,04		256,25		255,90
Servicios básicos	luz, agua, arriendo		32,00		8		8		8		8

Total costos de producción	VALOR TOTAL				
	\$	T0	T1	T2	T3
	1057,02	265,83	263,04	264,25	263,90

INGRESOS											
Detalle	Especificación	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)	T0		T1		T2		T3	
				Kg	(\$)	Kg	(\$)	Kg	(\$)	Kg	(\$)
Venta producción		2,5	1322,28	130,3	325,75	132,56	331,40	132,7	331,75	133,35	333,38

UTILIDAD BRUTA, (\$)	Valor total (\$)	T0	T1	T2	T3
	265,26	59,92	68,36	67,50	69,48

RENTABILIDAD, (\$)	Valor total (\$)	T0	T1	T2	T3
	0,20	0,18	0,21	0,20	0,21

Tratamientos	Total kg Producidos	Costos total (\$)	Ingresos total (\$)	Utilidad (\$)	Rentabilidad %
T0	130,3	265,83	325,75	59,92	18,39
T1	132,56	263,04	331,40	68,36	20,63
T2	132,7	264,25	331,75	67,50	20,35
T3	133,35	263,90	333,38	69,48	20,84

En cuanto a la rentabilidad (tabla 6), se observa que la mejor se obtuvo en T3 (20,84%), seguido de T1 (20,63%); T2 (20,35%) y T0 (18,39%) respectivamente. Estos resultados no concuerdan con lo manifestado por Rojas (2016); donde utilizó la harina de achiote a dosis de T1:0,5%, T2:1%, T3:1,5%, T4:2% y el testigo como pigmentante en pollos de engorde; obteniendo una mejor rentabilidad con el testigo.

Al analizar los resultados permiten rechazar la hipótesis de la investigación planteada con respecto a la pigmentación de la pechuga e inmunoglobulina M.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1. Conclusiones

- El nivel de inclusión de 0,3% de harina de achiote (*Bixa orellana*) mejoró índices productivos la conversión alimenticia en comparación a los otros tratamientos.
- La adición de 0,1%, 0,2% y 0,3% de harina de achiote (*Bixa orellana*) mejoró los niveles de inmunoglobulina G en comparación con el T0.
- La pigmentación de la pechuga de pollo utilizando el abanico colorimétrico DSM, no fue influenciada por los niveles de harina de achiote.
- El tratamiento que obtuvo mejor eficacia económica fue el T3 (0.3% *Bixa orellana*) con una rentabilidad de 20,84%.

6.2. BIBLIOGRAFIA.

Anaconda, L. (2016). Efecto de la adición en la dieta de β -glucan de levadura sobre los títulos de anticuerpos de aves ponedoras en una granja del municipio de Jamundí, valle del cauca. Universidad Tecnológica de Pereira. <https://doi.org/11059/7463/636085A532>

Araya, H., Murillo, M., Vargas, E., & Delgado, J. (1977). Composición y empleo del achiote (*Bixa orellana*) en raciones para gallinas ponedoras, para la pigmentación de la yema del huevo, *I*(2), 143–150. Retrieved from http://www.mag.go.cr/rev_agr/v01n02_143.pdf

Calvo M. (2001). Carotenoides. Retrieved from <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/carotenoides.html>

Carrión, V. (2014). Nudo de la construcción del pensamiento y la conciencia ecológica del entorno geográfico en la parroquia de Tumbaco. Universidad Central del Ecuador.

Carvajal J, Martínez C, & Vivas N. (2017). Evaluación de parámetros productivos y pigmentación en pollos alimentados con harina de zapallo (*Cucurbita moschata*). *Biotechnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, *15*(2), 93–100. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)93-100](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)93-100)

- Caspote, M. (2014). Efecto del reemplazo de la vitamina E por un antioxidante natural (Annato extract) sobre los parámetros productivos de pollo de engorde. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Retrieved from http://cybertesis.unmsm.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/cybertesis/4512/Castope_hm.pdf?sequence=1
- Choque, R. (2008). Evaluación de la adición de cuatro niveles de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) y achiote (*Bixa Orellana*) en la ración para la pigmentación de la carne de pollos parrilleros. UMSA. Retrieved from <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=cidab.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=012210>
- Climate-Data.org. (2013). Clima Tumbaco: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Tumbaco - Climate-Data.org. Retrieved December 5, 2017, from <https://es.climate-data.org/location/34393/>
- Closas, A. (1983). Respuesta inmune de las aves y sus alteraciones. *ARXIUS*, 81–90.
- Contreras R. (2010). Bixa orellana. *CONABIO*, 1–6. Retrieved from [http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/890Bixa orellana.pdf](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/890Bixa%20orellana.pdf)
- Darabighane, B., Mahdavi, A., Mirzaei, F., Zarei, A., Kasapidou, E., & Nahashon, S. (2017). Efeitos potenciais da Aloe vera e vitamina E na resposta imunológica de. *Rev Colomb Cienc Pecu*, 30, 159–164. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v30n2a07>
- Devia J, & Saldarriaga L. (2003). Planta piloto para obtener colorante de la semilla del achiote (*Bixa orellana*). *Universidad EAFIT*, Vol.39.(No.131), 8–22. <https://doi.org/899-1-2734-1-10-20120613>
- García, E., Britto, A., Berto, D., Pelícia, K., Hanae, R., & García, A. (2009). Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com semente de urucum (*Bixa orellana*) moída na dieta, *16*(4), 689–697. Retrieved from <http://revistas.bvs-vet.org.br/rvz/article/viewFile/16971/17847>
- González M. (2012). Tres cantones de Manabí miran hacia el achiote. Retrieved December 11, 2017, from <http://www.revistaelagro.com/tres-cantones-de-manabi-miran-hacia-el-achiote/>
- Green, H., & Mellanby, E. (1930). Carotene and vitamin A: the anti-infective action of carotene. <https://doi.org/PMC2048085>

- Hetzel C, Pérez L, & Martínez G. (2010). La Bixa orellana L. en el tratamiento de afecciones estomatológicas, un tema aún por estudiar, 231–244. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75152010000200012
- Hofstetter U. (2015). Los Efectos Negativos de Varias Micotoxinas Sobre el Sistema Inmunológico en las Aves. *BM-Editores*, 68. Retrieved from <http://bmeditores.mx/efectos-negativos-varias-micotoxinas-sobre-sistema-inmunologico-en-las-aves>
- Kishibe R, Pereira A, Borges A, Ariki J, & Loddi M. (2000). Norbixina como pigmentante das gemas de ovos de poedeiras comerciais. In *Anais do Congresso de Produção e Consumo de Ovos*. Sao Paulo: 1ed. Retrieved from <http://r1.ufrjr.br/wp/ppgz/files/2015/05/71-Elson-Augusto-Queiroz.pdf>
- Kishibe R, Pereira A, Loddi M, Borges A, & Ariki J. (2000). Utilização da bixina como pigmentante natural da gema de ovos de poedeiras comerciais. In *In Congresso de Produção e Consumo de Ovos*. Sao Paulo: 2 ed. Retrieved from <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/3294/5/Tese - Jussara de Souza Carneiro - 2013.pdf>
- Koninklijke DSM. (2012). Pigmenting eggs and broiler chickens - World Egg Day - Events - DSM. Retrieved from https://www.dsm.com/markets/anh/en_US/Events/world_egg_day/Pigmenting_eggs_and_broiler_chickens.html
- Kuramoto, Y., Yamada, K., Tsuruta, O., & Sugano, M. (1996). Effect of Natural Food Colorings on Immunoglobulin Production in Vitro by Rat Spleen Lymphocytes. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 60(10), 1712–1713. <https://doi.org/10.1271/bbb.60.1712>
- Maldonado M. (2015). Evaluación de tres niveles de harina de achiote (Bixa orellana L.) en la pigmentación de piel en pollos parrilleros Ross 308 en el departamento de la Paz. Universidad Mayor de San Andrés. <https://doi.org/123456789/7114>
- Martínez A. (2014). Estudio experimental del uso de inmunomoduladores orales en codorniz europea (*Coturnix coturnix*). Universidad de Castilla-La Mancha. Retrieved from https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/7234/TFM_ALBERTO JOSE MARTINEZ OVEJERO.pdf?sequence=1
- Martínez R. (2004). Efecto de los carotenoides en los canarios: sistema inmune. *ResearchGate*, 56–60. <https://doi.org/273777534>

- Mier N, & Parra G. (2016). Efecto de dos inmunomoduladores comerciales sobre componentes del sistema inmune y parámetros zootécnicos en pollos de engorde de una granja experimental del Ecuador. UDLA. <https://doi.org/33000/6214>
- Milián, G., Rondón, A., Lázaro, M., & Bocourt, R. (2009). Acción de las endosporas de *Bacillus subtilis* en el sistema inmunológico de las aves. *CD de Monografías*, 9. Retrieved from <http://monografias.umcc.cu/monos/2009/AGRONOMIA/m09agr17.pdf>
- Montilla, J., & Angulo, I. (1984). Alimentación Pigmentantes en raciones para aves. Maracay. Retrieved from https://ddd.uab.cat/pub/selavi/selavi_a1985m9v27n9/selavi_a1985m9v27n9p281.pdf
- Mora C. (2014). Utilización de harina de achiote (*Bixa orellana*) como pigmentante en el engorde de pollo. Universidad Técnica de Machala. <https://doi.org/48000/1451>
- Moreno J. (2014). Evaluación de la alimentación aviar (*Gallus gallus domesticus*) con maíz fortificado en carotenoides. *TDX (Tesis Doctorals en Xarxa)*. TDR. <https://doi.org/10803/288367>
- Moreno M. (2016). Evaluar la pigmentación de piel de pollo engorde utilizando tres concentraciones de harina de ají peruano como aditivo al balanceado. Universidad Técnica de Machala. Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7687/1/DE00043_TRABAJODETITULACION.pdf
- Navarrete, L. (2006). Fundamentos y tipos de ELISAs. Madrid. Retrieved from <http://www.cultek.com/inf/otros/soluciones/Soluciones-ELISA-protocolos.pdf>
- Park, J., Mathison, B., & Chew, B. P. (2016). Uptake and immunomodulatory role of bixin in dogs. *Journal of Animal Science*, 94(1), 135–143. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9479>
- Puente C, & Oña D. (2013). Evaluación de los efectos de la administración de un inmunomodulador de origen natural (BIRM@) en pollos de engorde. Universidad Central del Ecuador. <https://doi.org/25000/2296>
- Rojas, J. (2016). Efecto de la harina de achiote(*Bixa orellana*) en la pigmentación de pollos de carne cobb-500. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Rojas, V., Callacna, M., & Arnaiz, V. (2015). Use of an additive canthaxanthin based and annatto extract in diets of laying hens and its effect on the color of the yolk and the egg shelf life.

Scientia Agropecuaria, 6(3), 191–199. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.05>

Romero P. (2015). Efecto de los carotenoides sobre la pigmentación de la yema del huevo y la productividad de las aves. Universidad Nacional Agraria. Retrieved from <http://repositorio.una.edu.ni/3084/1/tnq54r763.pdf>

Santomá G. (2012). Estimuladores de la inmunidad. Barcelona. Retrieved from www.produccion-animal.com.ar

Tizard I. (2009). Inmunología veterinaria (Elsevier). Barcelona. Retrieved from <http://media.axon.es/pdf/75618.pdf>

Valdiviezo M. (2012). Determinación y comparación de parámetros productivos en pollos broiler de las líneas cobb 500 y ross 308, con y sin restricción alimenticia. Universidad Superior Politécnica del Chimborazo. <https://doi.org/123456789/2251/1/17T1147>

6.3. Anexos

Anexo 1. Dietas elaboradas en base a los requerimientos nutricionales del pollo Cobb 500.

MATERIAS PRIMAS	ETAPAS					
	ENGORDE					
	INICIAL	CRECIMIENTO	T0	T1	T2	T3
Maíz	55,51	62,12	65,18	65,08	65	64,8
Torta de soya	38,24	31,48	28,68	28,68	28,66	28,66
Aceite de palma	1,55	1,8	2	2	2	2,1
Sal yodada	0,35	0,35	0,33	0,33	0,33	0,3
Sesquicarbonato de sodio	0,15	0,15	0,18	0,18	0,18	0,18
Carbonato de calcio	1,38	1,3	1,17	1,17	1,17	1,17
Fosfato monocálcico (P 21.7; Ca 17.5)	1,58	1,5	1,33	1,33	1,33	1,33
HCL-lisina 98%	0,29	0,33	0,23	0,23	0,23	0,23
DL-metionina 99%	0,2	0,21	0,15	0,15	0,15	0,15
L-treonina 98%	0,1	0,11	0,07	0,07	0,07	0,07
Premezcla (vitaminas-minerales)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Ácido fórmico (Salgard)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Ácido propiónico (Moldgard)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Atrapador de micotoxinas (Ultrabond)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Coccidiostato	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Harina de achiote (<i>Bixa orellana</i>)	0	0	0	0,1	0,2	0,3
Cloruro de colina 60%	0	0	0,03	0,03	0,03	0,03
Total	100	100	100	100	100	100

Anexo 2.Requerimientos obtenidos en las dietas.

	INICIAL		CRECIMIENTO		Requerido	ENGORDE			
	Requerido	Obtenido	Requerido	Obtenido		T0	T1	T2	T3
Proteína, (%)	21-22	22	19-20	19,5	18-19	18,5	18,5	18,5	18,5
E.Metabolizable, (Mcal/kg)	3	2,9	3	2,99	3,15	3,04	3,04	3,04	3,04
Grasa, (%)	5	4,21	5	4,58	5	4,84	4,85	4,86	4,97
Sodio, (%)	0,16-0,23	0,2	0,16-0,23	0,2	0,15-0,23	0,2	0,2	0,2	0,2
Cloro, (%)	0,17-0,35	0,26	0,16-0,35	0,26	0,15-0,35	0,25	0,25	0,25	0,25
Potasio, (%)	0,60-0,95	0,86	0,60-0,85	0,76	0,60-0,80	0,71	0,71	0,71	0,71
Calcio, (%)	0,9	0,9	0,84	0,84	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Fósforo, (%)	0,45	0,45	0,42	0,42	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Lisina, (%)	1,32	1,32	1,19	1,19	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Metionina, (%)	0,5	0,5	0,48	0,48	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
Treonina, (%)	0,86	0,86	0,78	0,78	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
Balance electrolítico, (mEq/kg)	< 250	251,91	< 250	225,19	< 250	221,81	221,74	221,59	221,46

Anexo 3. Análisis bromatológico de la harina de achiote (*Bixa orellana*).

Ensayo solicitado	Unidades	Resultados	Método
Humedad	%	12,61	Gravimétrico PEE/B/01
Materia seca	%	87,39	Gravimétrico PEE/B/01
Proteína(Nx6,25)	%	13,80	Kjeldahl PEE/B/02
Grasa	%	13,83	Soxhlet PEE/B/03
Cenizas	%	8,56	Gravimétrico PEE/B/04
Fibra	%	9,03	Gravimétrico PEE/B/05
Carbohidratos totales	%	40,88	Cálculo
Energía	Kcal/100gr	343,17	Cálculo

Fuente: AGROCALIDAD, 2017.

Anexo 4. Análisis bromatológico de las heces de pollo.

Ensayo solicitado	Unidades	Resultados	Método
Humedad	%	20,49	Gravimétrico PEE/B/01
Materia seca	%	79,51	Gravimétrico PEE/B/01
Proteína(Nx6,25)	%	19,18	Kjeldahl PEE/B/02
Grasa	%	6,89	Soxhlet PEE/B/03
Cenizas	%	11,82	Gravimétrico PEE/B/04
Fibra	%	13,26	Gravimétrico PEE/B/05
Carbohidratos totales	%	28,36	Cálculo
Energía	Kcal/100gr	252,18	Cálculo

Fuente: AGROCALIDAD, 2017.

Anexo 5. Medición de IgM.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	V
T0	120,21	132,24	148,97	122,48	133,96
T1	148,86	143,71	146,43	138,81	178,97
T2	161,78	161,96	120,48	132,97	143,86
T3	123,67	181,39	184,81	176,61	148,22

Anexo 6. Medición de IgG.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	V
T0	287,48	247,36	223,61	348,00	236,00
T1	301,21	304,31	387,41	346,31	378,01
T2	361,8	378,07	326,04	397,03	381,00
T3	346,20	376,22	361,81	378,22	348,22

Anexo 7. Medición de la pigmentación en la pechuga de pollos de engorde.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				
	I	II	III	IV	V
T0	102	102	102	102	103
T1	102	102	102	105	102
T2	102	103	103	102	102
T3	103	103	103	104	103

Anexo 8. Consumo de alimento, kg.

ETAPAS	TRATAMIENTOS			
	T0	T1	T2	T3
Día 12 al día 27	115,02	114,74	114,64	114,64
Día 18 al día 49	255,91	250,45	252,73	251,82
Sumatoria	370,92	365,19	367,37	366,46
Promedio	185,46	182,60	183,68	183,23

Anexo 9. Ganancia de peso, kg.

ETAPAS	TRATAMIENTOS			
	T0	T1	T2	T3
Día 12 al día 27	70,48	68,17	68,78	71,07
Día 18 al día 49	130,30	125,96	129,18	133,35
Sumatoria	200,78	194,13	197,96	204,42
Promedio	100,39	97,07	98,98	102,21

Anexo 10. Mortalidad.

SEMANAS	TRATAMIENTOS			
	T0	T1	T2	T3
1	1	1	1	2
2	0	0	1	0
3	0	1	0	0
4	0	1	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	1	0	0
Total	1	4	2	2
%	2	8	4	4



Figura 2. Limpieza del galpón



Figura 3. Corral listo



Figura 4. Recibimiento y pesaje



Figura 5. Pollitos de 1 día



Figura 6. Pollos de 32 días



Figura 7. Pollos de 45 días.



Figura 8. Fabricación balanceada



Figura 9. Balanceado de tratamientos



Figura 10. Toma de muestra de sangre



Figura 11. Recolección de muestras



Figura 12. Medición con abanico DSM en tratamiento 0 (102).



Figura 13. Medición con abanico DSM en tratamiento 1(102).



Figura 14. Medición con abanico DSM en tratamiento 2 (102).



Figura 15. Medición con abanico DSM en tratamiento 3 (103).

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

Utilización de la harina de achiote (*Bixa orellana*) como mejorador productivo en pollos de engorde.

7.1. Datos informativos

Las instituciones involucradas en la propuesta son: la Universidad Técnica de Ambato, como responsable de informar los resultados obtenidos en el presente estudio a la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE), por medio de esta institución se pueda llegar a los pequeños y grandes avicultores, de esta forma se puedan beneficiar de las propiedades que posee la harina de achiote (*Bixa orellana*).

7.2. Antecedentes de la propuesta

Con respaldo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se propone la adicción de 0,3% harina de achiote (*Bixa orellana*) en el balanceado de engorde para mejorar los pesos en pollos de engorde. La harina de achiote (*Bixa orellana*) es fácil de obtener, ya que se puede comprar en cualquier mercado; una de las ventajas es su bajo costo y su disponibilidad durante todo el año.

7.3. Justificación

En la actualidad las personas prefieren productos más saludables y de origen natural por esta razón en el campo pecuario los productores buscan alternativas naturales como puede ser el uso de plantas y sus derivados.

Dejando de lado el uso de productos sintéticos ya que estos pueden llegar a perjudicar la salud de los consumidores.

Por esta razón el uso de harina de achiote (*Bixa orellana*) a una dosis de 0,3% promueve una mejor ganancia de peso e índice de conversión alimenticia; de esta forma se evita la utilización de productos de origen sintético.

7.4. Objetivo

- Utilizar la harina de achiote (*Bixa orellana*) como un aditivo en las dietas alimentarias de pollos de engorde, a una dosis de 0,3% para promover una mejor ganancia de peso y por ende una mejor conversión alimenticia.

7.5. Análisis de factibilidad

7.5.1. Aspecto técnico

La propuesta está diseñada para que cualquier avicultor pueda aplicar la harina de achiote en las distintas dietas que utiliza en la producción de pollos de carne.

7.5.2. Aspecto financiero

Con respecto al aspecto financiero, hay que tener en cuenta que es un producto de bajo costo que puede colaborar para la obtención de una mejor producción avícola con una rentabilidad de 20,84%.

7.5.3. Aspecto social y ambiental

La utilización de harina de achiote (*Bixa orellana*) contribuirá a que se abran fuentes de trabajo para la elaboración de la harina. En cuanto al aspecto ambiental no produce ninguna repercusión ya que la harina se elabora del fruto del achiote.

7.6. Fundamentación

En nuestro país la ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (2010), en su Artículo 24 exhibe que “la sanidad e inocuidad alimentarias tienen por objeto promover una adecuada nutrición y protección de la salud de las personas; y prevenir, eliminar o reducir la incidencia de enfermedades que se puedan causar o agravar por el consumo de alimentos contaminados”. El artículo 25 también menciona que “El Estado prevendrá y controlará la introducción y ocurrencia de enfermedades de animales y vegetales; asimismo promoverá prácticas y tecnologías de producción, industrialización, conservación y comercialización que permitan alcanzar y afianzar la inocuidad de los productos. Para lo cual, el Estado mantendrá campañas de erradicación de plagas y enfermedades en animales y cultivos, fomentando el uso de productos veterinarios y fitosanitarios amigables con el medio ambiente”

7.7. Metodología, modelo operativo

La propuesta se iniciara con las siguientes actividades:

- Seleccionar un galpón que posea todos los servicios básicos (agua, luz).
- Realizar la limpieza y desinfección del lugar.
- Adquisición de la línea genética del pollo según su predilección.

- Realizar el calendario de vacunación según la zona en la que se encuentre el galpón.
- Capacitar a la persona que se va hacer cargo del manejo de los pollos.
- Adquisición de materias primas.
- Elaboración del balanceado para cada etapa de desarrollo del pollo de engorde.
- Adicionar la harina de achiote (*Bixa orellana*) en la etapa de engorde.

7.8. Administración

Se trabajara con pequeños, medianos y grandes productores que deseen aplicar la harina de achiote (*Bixa orellana*) en su producción, con el asesoramiento de un nutricionista animal.

7.9. Previsión de la evaluación

Se realizará una visita bimestral para evaluar el avance de la producción y colaborar con alguna duda con respecto al uso de la harina de achiote (*Bixa orellana*) en la alimentación de pollos de engorde.