

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**

**EXTENSIÓN EL CARMEN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

“Pigmentación en pollos de engorde con la suplementación de harina de  
achiote (*Bixa orellana*)”

**AUTOR:** Pita Landivar Cristian Javier

**TUTOR:** Ing. Jácome Gómez Janeth Rocío, Mg

**EL CARMEN – MANABÍ - ECUADOR**

**ABRIL - 2022**

	<b>NOMBRE DEL DOCUMENTO:</b> <b>CERTIFICADO DE TUTOR(A)</b>	<b>CÓDIGO: PAT-01-F-010</b>
	<b>PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO</b>	<b>REVISIÓN: 2</b>
		Página 2 de 65

## CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutora de la Extensión “El Carmen” de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante Pita Landivar Cristian Javier, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2021 (2) – 2022 (1), cumpliendo el total de 400 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es: “Pigmentación en pollos de engorde con la suplementación de harina de achiote (*Bixa orellana*)”

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 10 de enero de 2022.

Lo certifico,

**Ing. Janeth Rocío Jácome Gómez. Mg**

**Docente Tutora**

**Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria**

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ  
EXTENSIÓN EL CARMEN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**TÍTULO:**

“Pigmentación en pollos de engorde con la suplementación de harina de  
achiote (*Bixa orellana*)”

**AUTOR:** Pita Landivar Cristian Javier.

**TUTOR:** Ing. Jácome Gómez Janeth Rocío, Mg

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AGROPECUARIO**

**TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

**MVZ. David Napoleón Vera Bravo. Mg** \_\_\_\_\_

**Ing. Miguel Ángel Macay Anchundia. Mg** \_\_\_\_\_

**Ing. Myriam Elizabeth Zambrano Mendoza. Mg** \_\_\_\_\_

## DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios y a mi familia quienes por ellos soy lo que soy.

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por sus consejos, paciencia y toda la ayuda que me brindaron para concluir mis estudios.

Con la voluntad de Dios, me encuentro culminando una meta más en mi vida, es por eso que le doy gracias a Él; a mis maestros por la paciencia y los conocimientos brindados durante el proceso de aprendizaje y el deseo de superación que nos inculcaron.

## ÍNDICE

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....	II
CERTIFICADO DEL TRIBUNAL .....	III
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE.....	5
RESUMEN.....	12
ABSTRACT .....	13
.INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I. ....	15
1.Planteamiento del problema. ....	15
2.Justificación. ....	16
3.Antecedentes. ....	17
4.Objetivos. ....	18
4.1.Objetivo general.....	18
4.2.Objetivos específicos.....	18
5.MARCO TEÓRICO.....	18
5.1.Pollos de engorde.....	18
5.2.Pollo de engorde Broiler línea Cobb.....	19
5.2.1.Variedades comerciales:.....	20
5.2.1.1.Pollo de engorde Broiler línea Cobb 500. ....	20
5.2.1.1.1.Característica del pollo Broiler Cobb 500. ....	20
6.Origen y distribución del Achiote ( <i>Bixa orellana</i> ). ....	20
6.1.Taxonomía. ....	21
6.2.Descripción botánica. ....	21
6.3.Ecología.....	22
6.4.Composición química. ....	22
6.5.Usos en la industria. ....	23
7.Los pigmentos. ....	23
7.1.Importancia de los pigmentos en la industria avícola.....	23
7.2.Carotenoides.....	24
7.3.Licopeno. ....	25
7.4.Betacarotenos. ....	25
7.5.Alfacarotenos. ....	25

7.6.Criptoxantina.....	25
8.Xantofilas. ....	25
8.1.Luteína y Zeasantina. ....	26
8.2.Capsantina.....	26
8.3.Papel fisiológico de los carotenoides. ....	26
9.Los carotenoides presentes en el achiote ( <i>Bixa orellana</i> ). ....	27
9.1.Propiedades del achiote. ....	28
9.1.1.Propiedades antimicrobianas.....	28
9.1.2.Propiedades antioxidantes. ....	28
9.1.3.Propiedades antileishmánica y antifúngica. ....	28
9.1.4.Actividad antiveneno. ....	29
9.1.5.Actividad anticarcinogénica / anticlastogénica.....	29
10.Absorción de xantofilas y su deposición en la piel del pollo.....	30
10.1.Factores que afectan la pigmentación de los pollos de engorde.....	31
11.Métodos para evaluar la pigmentación en pollos de engorde. ....	32
11.1.Abanico de ROCHE. ....	32
CAPÍTULO II.....	33
12.MATERIALES Y METODOS. ....	33
13.Marco Metodológico.....	33
13.1.Ubicación del ensayo.....	33
13.2.Características agroecológicas de la zona. ....	33
14.Hipótesis.....	33
17.VARIABLES DE ESTUDIO.....	34
17.1.Variable independiente. ....	34
17.2.VARIABLES DEPENDIENTES.....	34
18.Factores en estudio.....	34
18.1.Niveles de estudio. ....	34
18.2.Tratamientos.....	34
19.Esquema del galpón. ....	35
20.Diseño Experimental.....	36
21.1.Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones. ....	36
21.2.Análisis de varianza.....	36
22.Equipos, Insumos y Materiales. ....	37
23.Procedimiento experimental.....	38

23.1.Desinfección.....	38
23.2.Construcción y establecimiento del círculo de crianza. ....	38
23.3.Llegada de pollitos BB .....	39
23.4.Construcción y acondicionamiento de las unidades experimentales.....	39
23.5.Alimentación .....	39
23.6.Registro de datos.....	39
23.7.Metodología de evaluación.....	40
23.7.1.Consumo de alimento.....	40
23.7.2.Peso promedio.....	40
23.7.3.Mortalidad. ....	40
23.7.4.Conversión alimenticia.....	41
23.7.5.Nivel de pigmentación. ....	41
CAPÍTULO III.....	42
24.RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
24.1.Nivel de pigmentación. ....	42
24.2.Ganancia de peso por semana y por tratamientos. ....	44
24.3.Consumo de alimento acumulado.....	46
24.4.Índice de conversión alimenticia (I.C.A). ....	47
24.5.Eficiencia alimenticia. ....	48
24.6.Índice de productividad (I.P). ....	49
24.7.Mortalidad acumulada por tratamientos. ....	51
24.8.Análisis económico de los tratamientos. ....	52
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES. ....	53
CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES. ....	54
25.BIBLIOGRAFIA. ....	55
26.ANEXOS;.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Taxonomía del achiote .....	21
Tabla 2. Estructura y Color de Algunos Carotenoides.....	24
Tabla 3. Características meteorológicas.....	33
Tabla 4. Número, codificación y descripción de los tratamientos.....	34
Tabla 5. Análisis de la varianza para el DCA de pigmentación en pollos de engorde con la adición de harina de achiote Bixa orellana... ..	37
Tabla 6. Análisis de la varianza de la pigmentación por tratamientos .....	42
Tabla 7. Prueba de tukey para el nivel de pigmentación por tratamientos.....	42
Tabla 8. Ganancia de peso promedio por semana y por tratamiento .....	44
Tabla 9. Detalle del análisis económico de los tratamientos estudiados .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Niveles de pigmentación por tratamientos en base a la escala colorímetro de ROCHE .....	43
Figura 2. Ganancia de peso promedio por semana y por tratamiento.....	45
Figura 3. Consumo de alimento total acumulado por tratamiento.....	46
Figura 4. Índice de conversión alimenticia acumulado por tratamiento.....	47
Figura 5. Eficiencia alimenticia por tratamiento .....	48
Figura 6. Índice de productividad por tratamientos.....	50
Índice de productividad por tratamientos.....	50
Figura 7. Mortalidad acumulada .....	51

## ÍNDICE DE IMÁGENES.

Imagen 1. Composición química de la semilla del achiote .....	22
Imagen 2. Composición del pigmento del achiote .....	30
Imagen 3. Esquema del galpón.....	35
Imagen 4. Análisis de varianza para un diseño completamente al azar .....	37

## ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1. Distribución de los tratamientos y repeticiones bajo el sistema DCA.....	60
Anexo 2. Pigmentaciones generadas en los diferentes tratamientos. ....	61
Anexo 3. Elaboración de las dietas alimenticias. ....	62
Anexo 4. Flameo y encalado del área experimental.....	62
Anexo 5. Construcción de las unidades experimentales.....	63
Anexo 6. Limpieza del área experimental y toma de datos.....	63
Anexo 8. Sacrificio de los pollos.....	64

## RESUMEN

El objetivo del estudio, fue evaluar la “**Pigmentación en pollos de engorde con la suplementación de harina de achiote (*Bixa orellana*)**” y de los diferentes parámetros productivos del pollo de carne Cobb – 500 tales como el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia de los tratamientos de igual manera determinar el porcentaje utilizado de harina de achiote más apropiada para la pigmentación y por último realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio. Se empleó el Diseño Completamente al Azar DCA, y la prueba de promedios de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). La investigación se llevó a cabo en el cantón Santo Domingo, parroquia San Jacinto del Búa. Se utilizaron 90 pollos diferenciados por sexo (machos y hembras), con 2 días de edad con un peso promedio de 66 gramos, se distribuyeron en las respectivas unidades experimentales (5 pollos por unidad experimental) dando un total de 3 tratamientos con 6 repeticiones cada uno (18 unidades experimentales; machos y hembras). Los tratamientos de suplemento alimenticio fueron T1 (balanceado + 10% de harina de achiote), T2 (balanceado + 15 % de harina de achiote) y T0 ( balanceado sin harina de achiote - 0%), la suplementación de harina de achiote se llevó a cabo durante las dos últimas semanas productivas (5ta y 6ta semana) midiendo la pigmentación de la piel el día del sacrificio de las aves, los resultados indican que existieron diferencias altamente significativas en cuanto a la pigmentación de la piel de los pollos reportando los niveles más altos los tratamientos T2 (machos 15% de harina de achiote) y T2 (hembras 15% de harina de achiote) con 5.33 y 5 en base a la escala colorímetro de roche. Al final del ciclo productivo los pollos obtuvieron un promedio de 3kg entre los tratamientos, con un consumo promedio de alimento con las dietas de harina de achiote de alrededor de 1.070 g hacia el final de la investigación, en los parámetros productivos el tratamiento T0 (testigos hembras 0% de harina de achiote) obtuvo valores mayores al promedio en comparación con los demás tratamientos; ganancia de peso en la semana 6 con 3480.15 g; índice de conversión alimenticia con 1.39; eficiencia a alimenticia con 246%; índice de productividad con 176%, seguido por el T1 ( machos 10% de harina de achiote) ; ganacia de peso en la semana 6 con 3354.07 g; en conversión alimenticia con 1,40; eficiencia alimenticia con 240%; índice de productividad con 174%. En cuanto al análisis económico, el tratamiento T2 (balanceado + 15% de harina de achiote) de pollos machos y hembras Alcanzó a mayor rentabilidad con 0.44 dólares; por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 0.44 centavos al contrario del tratamiento testigo, en el cual se obtienen 0.40 centavos.

**Palabras claves:** Parámetros productivos, Abanico de Roche, Dieta alimenticia, Pollos Broiler

## ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the "Pigmentation in broilers with the supplementation of achiote flour (*Bixa orellana*)" and the different productive parameters of the Cobb - 500 meat chicken such as feed consumption, weight gain, food conversion of the treatments in the same way to determine the percentage of the most appropriate achiote flour used for pigmentation and finally to carry out an economic analysis of the treatments under study. The DCA Completely Random Design and Tukey's test of means ( $\alpha = 0.05$ ) were used. The investigation was carried out in the Santo Domingo canton, San Jacinto del Búa parish. 90 chickens differentiated by sex (males and females) were used, with 2 days of age and an average weight of 66 grams, giving them equal technical management until the beginning of the third week, then they were distributed in the respective experimental units (5 chickens per experimental unit) giving a total of 3 treatments with 6 repetitions each (18 experimental units; males and females). The nutritional supplement treatments were T1 (balanced + 10% annatto flour), T2 (balanced + 15% annatto flour) and T0 (balanced without annatto flour - 0%), the supplementation of annatto flour was carried out during the last two productive weeks (5th and 6th week) measuring the pigmentation of the skin on the day of slaughter of the birds, the results indicate that there were highly significant differences in terms of the pigmentation of the skin of the chickens reporting the levels higher treatments T2 (males 15% annatto flour) and T2 (females 15% annatto flour) with 5.33 and 5 based on the Roche colorimeter scale. In the weekly weight gain, although there were significant differences, this did not affect the final weight gain, reporting an average of 3kg between treatments, on the other hand the parameters of: feed conversion, feed efficiency, productivity index and average final weight per treatments notable descriptive differences were recorded. Regarding the cost-benefit analysis (C/B), the T2 treatment (balanced + 15% annatto flour) of male and female chickens reached higher profitability with 1.44 dollars; For every dollar invested, a profit of 0.44 cents is obtained, contrary to the control treatment in which 0.40 cents are obtained.

**Keywords:** Productive parameters, ROCHE fan, Diet, Broiler Chickens.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción de carne de origen avícola se hace del segundo lugar en el ranking mundial. El sector dedicado a la producción avícola en el Ecuador, se ha incrementado gradualmente, sólo entre el 2018 y 2019, el número de aves criadas en campo y aquellas producidas en planteles de explotación avícola creció 27%. La adquisición y consumo de carne de pollo es de suma importancia en la dieta de los ecuatorianos presentándose frecuentemente en la canasta familiar básica. (Sánchez et al., 2019)

Actualmente, debido a los avances que se han tenido en cuanto a nutrición y genética, los pollos en las explotaciones avícolas consumen una cantidad menor de alimento y no poseen acceso a fuentes naturales de pigmentación, no obstante, debido a la alta competencia por ganar mercado, los productores de pollo, comenzaron a mezclar pigmentantes junto con el balanceado en las dietas alimenticias de las aves, así de esta manera, el consumidor final asocia la salud y frescura de las aves haciéndolo más atractivo visualmente aumentando las probabilidades de compra de esa carne. (Fernandez, 2014)

Los productos utilizados para la pigmentación de la piel de las aves pueden provenir de sustancias naturales y sintéticas, siendo estas últimas las más ampliamente utilizadas en comparación con su contra parte natural, estas sustancias son aplicadas por empresas avícolas, pequeños y grandes productores para proporcionar un color en específico que puede variar de amarillo a naranja, o dorado.

En varios mercados, el color del pollo y la yema de huevo importantes para el consumidor. Además de generar ciertos rangos color del pollo y del huevo, los carotenoides a su vez desempeñan variadas funciones metabólicas. En el pollo de engorde, los carotenoides se ingieren y se depositan primordialmente en los tarsos, en la piel y en gran medida en grasa subcutánea. (Cisneros, 2012)

## CAPÍTULO I.

### 1. Planteamiento del problema.

En las décadas recientes ha adquirido relevancia en la cría de pollos de engorde el uso de sustancias que agreguen un cierto grado de color en la piel en que el consumidor demanda un mejor aspecto visual atractivo de color, más que por el valor nutritivo que estos posean.

Las preferencias del consumidor por pollos con un cierto grado de pigmentación es un hecho definitivo, hay áreas o países donde prefieren un pollo de piel blanca, otros los exigen con diferentes tonos amarillos y en algunos con ligero tono anaranjado. En muchos casos las preferencias están ligadas a conceptos erróneos y apreciaciones cuando menos subjetivas. Por otra parte las preferencias en una ciudad o área determinada tampoco son homogéneos, aunque la mayoría se incline por un ave ligeramente pigmentada.

La pigmentación en pollos de engorde está ligada a las cantidades de pigmento que se le depositan en la piel, estos productos en la gran mayoría de los casos son sintéticos y se le suministran a estos mediante su alimentación. Hoy en día el uso de estos productos están dejándose de lado debido a la protección de los consumidores a estas sustancias, siendo de manera semejante apoyado por los mismos ya que buscan alternativas más saludables y cuya tendencia en los últimos tiempos no ha hecho más que ir en aumento.

Pero el inconveniente principal es que aunque estas sustancias se sigan limitando de manera progresiva, Continúa existiendo una gran demanda por parte de los productores avícolas que siguen ejerciendo la utilización de las mismas, las causas de este problema son múltiples, pero para este estudio se eligió la que tiene que ver con alternativas naturales ya que muchas de ellas a más de tener carotenoides cumple funciones de antioxidantes e inmunomoduladores.

Los pigmentos de origen vegetal como los carotenoides y las xantofilas presentes en varias plantas pueden ser utilizados para la pigmentación de los pollos de engorde, estas son convertidas en harinas para adicionarlas como suplemento en la alimentación o bebida de

los mismos.

En esta investigación se dará el uso de un pigmento de procedencia de origen vegetal que este de fácil asequibilidad en el país que nuestros productores avícolas puedan implementar y cubrir la demanda de los consumidores.

Entonces ¿cuál sería el porcentaje óptimo de harina de achiote adicionada a la dieta de pollos de engorde para que estos alcancen una buena pigmentación?

## **2. Justificación.**

Se pretende desarrollar una alternativa al uso de pigmentantes sintéticos con el empleo del achiote sobre la coloración en pollos de engorde. Este es un cultivo hortícola ampliamente conocido, las semillas de esta planta son asequibles, sus subproductos son variados y utilizados por la mayoría de la población lo que le da ventaja significativa, además de ser una alternativa para pequeños y medianos avicultores, actualmente las investigaciones existentes del uso de esta planta en la pigmentación son limitadas y en el rango en el que se manejan las dosis en los mismos son estrechas entre sí, por lo que es necesario ampliar los estudios que aumenten el abanico de posibles dosis a utilizar en la alimentación para alcanzar el objetivo.

Mediante el análisis comparativo con la adición de harina de achiote (10% y 15%) a la composición alimenticia, se va a realizar un estudio con porcentajes de harina de achiote para decidir cuál de estos es el indicado para su uso en cuanto a pigmentación de pollos de engorde, evidenciando cual es la incidencia de pigmento en la piel del pollo.

Al obtener resultados reales con datos confiables se podrán crear opciones en la producción avícola en cuanto la demanda actual de los consumidores, además de alcanzar un mayor consumo del mismo, haciendo más fácil de esta manera la venta.

Este estudio se sumará a las investigaciones ya existentes y proporcionará más conocimientos en beneficio de los productores avícolas que deseen una alternativa natural para la pigmentación de sus pollos.

### 3. Antecedentes.

Muestra Ninahualpa (2018) en su investigación “efecto de la harina de achiote (*Bixa orellana*) sobre la pigmentación a la canal e inmunoglobulinas en pollos de engorde” en donde realizó la evaluación de diferentes porcentajes 0.1%; 0.2% y 0.3% adicionados a la dieta de los pollos, encontrando que la adición de estas cantidades mejora los niveles de inmunoglobulina G en la sangre pero no causa una pigmentación adecuada necesaria por lo que sugiere utilizar dosis más altas para lograr desarrollar este aspecto.

Por otro lado Rojas (2016) realizó una evaluación del “efecto de la harina de achiote (*Bixa orellana l*) en la pigmentación de pollos de carne cobb • 500” con la adición de 0.5%, 1%; 1.5% y 2%. En el cual encontró que con la adición de 2% en la alimentación de los pollos generan significativamente más pigmentación en el tarso, pero no menciona si el mismo resultado se logró notar en la piel.

De igual manera Maldonado (2015) efectuó una “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 en Bolivia,” en donde halló que la suplementación de 5% de harina de achiote es efectiva, presentando resultados significativos de pigmentación tanto en la piel como el tarso de los pollos.

Alcivar, (2014) manifiesta en la “evaluación del pigmentante natural harina de achiote (*Bixa orellana l.*) en pollos en pie”, que la adición de dosis altas de hasta un 10% generan resultados altamente significativos en cuanto a pigmentación obteniendo promedios relativamente positivos en la escala de pigmentación, haciendo que este sea viable, sin embargo recomienda aumentar las dosis de estudio, con el fin de generar más datos que recalquen el uso de cantidades más elevadas.

En los antecedentes mencionados se logra identificar una tendencia, la cual es que a mayor porcentaje de adición de pigmentante, mayor va a ser la respuesta de pigmentación en la piel del pollo. La presente investigación toma como base esa predisposición para estudiar el efecto de 10% y 15% de harina de achiote y así establecer cuál es la dosis que genera cambios efectivos y su tiempo en generar.

#### 4. Objetivos.

##### 4.1. Objetivo general.

- Evaluar la pigmentación en pollos de engorde con la suplementación de harina de achiote (*Bixa orellana*) adicionada a la dieta alimenticia.

##### 4.2. Objetivos específicos.

- Medir el grado de pigmentación de los pollos broilers al finalizar las fases de manejo.
- Calcular el consumo de alimento, ganancia de peso, conversión de los tratamientos con la suplementación de harina de achiote (*Bixa orellana*) en pollos broiler.
- Determinar el porcentaje utilizado de harina de achiote más apropiada para la pigmentación.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos en estudio

#### 5. MARCO TEÓRICO.

##### 5.1. Pollos de engorde.

Los avances genéticos se concentran en alcanzar un mejor rendimiento, alta conversión alimenticia y excelentes características de la carne, textura, proteína, grasa o contenido de colesterol. Por lo antes mencionado, los pollos actuales son escogidos no solo por lo rápido que crecen, sino por cumplir las demandas de los consumidores de carne blanca con un menor porcentaje grasa, alcanzando a generar más de la mitad del total de la carne en carne blanca (Nilipour, 2008).

Es sustancial saber que las líneas de pollos de engorde manejadas en América Latina son de conformación, logrando un mayor crecimiento de pechuga después de los 28 días de edad, obteniendo al final pollos con pechugas que alcanzan un peso de más del 30 % del peso corporal del total de 2.500 gramos en promedio (Nilipour, 2008).

## 5.2. Pollo de engorde Broiler línea Cobb.

De todas las líneas genéticas existentes de pollos de engorde, la línea Cobb parrillero es el más eficiente. Su conversión alimenticia y excelente tasa de crecimiento les da una excelente ventaja competitiva a productores que mantienen los menores costos de producción alrededor del mundo entero. El pollo Cobb, es preferido por la ola creciente de avicultores que reconocen la increíble calidad en rendimiento y producción de carne además de su potencial para producir carne con un menor costo de producción. Su capacidad de buena adaptabilidad en diferentes ambientes del mundo lo ubica como una combinación insuperable de reproductores, pollos y atributos de pos procesado de la carne, basados en más de 30 años de constante mejoramiento genético. (Caicedo y Jacome, 2014)

Como ya se ha mencionado la principal diferencia significativa es la eficiencia de la línea Cobb. El alimento representa en total más del 60% de los costos finales de producción. Se prevé que estos costos tenderán al alza. La eficiencia de utilización de alimento es el elemento más importante en la producción, esto con el fin de reducir costos y aumentar rentabilidad. En el mercado global, la línea Cobb logra los costos más bajos económicamente en la producción de un kilogramo de carne en relación al alimento que consume. La increíble superioridad en eficiencia en conversión alimenticia y una excelente tasa de crecimiento le dan al dueño de la explotación avícola la mejor opción para lograr el principal objetivo, el peso esperado al costo más bajo (Caicedo y Jacome, 2014)

Las razas o para obtener la línea Cobb, básicamente, se sustentan en Cornish, macho, Plymouth Rock hembra, y también New Hampshire hembra, el pollo Cobb posee una excelente uniformidad en el mercado esto significa que la planta de procesamiento puede recibir un mayor volumen de aves que se encuentren dentro del peso esperado especificado por el mercado al que se dirija. (Caicedo y Jacome, 2014)

Mientras más grande sea el número de pollos que posean el peso esperado, mayor número de aves estarán aptas para la comercialización, lo que aumenta la ganancia económica de venta y optimiza la rentabilidad de la explotación avícola (Caicedo y Jacome, 2014).

### **5.2.1. Variedades comerciales:**

- Cobb500
- Cobb700
- Cobb Sasso

#### **5.2.1.1. Pollo de engorde Broiler línea Cobb 500.**

El pollo de engorde con la mejor eficiencia del mundo, el valor más alta conversión alimenticia, el mejor índice de crecimiento, viable con una alimentación de baja densidad y menos costos de producción. Estas características combinadas del pollo Cobb500™ le dan una ventaja competitiva poseyendo el costo más bajo por kilogramo de peso vivo, producido para la creciente clientela y consumo a nivel mundial. (Hatchery, 2015)

##### **5.2.1.1.1. Característica del pollo Broiler Cobb 500.**

- El costo más bajo por kilogramo o libra de peso vivo producido
- Un mayor rendimiento con alimentación de bajo costo.
- Alto rendimiento alimenticio.
- Excepcional índice de crecimiento.
- Mejor uniformidad de peso por pollo, ideal para el procesamiento.
- Reproductores competitivos en el mercado (Hatchery, 2015).

## **6. Origen y distribución del Achiote (*Bixa orellana*).**

El achiote es procedente de algunos lugares de América tropical. Probablemente su lugar de origen haya sido la cuenca amazónica, ya que en ese lugar se las puede observar desarrollándose de manera silvestre al igual que otras especies que pertenecen al mismo género. (Arce,1990)

Antes de la llegada y posterior conquista de América latina por los españoles, el achiote crecía de forma silvestre desde México hasta Brasil. Con pasar del de los tiempos esta planta se introdujo en varios países africanos y de allí se la llevó hasta Asia y Oceanía.

Actualmente se produce y cultiva a una escala comercial en los continentes Americano Africano, Asiático y por último en Oceanía (Arce,1990)

### 6.1. Taxonomía.

#### *Tabla 1.*

#### *Taxonomía del achiote*

Reino	Clase	Orden	Familia	Género	Especie.
Plantae	Dicotiledóneas	Parietales	Bixáceas	Bixa	Bixa orellana

**Fuente:** (Devia y Saldarriaga, 2003).

### 6.2. Descripción botánica.

#### **Forma**

Tiene apariencia de arbusto o árbol de un tamaño reducido, perennifolio o caducifolio, de 2.5 hasta 10 metros de altura, en sus primeras etapas de desarrollo, posee un diámetro a la altura del pecho de alrededor de 20 a 30 centímetros. (Lim, 2012)

#### **Fruto(s).**

El fruto es de apariencia ovoide a ovoide globosa, de color pardo-rojizo, de 3 a 5 centímetros de longitud por 3 a 4.5 centímetros de diámetro, es dehiscente separado por 2 valvas, de apariencia erizada con pequeños agujijones delgados y blandos que sobresalen hasta de 6 milímetros; en su interior contienen un aproximado de 50 semillas. (Lim, 2012)

#### **Semilla(s).**

Semillas rojas con aspecto casi triangular, un poco comprimidas y pequeñas, de 5 a 5.5 milímetros de longitud por 4 a 5 milímetros de ancho, posee una testa pulposa de un color rojizo y un albumen carnosos. Los cotiledones que posee son planos. (Lim, 2012)

#### **Raíz.**

El sistema radical que posee es pivotante y con una longitud considerable. (Lim, 2012)

### **Sexualidad.**

El achote es hermafrodita. (Lim, 2012)

### **6.3. Ecología.**

Se desarrolla en un sinnúmero de climas diversos, se destaca en los de tipo cálido-húmedos, semicálidos y templados, con temperaturas que oscilan entre 20 y 30 °C y lluvias anuales mayores a 1000 milímetros. Las condiciones más recomendables para cultivar Achote las poseen aquellas regiones que se encuentran ubicadas entre 100 y 800 metros de altura, con temperaturas en promedio de entre 20 y 26 °C y resisten un máximo de alrededor de 3 meses de época seca.

Se adapta a una gran diversidad de suelos, ya sea desde suelos franco-arenosos hasta arcillosos. Aunque crece en suelos que carecen de fertilidad natural, el rendimiento más alto se ha obtenido en suelos aluviales, estos suelen estar muy bien drenados y con altos niveles de materia orgánica. (Lim, 2012)

### **6.4. Composición química.**

#### ***Imagen 1.***

*Composición química de la semilla del achote.*

<b>Composición química (%)</b>	
Humedad	8.00 – 13.00
Proteína	13 – 14.24
Celulosa	13.8
Fibra Cruda	18.48
Almidones	11.45
Carbohidratos totales	39.91
Ceniza	4.50 – 7.97
Energía	54 kcal

**Fuente :** (Devia y Saldarriaga, 2003).

### **6.5. Usos en la industria.**

Los colorantes de la semilla (aceite y arilo) y de la porción más carnosa (arilo rojo-naranjado) que rodea a la semilla, de ahí se obtiene un colorante requerido industrialmente para suministra de color a productos alimenticios tales como; queso, mantequilla además de aceites, ceras, barnices, pinturas, cosméticos y fibras textiles ya sea de seda o de algodón. (Lim, 2012)

## **7. Los pigmentos.**

Se les conoce como pigmentos a las sustancias (carotenoides o xantofilas) que colorean la yema de los huevos , grasa subcutánea, piel de los pollos y otras partes de los mismos (Cuevas et al., 2013). Estas son moléculas químicas capaces de reflejar luz visible, trasmitirla, o las dos acciones al mismo tiempo. Lo que da el color de un pigmento es la absorción de manera selectiva de ciertas longitudes de onda de la luz y de la reflexión de algunas otras. (Alcivar, 2014)

### **7.1. Importancia de los pigmentos en la industria avícola.**

En la avicultura se ha establecido como importancia económica el de dar color al producto final, durante la etapa final del proceso productivo, y de la comercialización de los mismos. Entre los mercados de consumidores a escala industrial como de manera individual, la tendencia al alza es de elegir productos cuyos colores sean vivos y vistosos. (Cuevas et al., 2013)

Con el fin de presentar productos de origen animal con una coloración determinada que se acerque a los gustos de los consumidores, se agregan habitualmente pigmentos a la dieta , estos son absorbidos y depositados en los diferentes tejidos orgánicos del animal para que estos mismos obtengan el color requerido. Se utilizan esencialmente en las explotaciones avícolas, para alcanzar un color de yema atractivo y para desarrollar el color de la piel y patas de estos animales. (Maguregui, 2020)

## 7.2. Carotenoides.

Son pigmentos liposolubles a los cuales se le atribuye el color rojo, amarillo, anaranjado y púrpura de frutas y vegetales en la mayoría de los casos, También tienen la capacidad de pigmentar la yema de los huevos, la piel de animales tales como el salmón, pollo y camarón. Químicamente se clasifican en carotenos que son aquellos que exhiben una coloración rojiza - anaranjada, las cuales poseen conjuntos de carbono e hidrógeno y las xantofilas que poseen una coloración amarillenta y parda considerados como derivados oxigenados. El betacaroteno, el alfacaroteno, y la betacriptoxantina, son iniciadores de la vitamina A. (Tamayo et al., 2011)

**Tabla 2.**

*Estructura y Color de Algunos Carotenoides.*

<b>Nombre del caroteno</b>	<b>Color</b>
Fitoflueno	Incoloro
ζ-Caroteno	Amarillo suave
Licopeno	Rojo
γ-Caroteno	Rojo-naranja
β-Caroteno	Naranja
α-Caroteno	Amarillo
<b>Nombre de la xantofila</b>	<b>Color</b>
β-Criptoxantina	Naranja
α-Criptoxantina	Amarillo
Zeaxantina	Amarillo-Naranja
Luteína	Amarillo
Violaxantina	Amarillo
Astaxantina	Rojo

**Fuente:** (Martínez, 2004).

Se conocen alrededor de 600 carotenoides de procedencia natural, aun así sigue siendo pequeño en comparación a los utilizados en mayor manera industrialmente. Por otro lado los nuevos pigmentos desarrollados o descubiertos se reportan de manera continua.

### **7.3. Licopeno.**

El licopeno es un tipo de carotenoide que posee una estructura acíclica, isómero del beta caroteno, se lo halla en la naturaleza como pigmento de origen natural es liposoluble responsable del color rojizo y anaranjado de algunas frutas y verduras. Una de sus fuentes principales es el tomate (80-90%). (Bojórquez et al., 2013)

### **7.4. Betacarotenos.**

Las moléculas conocidas como betacarotenos se encuentran en las frutas y verduras de colores amarillo, naranja, rojo y verde; se sintetizan cuando las frutas y verduras llegan a la etapa de maduración. En las verduras de color verde, el color de los betacarotenos queda encubierto por el color verde procedente de la clorofila. De esta manera se puede definir que mientras más verde o amarilla sea la fruta o verdura más porcentaje en betacarotenos poseerá. (Perez y Perez, 2008)

### **7.5. Alfacarotenos.**

Los alfacarotenos tienen la misma, inclusive podría decirse igual fórmula molecular que el betacaroteno, sin embargo es importante tomar en cuenta que este difiere entre los dobles enlaces conjugados que posee. Son agentes antioxidantes que están presentes en frutas y vegetales tal y como el betacaroteno (Navarro, 2013), pero no es tan abundante y no se encuentra tan fácil como el antes mencionado.

### **7.6. Criptoxantina.**

La criptoxantina es el pigmento que dota de color amarillo, anaranjado y predomina en el pimiento dulce, maíz, alfalfa, y demás alimentos. (Martinez, 2009)

## **8. Xantofilas.**

### **8.1. Luteína y Zeaxantina.**

La luteína es un pigmento de origen vegetal que, en conjunto con el betacaroteno, es uno de los carotenoides más abundantemente encontrados en frutas y hortalizas. La distribución química de la luteína junto con la de su isómero estructural zeaxantina; ambos se derivan de los dihidroxilados provenientes del alfacaroteno y betacaroteno. (Olmedilla, 2008)

### **8.2. Capsantina.**

La capsantina se encuentra principalmente en los pimientos, el cual es el principal carotenoide que estos poseen. Es muy raro de encontrar en otras especies vegetales. (Basquez, 2019)

### **8.3. Papel fisiológico de los carotenoides.**

Los carotenoides cumplen un papel bioquímico sumamente importante en todos los animales, sin embargo estos deben ser ingeridos en las dietas en las porciones suficientes para desempeñar sus funciones de manera adecuada. Algunas especies manejan y aprovechan de una mejor manera el betacaroteno, mientras que algunas otras lo hacen mejor utilizando las xantofilas, tal es el caso de la luteína, zeaxantina, criptoxantina, astaxantina, entre otras. En muchas especies, el aporte en la dieta de estos compuestos es importante para evitar ciertas enfermedades asociadas a la nutrición y así asegurar un buen estado de salud, permitiendo la expresión de su conducta normal, por lo que la dieta que se suministre es de vital importancia. (Brenes, 2014)

A pesar de las semejanzas químicas entre ellos, los carotenoides cumplen funciones diferentes en el organismo. Varios se convierten en vitamina A, como por ejemplo en el caso del betacaroteno, el alfacaroteno y la criptoxantina, otros tales como la luteína, la zeaxantina y el licopeno no lo pueden realizar (Gerones y Urritz, 2003). La facultad de los carotenos para operar como provitamina A requiere de la conversión en retinol por parte de los animales, así como de la disposición del beta- ionona. (Meléndez et al., 2004)

De igual manera cabe recalcar la importancia de la cantaxantina y la astaxantina, cuyo actuar fisiológico es más sobresaliente que el del betacaroteno o la zeaxantina. En el metabolismo de los seres vivos de manera general, surgen radicales libres como fruto de varias reacciones en las que se hace participe el oxígeno. Los radicales libres son sustancias muy reactivas, que poseen oxígeno.

Son importantes para todos los organismos en pequeñas concentraciones, ya que poseen un papel fisiológico primordial: tienen participación en reacciones químicas que aprovechan las células para protegerse de agentes infecciosos. Pero si el porcentaje de radicales libres es alta, éstos generan toxicidad en las células del organismo, facilitando la aparición de alteraciones cardiovasculares, envejecimiento celular, muerte celular, etc. Por ende, una dieta elevada en astaxantina y cantaxantina logra una menor la acumulación de radicales libres en el organismo, en conclusión cumplen funciones antioxidantes. (Martínez, 2004)

Por otra parte los carotenoides intervienen como activadores de los linfocitos T del sistema inmunológico. Así, mediante la suministración de carotenoides en la dieta de las aves, se crean y acumulan linfoquinas y por ende se provoca la activación de linfocitos B, que abrirán camino a la aparición de anticuerpos. Los anticuerpos estarán listos para la protección del organismo ante cualquier infección. (Martínez, 2004)

Por ultimo existen variados estudios que manifiestan el efecto positivo de los carotenoides en el desarrollo reproductivo de la gran mayoría de las aves, ya que ayudan la producción de células sexuales en las gónadas, tanto en la hembra como en el macho. Tampoco se debe de olvidar, el gran alcance de los carotenoides en los procedimientos de selección sexual y dicromatismo sexual que se realizan entre las aves cuando estas están en libertad. Se ha visto que las hembras de los mirlos eligen a los machos con los picos más brillantes y coloridos, de esta manera las hembras seleccionan los ejemplares machos más saludables. (Martínez , 2004)

## **9. Los carotenoides presentes en el achiote (*Bixa orellana*).**

El achiote posee altos porcentajes de carotenoides, especialmente apocarotenos

tales como la bixina, isobixina y norbixina, también se pueden describir de manera específica el betacaroteno, criptoxantina, luteína, zeaxantina, orellina, entre otros. Lo que convierte al achiote en unos de los materiales más atractivos para la extracción de pigmentos es la posibilidad de conseguir de sus semillas colorantes hidrosolubles como colorantes liposolubles, esto se puede lograr solo con modificar el disolvente de extracción.

La bixina es el pigmento que se encuentra en mayores cantidades en la semilla del achiote y representa alrededor del 80 % de todos los carotenoides encontrados. De la bixina es posible extraer otros pigmentos como la norbixina (liposoluble), también la sal de norbixina (hidrosoluble). (Lourido y Sánchez, 2010)

## **9.1. Propiedades del achiote.**

### **9.1.1. Propiedades antimicrobianas.**

Los extractos de varias partes de la planta de *Bixa orellana* también han demostrado in vitro tener propiedades antimicrobianas. En un estudio basado en los usos populares de esta especie en Guatemala, se demostró que el extracto alcohólico al 50% de la corteza de *B. orellana* tiene actividad contra *Neisseria gonorrhoea*. (Cáceres A. y col., 1995)

### **9.1.2. Propiedades antioxidantes.**

Se encontró que el extracto de Achiote tiene carotenoides con actividad antioxidante; por ejemplo, se ha evaluado los efectos de la norbixina sobre la lesión de las células de *Escherichia coli* DNA-inducido por radiación ultravioleta, peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y aniones superóxidos, y se encontró que la norbixina protege a las células contra estos agentes, incrementando su sobrevivencia en por lo menos 10 veces. (Júnior A. y col., 2005)

### **9.1.3. Propiedades antileishmánica y antifúngica.**

La actividad antileishmánica y antifúngica de 24 extractos metanólicos de plantas, todas ellas usadas en la medicina tradicional brasileña para el tratamiento de varias infecciones y desórdenes inflamatorios, fueron evaluados contra formas promastigotes de

dos especies de Leishmania (*L. amazonensis* y *L. chagasi*) y dos hongos (*Candida albicans* y *Cryptococcus neoformans*). *Bixa orellana*, *O. gratissimum* y *Syzygium cumini* mostraron un CMI de 0,078 mg/mL, es decir una mejor actividad contra *C. neoformans*. (Braga F. y col., 2007)

#### **9.1.4. Actividad antiveneno.**

En ratones estudiados, el extracto de hojas y ramas de *Bixa orellana* mostró una actividad antiveneno poderosa para *Bothrops asper venom* y *Bothrops atrox venom*. Por ejemplo, en uno de los estudios realizados en Antioquía y Chocó (Colombia), el extracto de las hojas y ramas de *B. orellana* demostró su capacidad neutralizante en un 100%, con seis dosis mínimas hemorrágicas (10 µg) de venom inyectadas en ratones (18-20 g), contra el efecto hemorrágico de *Bothrops atrox venom*. (Otero, 2000)

#### **9.1.5. Actividad anticarcinogénica / anticlastogénica.**

En dos estudios realizados in vivo e in vitro en animales, se han encontrado efectos anticarcinogénicos del Achiote por la dieta. En uno de los estudios se investigó los efectos carcinogénico y anticarcinogénico del Achiote dietario en hígado de ratas Wistar usando focos de glutatión-s-transferasa preneoplásica (GST-P) y biomarcadores para el análisis de lesiones en el DNA. El Achiote conteniendo 5% de bixina, fue administrado en la dieta, continuamente durante dos semanas antes. En conclusión, a tales condiciones experimentales el Achiote no mostró efecto hepatocarcinogénico o modificación potencial por la lesión DEN-DNA inducido ni foco preneoplásico en hígado de rata. (Agner A. y col., 2004)

**Imagen 2.**

*Composición del pigmento del achiote.*

<b>Composición (g/100g)</b>	
Proteínas	12.3 – 13.2
Pectina	0.23
Carbohidratos	39.91 – 47.90
Ceniza	5.44 – 6.92
Taninos	0.33 – 0.91
Pentosanos	11.35 – 14.97
Carotenoides	1.21 – 2.30
β-carotenos	6.8 – 11.30 mg

**Fuente :** (Devia y Saldarriaga, 2003).

**10. Absorción de xantofilas y su deposición en la piel del pollo.**

De manera natural las xantofilas se hallan en forma de ésteres de ácidos grasos. Para que las aves la puedan digerir, estas las hidrolizan por medio del proceso de saponificación que se realiza en la parte superior del intestino delgado, por medio de las enzimas que ahí se secretan, esencialmente estas operan sobre las cadenas esteáricas y al hacerlas absorbibles están ingresan por el epitelio ciliar del intestino delgado. (Pérez-Venderell et al, 2001; Castañeda et al, 2005; Cuca 2009)

En condiciones normales los pigmentos ingresan y se absorben en el intestino delgado de los pollos, luego estos son trasladados por medio de la sangre teniendo como destino final el tejido subcutáneo, adiposo, tarsos y piel en donde son almacenados. No obstante, el nivel de pigmentación está ligado directamente con el grado de absorción intestinal y por el parecido molecular de cada carotenoide, lo que da lugar a que puedan situarse en un tejido determinado del animal. (Pérez-Venderell et al, 2001; Castañeda et al, 2005; Cuca 2009)

### 10.1. Factores que afectan la pigmentación de los pollos de engorde.

Para lograr una pigmentación adecuada en el pollo de engorde no solo se depende únicamente del porcentaje de concentración del pigmento en la dieta, de hecho, el éxito o fracaso de cualquier estrategia de pigmentación es la consecuencia de la correlación de varios factores, los mismos se nombran a continuación:

a) **Tipo de carotenoide ofrecido a las aves:** Es necesario tener conocimientos de la eficiencia de los pigmentantes carotenoides utilizables comercialmente para poder obtener fórmulas eficientes. Resulta de suma importancia tener en cuenta la capacidad de almacenamiento del carotenoide en el tarso, piel y demás tejidos del ave, al encontrarse en iguales porcentajes en la alimentación, la eficiencia de almacenamiento del apoester en los tejidos es más elevada. (Fernandez, 2014)

**Genética de la parvada:** es importante saber acerca de las líneas de pollos ya que no todos presentan la misma eficiencia para la fijar pigmento en los tejidos, inclusive existen líneas de pollo con cierta genética que no fijan carotenoides. (Fernandez, 2014)

b) **Estado de salud:** las enfermedades hacen que disminuya el consumo de alimento en el pollo esto provoca una menor ingesta de carotenoides, ligado a esto, cualquier tipo de daño o deterioro sobre la salud de la mucosa intestinal disminuirá o de lleno impedirá la absorción de las xantofilas.(Fernandez, 2014).

c) **Tipo de dieta:** Las xantofilas hacen parte del grupo de los lípidos terpenoides, por ende, se digieren y absorben en el intestino como cualquier otra molécula de carácter no polar. Los niveles de grasa en la dieta aunque no lo parezca suelen afectar directamente la absorción de los carotenoides. (Fernandez, 2014)

d) **Instalaciones y manejo:** El efecto de estas variables no requiere mayor explicación, ya que se sabe que aquellos animales con manejos incorrectos o que se encuentran en infraestructuras deficientes, manifestaran por lo menos una reducción en el consumo de alimento, lo que generara como consecuencia una pigmentación insuficiente.(Fernandez, 2014).

e) **Planta procesadora:** Este es un factor muy importante en cuanto se está produciendo pollos pigmentados que se encuentran cerca de la etapa final (faenamiento), ya que

para lograr un desplumado óptimo del pollo, se requiere una temperatura en el agua de alrededor de 60 C, no obstante, a esta temperatura se genera el desprendimiento de la epidermis, llevándose con esto el pigmento de la piel y causando que el pollo pierda coloración. Generalmente a esto se conoce como pollo “tallado” el cual también genera una reducción del precio de venta por mala presentación del producto en el mercado. La temperatura de agua indicada para extraer el plumaje sin causar la separación del pigmento dérmico es de al menos 52 °C, arriba de 53 °C el nivel de carotenoides en la piel del pollo disminuye significativamente. (Fernandez, 2014)

## **11. Métodos para evaluar la pigmentación en pollos de engorde.**

Los métodos indirectos se fundamentan en la concentración y perfil de las xantofilas contenidas en la muestra analizada. Estos métodos se los consideran como indirectos por que pueden “correlacionarse” con el nivel del color pronosticado y observado, pero dicha correlación jamás podrá dejar de ser sólo una estimación, y en varias ocasiones es muy distante del color esperado. Las muestras que se pueden examinar son: alimento, suero, piel de la pechuga, piel de tarsos y yema de huevo. Como se dijo anteriormente la principal desventaja de este método es que son solo estimaciones y el establecer una correlación directa con un nivel de color resultaría presuntuoso, en la gran mayoría de los casos se utilizan en campo para complementar los trabajos experimentales. (Hernandez, 2018).

Los métodos directos consisten en la evaluación directa de la coloración de la piel del pollo, el tarso y la yema del huevo, por medio de la descomposición del espectro de luz (reflectancia) o con la comparación y prueba de un color ya conocido (abanico de ROCHE). (Hernandez, 2018)

### **11.1. Abanico de ROCHE.**

El Abanico de Roche es un herramienta colorimétrica. Permite evaluar la calidad de la yema según su coloración. Permite estimar el nivel de pigmentación en los pollos de engorde de acuerdo a la pigmentación de la pechuga, piel y tarso. Presenta varias tonalidades de colores, específicamente 15 que van desde amarillo pálido y terminan en un naranja rojizo. (Asensio, 2009)

## CAPÍTULO II.

### 12. MATERIALES Y METODOS.

#### 13. Marco Metodológico

##### 13.1. Ubicación del ensayo.

Este ensayo se llevó a cabo en el cantón Santo Domingo, en la parroquia San Jacinto del Búa Km 2 vía a San Vicente del Búa, en la Finca “Misericordia de Dios”.

##### 13.2. Características agroecológicas de la zona.

*Tabla 3.*

*Características meteorológicas.*

<b>Características</b>	
Temperatura (°C)	22°C min a 26°C máx.
Clima	Cálido húmedo.
Humedad Relativa (%)	90%
Precipitación media anual	3000mm
Altitud (msnm)	284

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2018).

#### 14. Hipótesis.

La adición de 10% y 15% de harina de achiote (*Bixa orellana*) en la dieta alimenticia durante las dos últimas semanas mejora la pigmentación en pollos de engorde.

## 17. Variables de estudio.

### 17.1. Variable independiente.

- **Sexo de los pollos:** Se evaluó la pigmentación tanto en hembras y machos.

### 17.2. Variables dependientes.

- Consumo de alimento.
- Peso promedio.
- Conversión alimenticia.
- Mortalidad.
- Nivel de pigmentación.

## 18. Factores en estudio.

Sexado (S)

Pigmentación (P)

### 18.1. Niveles de estudio.

S1= Machos.

P1= balanceado + Harina de achiote al 10%.

S2= Hembras.

P2= balanceado + Harina de achiote al 15%.

S3= Testigo (solo balanceado sin harina de achiote).

### 18.2. Tratamientos.

**Tabla 4.**

*Número, codificación y descripción de los tratamientos.*

No#	Codificación	Descripción
1	S1P1	Machos harina de achiote 10%
2	S1P2	Machos harina de achiote 15%
3	S2P1	Hembras harina de achiote 10%
4	S2P2	Hembras harina de achiote 15%
5	S3	Testigo (solo balanceado sin harina de achiote).

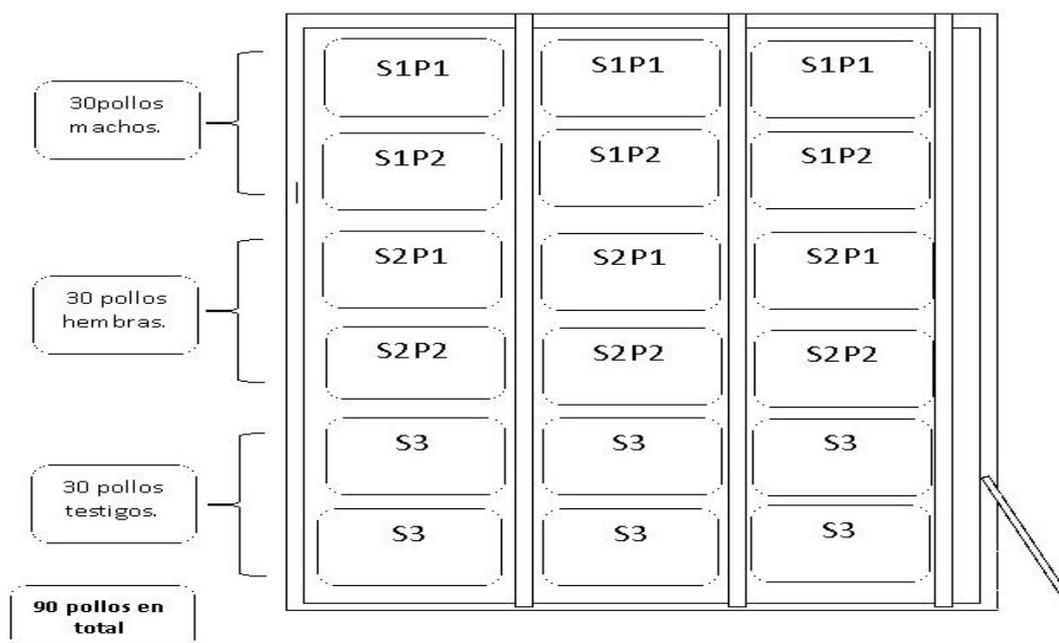
Unidad experimental; está representada por 5 pollos en jaulas de 1 metro x 1 metro ( $1m^2$ ), dando un total de 90 pollos.

**Fuente:** El autor.

### 19. Esquema del galpón.

**Imagen 3.**

*Esquema del galpón.*



**Fuente:** El autor.

## 20. Diseño Experimental

La investigación estuvo distribuida bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con igual número de repeticiones. Los tratamientos en este sistema son asignados aleatoriamente a las unidades experimentales y esto también se da en caso contrario. Es ampliamente usado gracias a que es un diseño simple de realizar, su aplicación se da cuando existen varios tratamientos y su uso se limita a las siguientes situaciones:

- En caso de que una parte del experimento se pierda y puede decirse que las unidades experimentales deben tener la misma capacidad de respuesta.

### 21.1. Diseño Completamente al Azar con igual número de repeticiones.

Es aquel diseño en el que el número de unidades experimentales por tratamiento es igual para todos los tratamientos, esto es en  $n_i = n$ . (Salazar, 2002)

#### *Imagen 4.*

*Características del modelo lineal de un diseño completamente al azar.*

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

para

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, n_i$$

donde

$y_{ij}$  = Observación correspondiente a la j-ésima unidad experimental que recibió el i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = Error aleatorio

**Fuente:** ( Salazar, 2002 ).

### 21.2. Análisis de varianza.

A continuación se presentan las fuentes de variación, los grados de libertad, la suma de

cuadrados, el cuadrado medio y el estadístico de la distribución F para un análisis de varianza de un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones (Salazar, 2002).

**Imagen 4.**

*Análisis de varianza para un diseño completamente al azar.*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F <sub>c</sub>
Tratamientos	t-1	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^t n_i (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{t-1}$	$\frac{CM_{Trat}}{CM_{\epsilon}}$
Error	N-t	$SC_{\epsilon} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$	$CM_{\epsilon} = \frac{SC_{\epsilon}}{N-t}$	
Total	N-1	$SC_{Tot} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$		

**Fuente:** ( Salazar, 2002 ).

**Tabla 5.**

*Análisis de la varianza para el DCA de pigmentación en pollos de engorde con la adición de harina de achiote **Bixa orellana**.*

F/V	GL
<b>Total</b>	17
<b>Tratamientos</b>	2
<b>Error</b>	15

**Fuente:** El autor.

**22. Equipos, Insumos y Materiales.**

**Equipos:** Comederos, bebederos, criadoras, báscula, computadora, molino de granos, horno, cable de conexión eléctrica, foco, abanico de ROCHE.

**Equipos de oficina:** esfero, registros de peso y de consumo de alimento, libreta de apuntes,

computadora.

**Insumos:** Balanceado comercial de; iniciador (48% de concentrado + 52% de cereal), crecimiento (40% de concentrado + 60% de cereal) y engorde (35% de concentrado + 66% de cereal), vacunas, vitaminas, harina a de achiote (*Bixa orellana*).

**Materiales de construcción:** Caña guadua, hojas de zinc, malla de plástico, lona de plástico, machete, sierra, clavos, zaran (tipo de malla plástica), ahoyadora manual, piolas, cinta métrica

### **23. Procedimiento experimental.**

Antes de la llegada de los pollitos se adecuó el área experimental, para ello se llevaron a cabo los siguientes procedimientos.

#### **23.1. Desinfección.**

Para la desinfección del área de trabajo se utilizaron tres procedimientos los cuales son; lavado, flameado y encalado del área total de investigación.

Para el lavado del piso y la sección baja de las paredes, se utilizó una combinación de agua con cloro con una proporción 1:20 (un litro de cloro en 20 litros de agua) el lavado se realizó solo una vez, dejando que el área se seque durante 24 horas.

Para el procedimiento de flameado fue necesario la utilización de un lanza llamas, el cual es necesario para la eliminación de agentes patógenos, se realizó 24 horas después del lavado.

Después de haber realizado el flameado, inmediatamente se procedió a encalar toda el área de estudio, incluido la parte baja de las paredes, por último se dejó un periodo de vacío sanitario de 15 días.

#### **23.2. Construcción y establecimiento del círculo de crianza.**

Antes de la llegada de los pollitos se inició con la construcción del círculo de crianza para ello se utilizó cartón ubicado a modo de círculo de alrededor de 2 metros con una altura de 20 cm, para la cama se ubicó cascara de arroz con una profundidad de 10 centímetros, sobre el

círculo de crianza se ubicó una campana criadora esto para mantener a los pollitos con una adecuada temperatura.

Luego se procedió a la instalación de una malla que dividiera el círculo de crianza en dos, un lado para ubicar los pollitos machos y el otro para ubicar los pollitos hembras, por último se colocaron bebederos y comederos en cada uno de los lados.

### **23.3. Llegada de pollitos BB**

A la llegada de los pollitos se había preparado el círculo de crianza dotando de agua y comida en los comederos y bebederos respectivamente, estos últimos con una solución de vitaminas y electrolitos necesarios para la recuperación de energía de los pollitos pérdida durante el transporte, la temperatura se estableció en 31°C siendo controlada por un termómetro. Las vacunas fueron suministradas tomando en cuenta la edad en días de los pollitos.

Los pollitos fueron criados en confinamiento separado por sexo, sometido al mismo cuidado durante 14 días, para posteriormente ser reubicados en las unidades experimentales.

### **23.4. Construcción y acondicionamiento de las unidades experimentales.**

Antes de dar inicio a la investigación se procedió con la construcción de las unidades experimentales, las mismas que tuvieron 1 m<sup>2</sup> dando un total de 18 unidades experimentales, a cada unidad se le asignó un comedero y bebedero además de una cama de cascara de arroz

### **23.5. Alimentación**

El alimento se proporcionó de acuerdo a la edad y tablas de rendimiento de pollos de engorde línea cobb 500, desde la etapa de iniciación hasta la etapa de finalización. La investigación se llevó a cabo durante la fase de engorde es decir, en las semanas 5 y 6 con la adición de harina de achiote en los respectivos tratamientos.

### **23.6. Registro de datos.**

La toma de datos comenzó desde el día 15 de vida de los pollitos broiler, registrando; peso semanal, consumo de alimento diario y mortalidad

## 23.7. Metodología de evaluación.

Las variables se evaluaron de la siguiente manera.

### 23.7.1. Consumo de alimento.

Según Alcázar (2002), el consumo de alimento se refiere a la cantidad de alimento proporcionado menos la cantidad de alimento rechazado, expresado en la siguiente fórmula:

$$CA = Ao - Ar$$

**Donde:**

CA = Consumo de alimento

Ao = Alimento ofrecido

Ar = Alimento rechazado

### 23.7.2. Peso promedio.

Según Díaz, (2016), el peso promedio es el producto de la división del peso total del lote en pie ( kg/carne) entre el número de pollos al final del lote, expresado en la siguiente fórmula:

$$\text{Peso promedio} = \frac{\text{peso total lote en pie kg/carne}}{\text{No pollos al final del lote}}$$

### 23.7.3. Mortalidad.

Díaz, (2016), indica que la mortalidad es un proceso natural el cual es expresado en porcentaje, cuya fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{cantidad de aves muertas acumuladas}}{\text{No de aves inicial del lote}} \times 100$$

#### 23.7.4. Conversión alimenticia.

Díaz, (2016), explica que se toma el valor del consumo acumulado ave en gramos de la semana correspondiente y se divide en el peso promedio de las aves en gramos de la misma semana, se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Conversión alimenticia semanal} = \frac{\text{consumo acumulado ave}}{\text{peso promedio ave}}$$

#### 23.7.5. Nivel de pigmentación.

Para la medición de la pigmentación del pollo se utilizó el abanico colorímetro de Roche.

### CAPÍTULO III.

## 24. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 24.1. Nivel de pigmentación.

**Tabla 6.**

*Análisis de la varianza de la pigmentación por tratamientos.*

F.V.	SC	gl	CM	F	Valor p	CV
tratamiento	90.22	5	18.04	70.61	<0.0001	16.54
Error	7.67	30	0.26			
Total	97.89	35				

**Fuente:** El autor.

En la tabla 6 se muestra el coeficiente de variación (C.V), el cual es de 16.54%, indicando que los datos conseguidos se encuentran dentro de los parámetros de confiabilidad.

Según los valores obtenidos en el cuadro del análisis de la varianza se logra apreciar que existieron diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos.

**Tabla 7.**

*Prueba de tukey para el nivel de pigmentación por tratamientos.*

Tratamiento	Medias	n			
T2 machos 15% harina de achiote	5.33	6	A		
T2 hembras 15% harina de achiote	5.00	6	A		
T1 hembras 10% harina de achiote	2.83	6		B	
T1 machos 10% harina de achiote	2.33	6		B	C
T0 testigos hembras 0% harina de achiote	1.67	6			C D
T0 testigos machos 0% harina de achiote	1.17	6			D

Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0.05$ )

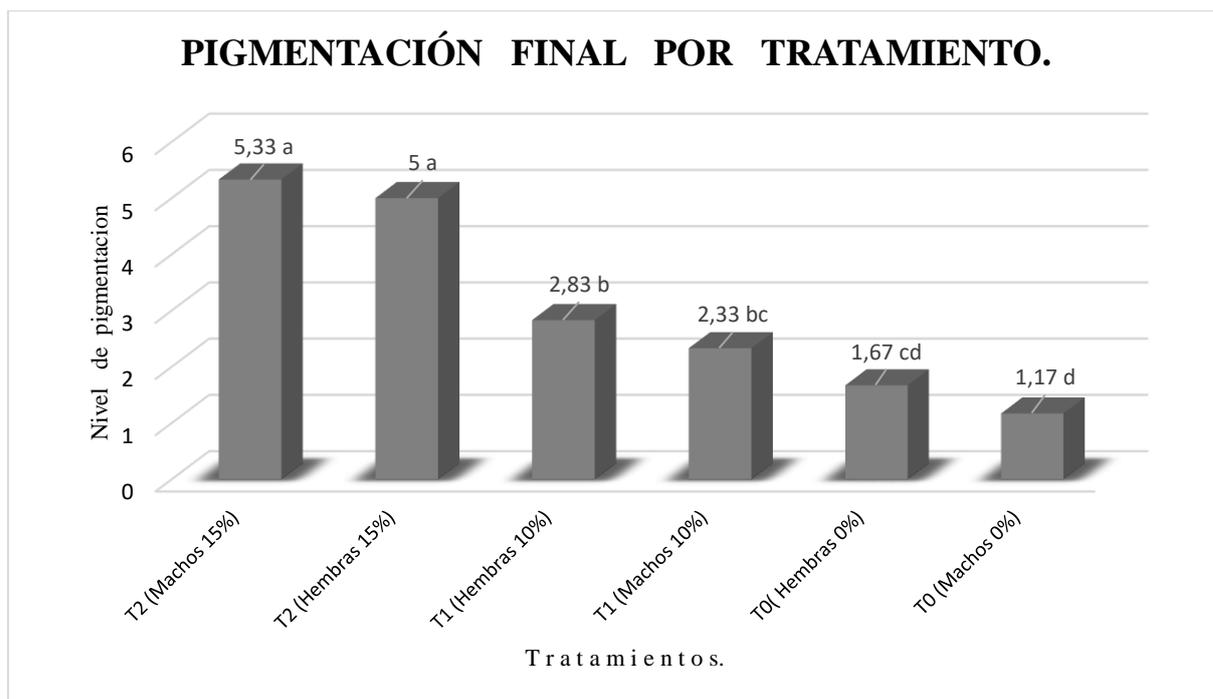
**Fuente:** El autor.

En la tabla 8 se observa la prueba de tukey para el nivel de pigmentación por tratamientos, según los datos generados, los tratamientos T2 (hembras 15%) y T2 (machos

15%) tuvieron diferencias altamente significativas en comparación con los demás tratamientos. T1 (hembras 10%), T1 (machos 10%), T0 (hembras 0%) y T0 (machos 0%) poseen diferencias significativas. Pigmentación

**Figura 1.**

*Niveles de pigmentación por tratamientos en base a la escala colorímetro de ROCHE.*



**Fuente:** El autor.

En la figura 1 se muestran los resultados de los niveles de pigmentación los diferentes tratamientos obtenidos con la inclusión de 0%, 10% y 15% de harina de achiote a las dietas de los pollos, en base a la escala colorímetro de ROCHE existen diferencias altamente significativas. El tratamiento T2 (machos 15%) con 5.33 y T2 (hembras 15%) con 5 obtuvieron valores elevados, seguido de los tratamientos T1 (hembras 10%) con 2.83; T1 (machos 10%) con 2.33 y por último los tratamientos T0 (testigos machos), T0 (testigos hembra) con 1.67 y 1.17 respectivamente.

Los valores obtenidos en cuanto a pigmentación en este trabajo son bastantes similares a los obtenidos por Alcivar, (2014) en cuanto a la adición de harina de achiote a la dieta

alimenticia, en donde generó los siguientes resultados: T0 (Testigo Macho) con 1.83 ; T0 (Testigo Hembra) con 1.46 ; T0 MIX (Testigo Macho y Hembra) con 1.52 ; T1 (Macho 10% de harina de achiote) con 2.50 ; T1 (Hembra 10% ) con 2.36 y T1 MIX (mixtos 10% de harina de achiote) con 2.76.

Por otro lado y de modo similar Varas y Beltrán, (2010), determinaron que no existió diferencia significativa entre los tratamientos T1 (5% de harina de alfalfa) y T4 (testigo) con 1.43 y 1.77 , no obstante el tratamiento T2 (10% de harina de alfalfa) obtuvo una valoración de 2.49 y el T3 (15% de harina de alfalfa) genero por su parte una valoración de 5.25.

Como menciona Wiernusz et al., (1999) citado por Soria, (2014) puntualizando en que, la intensidad del color amarillo o anaranjado en aves depende en su gran mayoría del porcentaje o nivel de pigmento incluida en su dieta y estos a su vez depositados en la piel de los mismos. Los diferentes materiales o insumos naturales pueden ser utilizados con el fin de pigmentar la piel de los pollos, pero esto a menudo puede resultar en variaciones de los valores resultantes.

## 24.2. Ganancia de peso por semana y por tratamientos.

**Tabla 8.**

*Ganancia de peso promedio por semana y por tratamiento.*

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6
T2 (Machos 15%)	283.13 <b>ab</b>	658.8 <b>ab</b>	1353.6 <b>abc</b>	2055 <b>ab</b>	2759.33 <b>ab</b>	3326.46 <b>ab</b>
T1 (Machos 10%)	310.13 <b>ab</b>	716.33 <b>a</b>	1420.47 <b>a</b>	2153.67 <b>a</b>	2848.67 <b>a</b>	3354.07 <b>ab</b>
T0 (Machos 0%)	309.73 <b>ab</b>	690.13 <b>bc</b>	1392.33 <b>bc</b>	2051.8 <b>ab</b>	2876 <b>a</b>	3082.57 <b>c</b>
T2 (Hembras 15%)	320 <b>a</b>	624.93 <b>c</b>	1281.67 <b>ab</b>	1949.13 <b>ab</b>	2639 <b>bc</b>	3246.27 <b>bc</b>
T1 (Hembras 10%)	310.93 <b>ab</b>	659.47 <b>ab</b>	1378.87 <b>abc</b>	2064.87 <b>ab</b>	2809.2 <b>ab</b>	3042.08 <b>c</b>
T0 (hembras 0%)	305.6 <b>b</b>	616.4 <b>c</b>	1272.93 <b>c</b>	1922.4 <b>b</b>	2550.4 <b>c</b>	3480.15 <b>a</b>

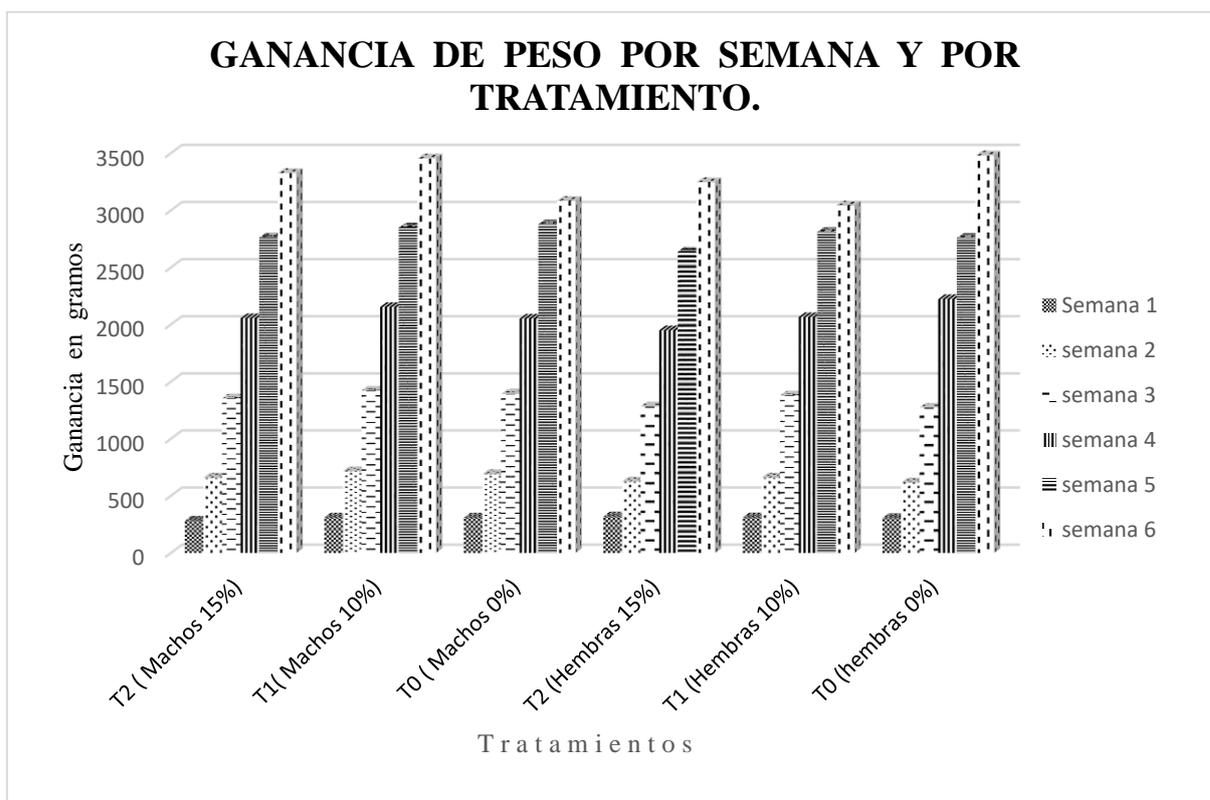
**Fuente:** El autor.

En la tabla 8 se observan las medias obtenidas en cuanto a la ganancia de peso de la semana 1 a la 6 en (g) por tratamientos, en la semana 1 existieron diferencias significativas siendo el T2 (hembras 15%) el más alto con 320 g, en la segunda, tercera y cuarta semana en cambio existieron diferencias altamente significativas siendo el T1 (machos 10%) el que

alcanzara en valor elevado 716.33 g ; 1420.47 g y 2153.67 g, respectivamente en la semana cinco (inicio de la suplementación de harina de achiote) se registraron diferencias significativas, aun así el T0 ( machos 0%) logró obtener la mayor ganancia con 2876.67 g, ya hacia el final de la investigación en la semana 6 el T0 (hembras 0%) alcanzó 3480 g.

**Figura 2.**

*Ganancia de peso promedio por semana y por tratamiento.*

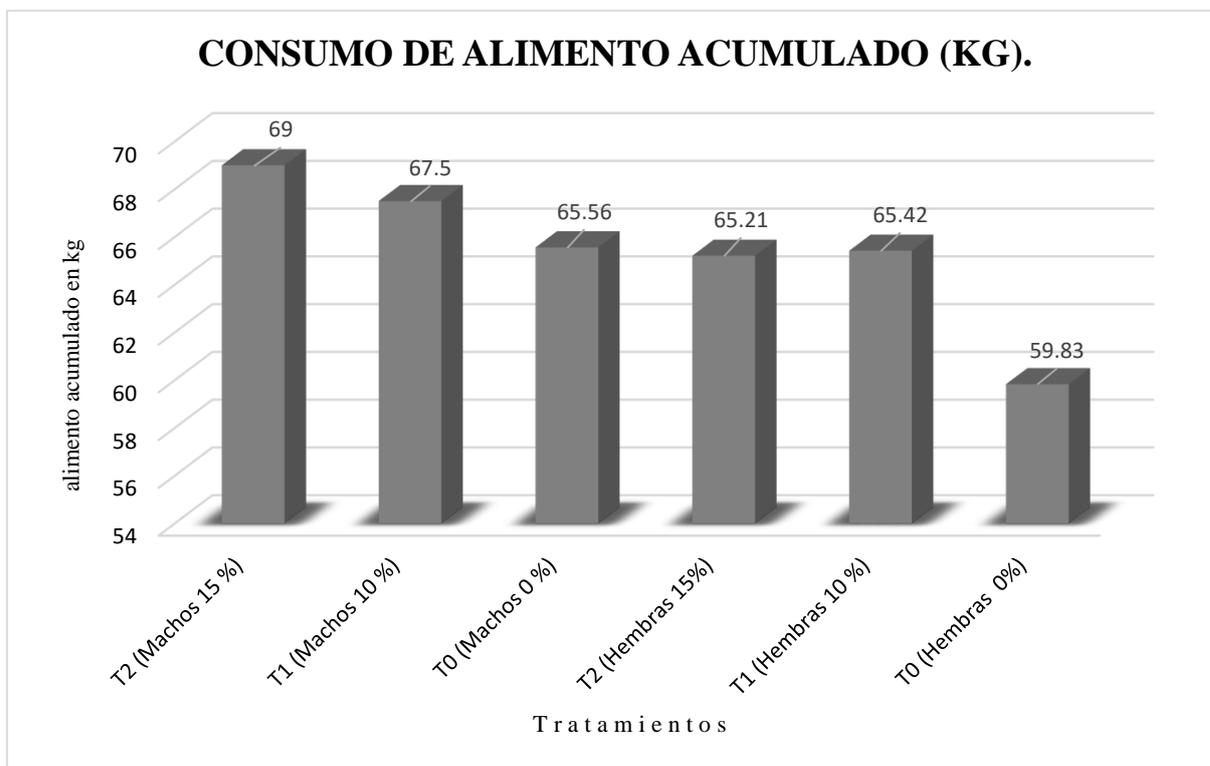


**Fuente:** El autor.

Descripción Gráfica de la ganancia de peso semanal por tratamiento.

### 24.3. Consumo de alimento acumulado.

**Figura 3.**  
*Consumo de alimento total acumulado por tratamiento.*



**Fuente:** El autor.

En la figura 3 se muestra el consumo de alimento obtenido acumulado por tratamiento, alcanzado con la inclusión de harina de achiote a las dietas de los pollos, se logra evidenciar que existió un consumo similar entre la mayoría de los tratamientos, demostrando que no hubo preferencia ni rechazo por la dieta ofrecida.

En relación al consumo de alimento, se registraron las siguientes diferencias descriptivas. El tratamiento T2 (machos 15%) y T1 (machos 10%) obtuvieron un consumo acumulado de 69 kg y 67.5 kg respectivamente, T0 (testigos machos 0%), T1 (hembras 10%) y T2 (hembras 15%) un consumo de 65.56 kg; 65.42 kg y 65.21 kg y finalmente el tratamiento T0 (hembras testigo 0%) con el consumo más bajo 59.83 kg

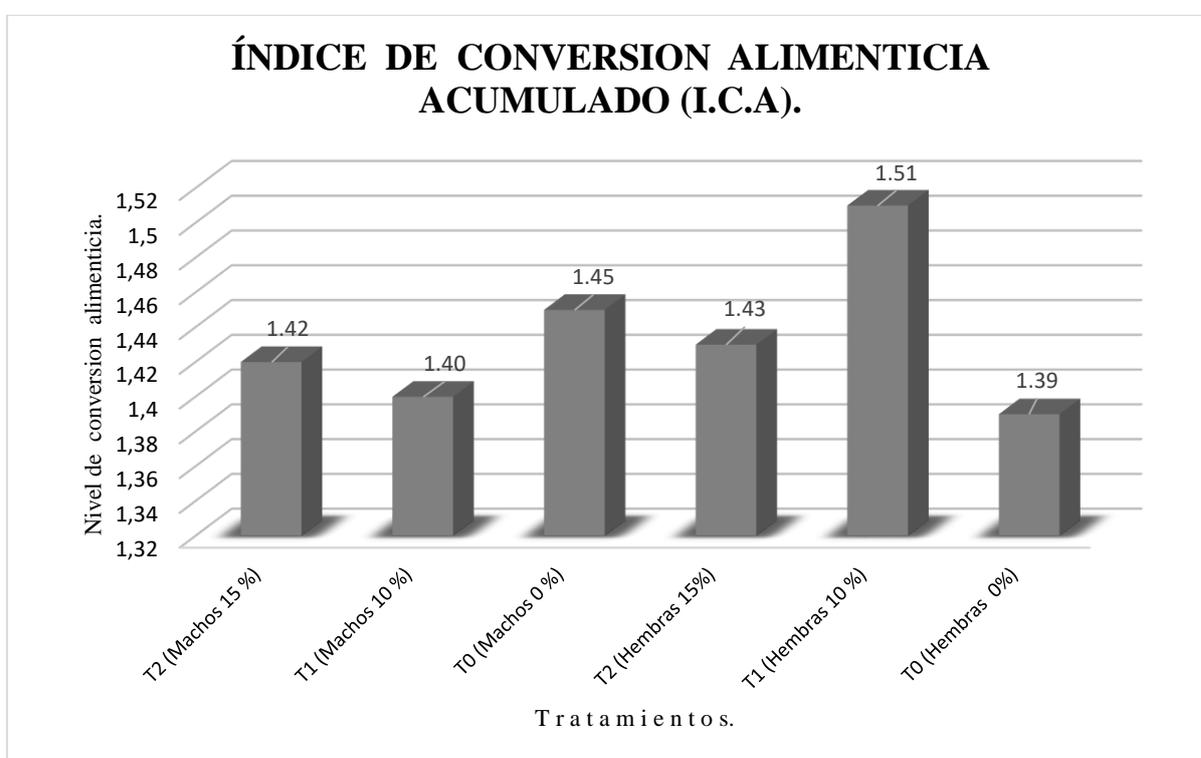
Los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los conseguidos por

Mora, (2014) quien comprobó el efecto de diferentes porcentajes de harina de achiote en la dieta de pollos de engorde en el cual obtuvo, con el T3 (4.5%) el consumo de 61.49 kg como valor máximo entre los demás tratamientos. Así mismo en un estudio similar, pero en este caso adicionando diferentes porcentajes de harina de alfalfa tratamiento T1 (5%) ; T2 (10%) y T3 (15%) (Romero, 2016) encontró diferencias significativas en el consumo de las dietas comparando el T3 (15%) con 56 kg con el testigo T0 (0%) con 61 kg.

#### 24.4. Índice de conversión alimenticia (I.C.A).

**Figura 4.**

*Índice de conversión alimenticia acumulado por tratamiento.*



**Fuente:** El autor.

En la figura 4 se muestra el índice de conversión alimenticia acumulado por tratamiento, alcanzado con la inclusión de harina de achiote a las dietas de los pollos, se logra evidenciar que los niveles alcanzados son similares entre sí, encontrándose dentro de los valores normales.

Registrando la mejor conversión alimenticia el tratamiento T0 (hembras 0) con 1.39;

seguido de T1 (machos 10%), T2 (machos 15%), T2 (hembras 15%), T0 (machos 0%) y T1 (hembras) con 1.40; 1.42; 1.43; 1.45 y 1.51 respectivamente. Los resultados indican que con 1,39 kilos de alimento el pollo genera 1 kilogramo de peso.

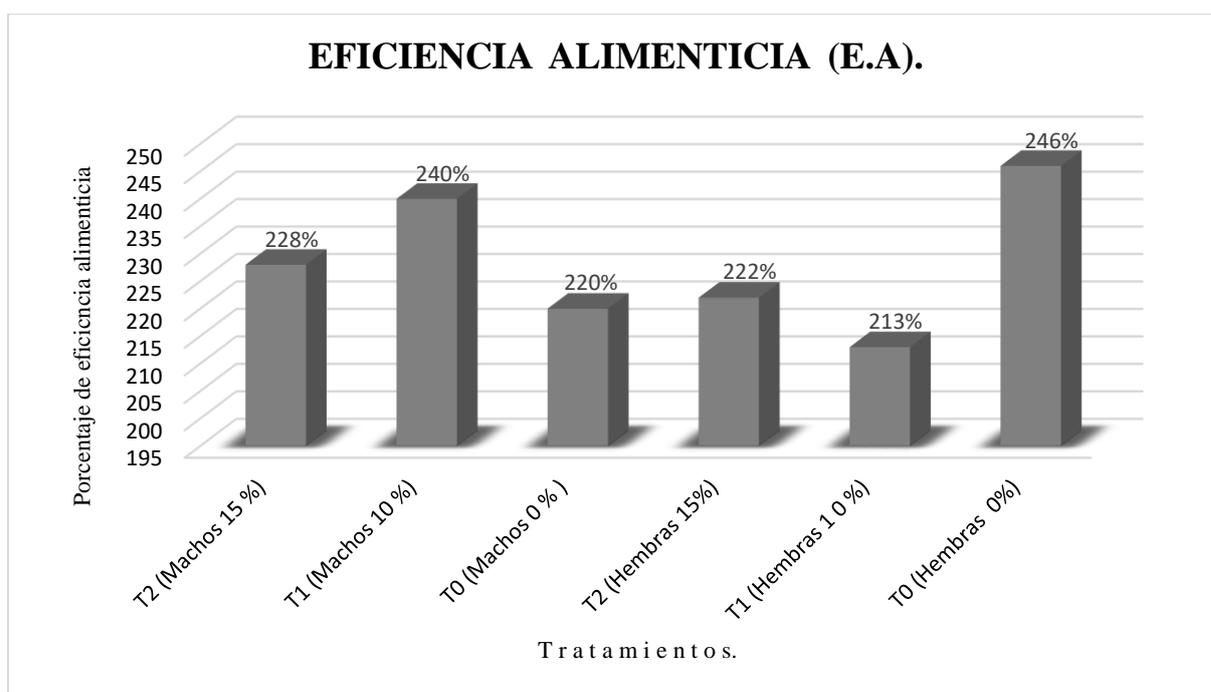
Los valores obtenidos en esta investigación son similares a los alcanzados por Rios, (2018), en su evaluación de tres niveles de harina de achiote en la dieta de los pollos, cuyo resultado más positivo fue el tratamiento, T3 (7.5%) con 1.53, seguido T0 (0%) y T3 (5%) con 1.59 y 1.68 correspondientemente y T2 (2.5%) el cual obtuvo un valor de 1.76. Por otro lado (Ninahualpa, 2018) logro alcanzar en sus tratamientos los siguientes valores T0 (testigo) con 1.85; T1 (0.5%) con 1.88 ; T2 (1%) con 1.86 y T3 (1.5%) con 1.78.

Como se explica en AVIAGEN, (2011), El índice de conversión alimenticia (o más generalmente conocido conversión alimenticia) es una medida que determina qué tan bien un pollo transforma la dieta que consume en peso vivo. Al final resulta ser un indicador del desempeño del pollo y del manejo recibido durante toda la etapa productiva, entre más bajo sean los resultados generados, mejor será la conversión alimenticia.

#### 24.5. Eficiencia alimenticia.

**Figura 5.**

*Eficiencia alimenticia por tratamiento*



**Fuente:** El autor.

En la figura 5 se muestran los porcentajes de eficiencia alimenticia acumulado por tratamiento, alcanzado con la inclusión de harina de achiote a las dietas de los pollos, se logra evidenciar que los niveles alcanzados son similares entre sí, encontrándose dentro de los valores requeridos.

En relación a la eficiencia alimenticia, se registraron las siguientes diferencias descriptivas. El tratamiento T0 (hembras 0%) con 246%, T1 (machos 10%) con 240%, T2 (machos 15%), T2 (hembras 15%), T0 (machos 0%) y T1 (hembras 10%) con 228%, 222%, 220% y 213% respectivamente.

Según Aguilar y Ramírez, (2017), el índice de eficiencia alimenticia promedio permitido de una explotación avícola de engorde debe ser superior al valor 83%, valores de índices menores a este número son considerados pobres y deficientes.

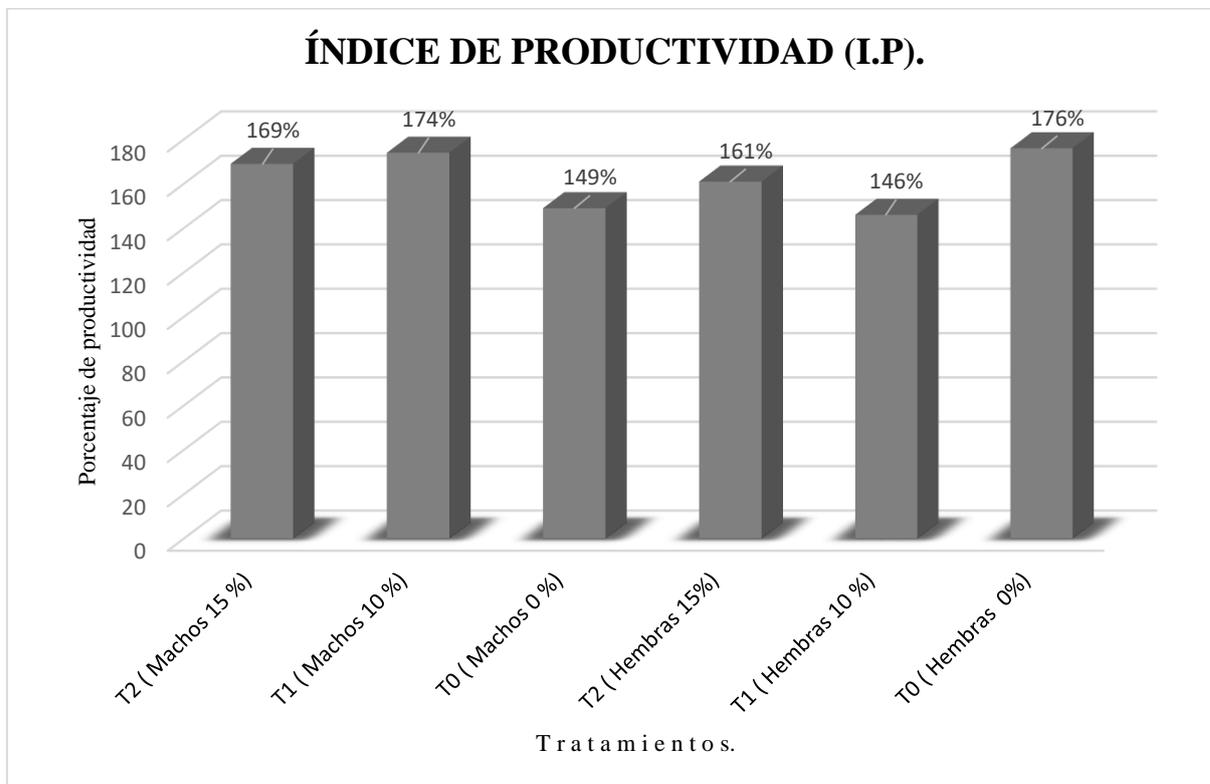
El índice de eficiencia alimenticia evalúa si los factores ambientales, manejo, alimentación, etc., involucrados durante todas las fases de producción fueron manejados de manera correcta durante todo el periodo. Willems et al., (2013) menciona que, la eficiencia con la cual los pollos de explotaciones productivas transforman su dieta alimenticia en biomasa es una característica ligada al fenotipo. Esto genera en consecuencia, los mejores valores fenotípicos que pueden ser observados en las actuales especies productivas de animales de gran interés.

En el caso especial de la actividad productiva de carne de pollo, los cambios en cuestiones ambientales han agregado otros rasgos vinculados con cómo se lleva el manejo general de los pollos (iluminación, densidad de aves alojadas por metro cuadrado), con el manejo de dietas de alto valor nutricional (formulación de raciones pensadas para los diferentes requerimientos nutricionales de las aves en sus diferentes períodos de desarrollo) y con el buen manejo sanitario dentro de las instalaciones.

#### **24.6. Índice de productividad (I.P).**

**Figura 6.**

*Índice de productividad por tratamientos.*



**Fuente:** El autor.

En la figura 6 se muestran los resultados obtenidos en cuanto al índice de productividad por tratamientos, alcanzado con la inclusión de harina de achiote a las dietas de los pollos, se logra evidenciar que los niveles alcanzados son similares entre sí, encontrándose dentro de los valores requeridos.

En relación a al índice de productividad, se registraron las siguientes diferencias descriptivas. Los tratamientos T0 (hembras 0%); T1 (machos 10%) y T2 (machos 15%) obtuvieron valores de 176%, 174% y 169% respectivamente, el T2 (hembras 15%) alcanzó 161%, T0 (machos 0%) con 149% y T1 (hembras 10%) con 146%. Lo que da a denotar que los resultados son mayores al promedio permitido.

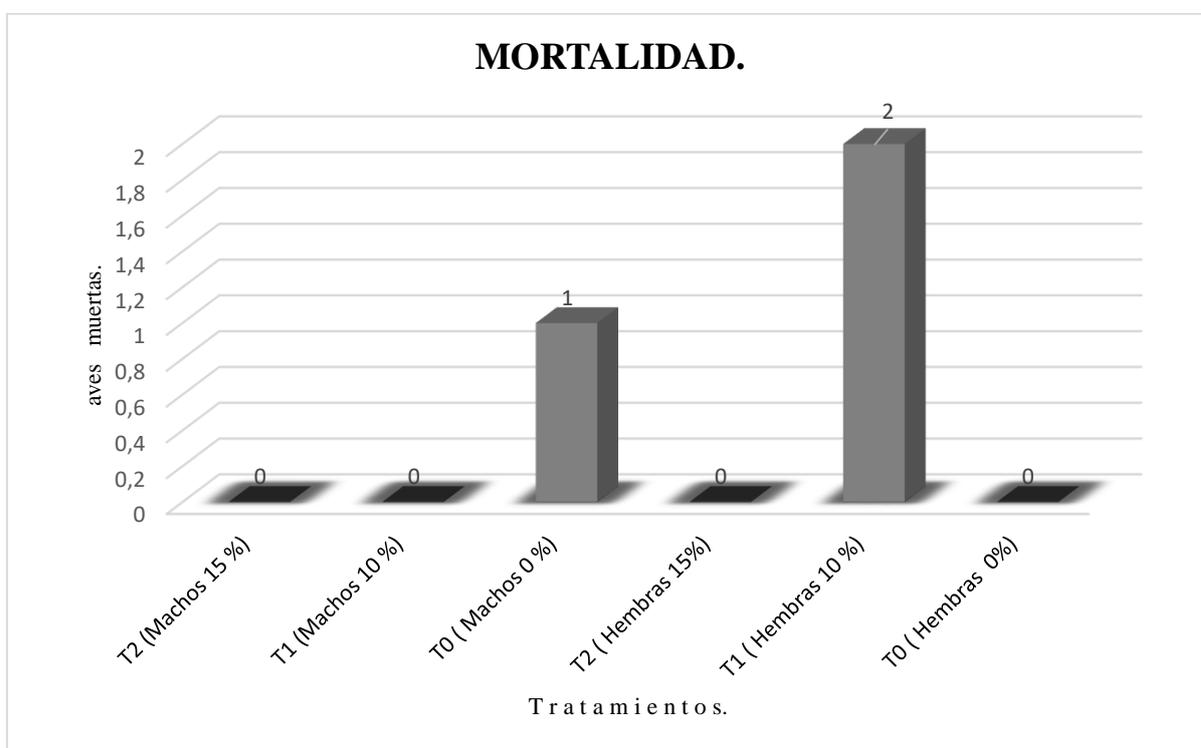
Aguilar y Ramírez, (2017), mencionan que el índice de productividad resume los parámetros que tienen que ver con; eficiencia alimenticia, conversión alimenticia, consumo de

alimento, peso promedio, siendo una herramienta de medición que proporciona una estimación que califica a la parvada o explotación avícola, en este caso mientras mayor sea el índice de productividad significara que la productividad de la parvada es mayor. El I.P promedio permitido de una explotación avícola de engorde debe ser superior al valor 50%.

#### 24.7. Mortalidad acumulada por tratamientos.

**Figura 7.**

*Mortalidad acumulada.*



**Fuente:** El autor.

En la figura 7 se puede observar el número de aves muertas acumuladas en total 3 decesos. Realizando la formula sobre el porcentaje de muertes registradas en la producción se obtuvo el siguiente valor; 3,33 % lo cual lo ubica dentro de decesos tolerados, considerando que los porcentajes máximos de mortalidad permitidos están entre 4% y 5%.

La muerte de los pollos fue asociada a problemas cardiorrespiratorios, como mencionan Arias Gonzales, (2017) habitualmente los pollos se ven afectados por el síndrome de muerte

súbita se caracteriza por que las aves se encuentran sanas aparentemente y de manera repentina comienzan a saltar, presentan vocalizaciones, realizan aleteos, muestran seguidamente convulsiones y finalmente caen muertas de lado, de espaldas o boca abajo.

#### 24.8. Análisis económico de los tratamientos.

**Tabla 9.**

*Detalle del análisis económico de los tratamientos estudiados.*

Concepto	Niveles de harina de achiote		
	0%	10%	15%
<b>Pollos BB</b>	20.1	20.1	20.1
<b>Balanceado comercial</b>	139.92	131.21	125.39
<b>Harina de achiote</b>	0	14.4	21.6
<b>tamo de arroz</b>	12	12	12
<b>Vitaminas y electrolitos</b>	1.5	1.5	1.5
<b>Vacunas</b>	4.06	4.06	4.06
<b>Total egresos</b>	177.58	186.27	184.65
<b>Libras de pollo</b>	194.88	201.94	207.97
<b>Precio de venta</b>	1.28	1.28	1.28
<b>Venta de pollinaza</b>	15	15	15
<b>subtotal</b>	249.45	258.48	266.20
<b>Total ingresos</b>	249.45	258.48	266.66
<b>B/C</b>	1.40	1.41	1.44

**Fuente:** El autor.

En la tabla 9 se muestran los valores de ingresos y egresos por tratamiento demostrando que el tratamiento T2 (harina de achiote 15%) obtuvo la mejor relación B/C por ende una mejor rentabilidad expresada en 1.44 lo que da a entender que por cada dólar invertido se espera una ganancia de 0.44 centavos, no obstante los tratamientos T1 (harina de achiote 10%) generó una rentabilidad de 0.41 centavos y T0 (harina de achiote 0%) generó una rentabilidad de 0.40 centavos.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.

- En cuanto a pigmentación se concluye que el tratamiento T2 (machos 15% de harina de achiote) obtuvo el valor más elevado con 5.33 en la escala colorímetro de roche seguido del tratamiento T2 (hembras 15% de harina de achiote) con el valor 5, visualmente es un color amarillo con tonos anaranjados (anexo 2, imagen 3), demostrando que suministrar harina de achiote en las semanas 5 y 6 genera cambios visibles significativos en la pigmentación de la piel del pollo.
- En los parámetros productivos el tratamiento T0 (testigos hembras 0% de harina de achiote) obtuvo valores mayores al promedio en comparación con los demás tratamientos; ganancia de peso en la semana 6 con 3480.15 g; índice de conversión alimenticia con 1.39; eficiencia a alimenticia con 246; índice de productividad con 176% , seguido por el T1 ( machos 10% de harina de achiote)en ganancia de peso en la semana 6 con 3354.07 g ; en conversión alimenticia con 1.40; eficiencia alimenticia con 240%; índice de productividad con 174%.
- La dieta más apropiada para la pigmentación del pollo es la de (balanceado + 15 de harina de achiote) adicionada a la dieta alimenticia.
- Finalmente el detalle del análisis económico de los tratamientos se demostró que el T2 (adición de 15% de harina de achiote) obtuvo una rentabilidad de 1.44 por cada dólar invertido se obtiene una ganancia 0.44 centavos, en comparación con el T1 (adición de 10% de harina de achiote) con 0.41 y el T0 con una ganancia de 0.40 centavos.

## CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES.

En base a los datos e información recopilada se muestran las siguientes recomendaciones;

- La harina de achiote genera efectos visibles sobre la pigmentación en la piel de los pollos por ende puede ser considerada ser usada en lugar de pigmentantes sintéticos, generará un color amarillo en el caso de usar 10% (anexo 2, imagen 2) y un color amarillo con tonos anaranjados en el caso de usar 15% (anexo 2, imagen 3).
- Se deben de realizar investigaciones con otros tipos de pigmentantes naturales que no causen desbalance en los parámetros productivos (ganancia de peso, conversión alimenticia etc.).
- Las causas del síndrome de muerte súbita aun no son claras, pero reducir el estrés y mantener las condiciones ambientales de la explotación en base a los requerimientos de la especie utilizada, podrían reducir la aparición de esta condición de salud.

## 25. BIBLIOGRAFÍA.

- Abad, J., y Garcia, F. (2013). Valoración de la calidad del pollito. *50° Congreso Científico de Avicultura*, 13.
- Asensio, E. A. (2009). *Fisiología aviar*. Lerida: Universitat de Lleida.
- Aguilar, J., y Ramírez, G. (2017). Evaluación productiva de pollos de engorde, línea Cobb 500, bajo dos sistemas de manejo, en la Finca Santa Rosa- departamento de Managua. In *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA - FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL - FACA*. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/8048>
- Alcivar, D. (2014). *Evaluación del pigmentante natural harina de achiote (Bixa orellana) en pollos en pie* [UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/2708/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-41.pdf>
- Arce Jorge. (1990). *Recomendaciones Para El Cultivo Del Achiote (Bixa orellana)* (p. 58). Centro agronomico tropical de investigacion y enseñanza (catie). <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6205e/A6205e.pdf>
- Arias, A., y Gonzales, L. C. (2017). Síndrome de muerte súbita en pollos de engorde (broilers) 1. *Seminario Presentado En El Curso “Fundamentos Bioquímicos de Los Trastornos Metabólicos,”* 1–5. <https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2017/10/muerte-súbita-pollos.pdf>
- AVIAGEN. (2011). *Cómo Optimizar la Conversión Alimenticia en Pollo de Engorde* (p. 2). AVIAGEN.com. [http://eu.aviagen.com/assets/Tech\\_Center/BB\\_Foreign\\_Language\\_Docs/Spanish\\_TechDocs/AviagenBriefFCRJuly2011-ES.PDF](http://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Spanish_TechDocs/AviagenBriefFCRJuly2011-ES.PDF)
- Bojórquez, R. M. C., Gallego, J. G., y Collado, P. S. (2013). Propiedades funcionales y beneficios para la salud del licopeno. *Nutricion Hospitalaria*, 28(1), 6–15. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6302>
- Basquez, L. A. (2019). *La Química Organica Aplicada a nuestro diario vivir*. Manizales: Editorial Universidad de Caldas.
- Bonilla, J. (2009). Manual Del Cultivo Del Achiote. *Centro Nacional de Tecnologia Agropecuaria y Forestal*, 42. <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01B715mc.pdf>
- Brenes, A. (2014). Los carotenoides dietéticos en el organismo animal. *Nutrición Animal Tropical*, 8(2215–3527), 20–29.

- Caicedo, C. G., y Jacome, V. H. (21 de 08 de 2014). *blogspot*. Obtenido de *blogspot*:  
<http://caicedo-jacomeuta.blogspot.com/>
- Cisneros, F. (Octubre de 2012). *www.elsitioavicola.com*;  
<https://www.elsitioavicola.com/articles/2398/desarrollos-tecnologicos-en-la-pigmentacion-de-huevo-y-pollo/>
- Cobbcares. (2018). *Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde Cobb 500*. 9. <https://www.cobb-vantress.com/assets/Cobb-Files/c8850fbe02/6998d7c0-12d1-11e9-9c88-c51e407c53ab.pdf>
- Coto, B. (2003). *Guía Para El Manejo De Una Granja Avícola*. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*, 1–21. [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_granja.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_granja.pdf)
- Cuevas, B., Díaz, G., Molina, A., y Retamal, C. (2013). *Pigmentos Utilizados en Raciones de Gallinas Ponedoras*. Cuevas, Benjamín Díaz, Gonzalo Molina, Andrea Retamal, Constanza.
- Devia, J., y Saldarriaga, L. (2003). *Revista Universidad EAFIT*. *Revista Universidad EAFIT*, 38(128), 9–21. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/843>
- Fernandez, S. (s.f de 06 de 2014). *elsitioavicola* ;  
<https://www.elsitioavicola.com/articles/2658/pigmentacion-en-pollo-de-engorde/>
- Gerones, C., y Urritz, C. (2003). *Anti Oxidantes - Guía práctica*. Barcelona: Ediciones Robinbook.
- hatchery, M. (29 de 07 de 2015). *morrishatchery*; <https://www.morrishatchery.com/esp/cobb.html>
- Hernandez, M. G. (02 de 04 de 2018). *bmeditores* ; <https://bmeditores.mx/avicultura/la-pigmentacion-de-huevos-y-pollos-de-engorda-1254/>
- INAMHI. (2018). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología* ;  
<http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202011.pdf>
- Júnior AC, Asad LM, Oliveira EB, Kovary K, Asad NR, Felzenszwalb I. Antigenotoxic and Antimutagenic Potential of an Annatto Pigment (norbixin) against Oxidative Stress. *Genet Mol Res*. 2005 Mar 31;4(1):94-9
- Lim, T. K. (2012). *Bixa orellana*. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants, 1753*, 515–526. [https://doi.org/10.1007/978-90-481-8661-7\\_69](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8661-7_69)
- Lourido, H. D. L. C., y Sánchez, G. M. (2010). *La Bixa orellana L. en el tratamiento de*

afecciones estomatológicas, un tema aún por estudiar. *Revista Cubana de Farmacia*, 44(2), 221–234.

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].  
<http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7114/T-2128.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez, R. M. (2004). Efecto de los carotenoides en los canarios: sistema inmune. *ResearchGate, January 2004*, 56–60.  
[https://www.researchgate.net/profile/Rosa\\_Martinez-Espinosa/publication/273777534\\_EFECTO\\_DE\\_LOS\\_CAROTENOIDES\\_EN\\_LOS\\_CANARIOS\\_SISTEMA\\_INMUNE/links/550d845e0cf2ac2905a77135.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rosa_Martinez-Espinosa/publication/273777534_EFECTO_DE_LOS_CAROTENOIDES_EN_LOS_CANARIOS_SISTEMA_INMUNE/links/550d845e0cf2ac2905a77135.pdf)

Meléndez Martínez, A., Vicario, I., y Heredia, F. (2004). Importancia nutricional de los pigmentos carotenoides. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 149–155.

Montilla, J., y Angulo, I. (1984). Alimentación: Pigmentantes en raciones para aves. *IV Ciclo Conferencia de La Producción Avícola*, 281–287.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/33161051.pdf>

Mora, C. (2014). *Utilización de harina de achiote (Bixa orellana) como pigmentante en el engorde de pollo*. 17–24.  
[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1451/7/CD523\\_TESIS.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1451/7/CD523_TESIS.pdf)

Maguregui, E. (04 de 05 de 2020). *veterinariadigital*.  
<https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-color-de-la-yema-del-huevo-y-los-pigmentantes/>

Martinez, R. C. (2009). *EL CANARIO AGATA*. Barcelona: Hispano Europea S,A.

Navarro, V. A. (2013). *Los carotenoides y su aplicacion en la Biotecnologia Ambiental*. Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR - FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES.

Nilipour, A. H. (30 de 10 de 2008). *engormix*.  
<https://www.engormix.com/avicultura/articulos/los-factores-exito-produccion-t27650.htm#:~:text=Los%20Factores%20de%20%20C3%A9xito%20para%20una%20Producci%C3%B3n%20Av%C3%ADcola%20de%20Alta%20Calidad,-Publicado%20el%3A%2030&text=Los%20factores%20principales%2>

- Ninahualpa, D. cristina. (2018). *Universidad de tecnica de Ambato facultad de ciencias agropecuarias carrera de medicina veterinaria y zootecnica* [UNIVERSIDAD DE CUENCA]. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27102/1/Tesis\\_119\\_Medicina\\_Veterinaria\\_y\\_Zootecnia\\_-CD\\_551.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27102/1/Tesis_119_Medicina_Veterinaria_y_Zootecnia_-CD_551.pdf)
- Olmedilla, B. (2008). Efecto de “nuevos” nutrientes sobre la retina y la función visual. *Revista de Nutrición Práctica*, 12, 64–69.
- Perez, V., y Perez, R. (2008). Pequeñeces y rarezas. *Form Act Pediatr Aten Prim*, 1(2), 84–87. <http://archivos.fapap.es/files/639-502-RUTA/c7d23179b4b6fc68c0e22537205fa30f.pdf>
- Pérez - Vendrell AM. Hernandez JM. Llauro L, Schierle J, Brufau J.( 2001). Influence of source and ratio xanthophyll pigments on broiler chicken pigmentation and performance. *Poult. Sci.*
- Quishpe, G. (2006). *Factores que afectan el consumo de alimento en pollos de engorde y de postura*. [Universidad Zamorano.]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/930/1/T2297.pdf>
- Rios, S. (2018). “*EVALUACIÓN DEL PIGMENTANTE NATURAL Bixa orellana I. (Achiote) EN LA DIETA DE POLLOS DE ENGORDE EN EL CANTÓN MORONA*” [ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO]. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8526/1/17T1537.pdf>
- 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]. [http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/415/Efecto de la harina de achote %28Bixa Orellana L.%29 en la pigmentación de pollos de carne COBB-500.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/415/Efecto_de_la_harina_de_achote_%28Bixa_Orellana_L.%29_en_la_pigmentación_de_pollos_de_carne_COBB-500.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Romero, A. (2016). *Utilización de harina de alfalfa (Medicago sativa) como pigmentante en el engorde de pollos parrilleros*. 1–2.
- Salazar, M. (2002). *MANUAL DE APLICACIÓN DE LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES BÁSICOS EN EL PAQUETE NCSS*. 100. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47703/LeonSalazarMercedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., y Freire, C. (2019). Sector Avícola Ecuador. *Inec - Espac*, 1–4. <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/09/Sector-avicola-Ecuador.pdf>
- Soria, B. (2014). *EFEECTO DE DOS NIVELES DE HOJA DESHIDRATADA DE YUCA (Manihot esculenta) EN LA PIGMENTACION DE POLLOS DE ENGORDE DE LA LÍNEA ROSS 308 EN LA COMUNIDAD APINGUELA (PROVINCIA SUD YUNGAS)* [Universidad Mayor de San Andrés].  
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5381/T-1982.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tamayo, L. M. A., Cartagena, C. J., y Londoño, J. L. (2011). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. (Spanish). *Producción + Limpia*, 6(1), 108–127.  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=79660786&lang=es&site=ehost-live>
- Varas, B., y Beltrán, L. (2010). *Evaluar la pigmentación en la crianza de pollos broiler de engorde, con un balanceado comercial, adicionando tres porcentajes extras de harina de alfalfa (5%, 10% y 15%) a su composición alimenticia* [UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA SEDE EN CUENCA].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1093/13/UPS-CT002082.pdf>
- Vargas, A., Serrano, K., Watler, W., Morales, M., y Vignola, R. (2018). Ficha técnica del sector productivo avícola. *Catie*, 18, 8–20.  
<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/reduccion-impacto-por-eventos-climaticos/Informe-final-Avicola.pdf>
- Wiernusz, C., Park, B., y Teeter, R. (1999). Prediction of Carcass Fat, Protein, and Energy Content from Carcass Dry Matter and Specific Gravity of Broilers. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.*, 1(10), 9–39. <https://www.researchgate.net/scientific-contributions/C-J-Wiernusz-33618285>
- Willems, O. W., Miller, S. P., y Wood, B. J. (2013). Aspects of selection for feed efficiency in meat producing poultry. *World's Poultry Science Journal*, 69(1), 77–88.  
<https://doi.org/10.1017/S004393391300007X>

26. ANEXOS;

*Anexo 1. Distribución de los tratamientos y repeticiones bajo el sistema DCA.*

T1R1 MACHOS 10% DE HARINA	T1R1 HEMBRAS 10% DE HARINA	T1R1 TESTIGOS HEMBRAS
T2R2 TESTIGOS HEMBRAS	T2R1 MACHOS 15% DE HARINA	T2R3 HEMBRAS 15% DE HARINA
T1R2 HEMBRAS 10% DE HARINA	T1R2 MACHOS 10% DE HARINA	T2R2 MACHOS 15% DE HARINA
T1R1 TESTIGOS MACHOS	T1R3 HEMBRAS 10% DE HARINA	T3R3 TESTIGOS HEMBRAS
T2R2 TESTIGOS MACHOS	T1R3 MACHOS 10% HARINA	T2R2 HEMBRAS 15% DE HARINA
T2R3 MACHOS 15% DE HARINA	T2R1 HEMBRAS 15% DE HARINA	T3R3 TESTIGOS MACHOS

*Anexo 2. Pigmentaciones generadas en los diferentes tratamientos.*

**0% DE HARINA DE ACHIOTE (imagen 1)**



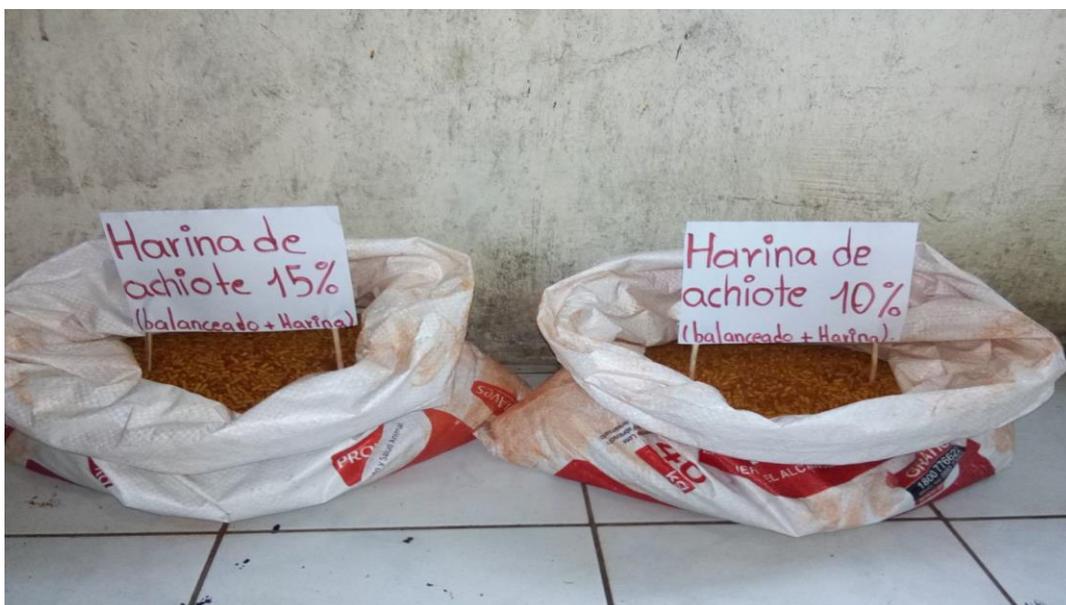
**10% DE HARINA DE ACHIOTE (imagen 2)**



**15% DE HARINA DE ACHIOTE (imagen 3)**



*Anexo 3. Elaboración de las dietas alimenticias.*



*Anexo 4. Flameo y encalado del área experimental.*



*Anexo 5. Construcción de las unidades experimentales.*



*Anexo 6. Limpieza del area experimental y toma de datos.*



*Anexo 8. Sacrificio de los pollos.*



