



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA**

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES NIVELES DE *Cúrcuma longa* (CÚRCUMA),
COMO PIGMENTANTE NATURAL EN DIETAS A BASE DE SORGO, PARA LA
ALIMENTACIÓN DE POLLOS BROILER”.**

“TRABAJO DE TITULACIÓN”

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

MARIO FERNANDO GAMBOA IZURIETA

Riobamba – Ecuador

2016

El trabajo de Titulación fue aprobado por el siguiente Tribunal

Ing. M.C. Julio Enrique Usca Méndez.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. M.C. Manuel Euclides Zurita León.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Dr. Cesar Antonio Camacho León.
ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Riobamba, 29 de Junio de 2016.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento a la vida por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de titulación en el país de México en especial a mi papá Edwin Coca que sin el apoyo incondicional no lo hubiese logrado, estaré eternamente agradecido.

A mi familia que siempre me apoyado especialmente a mis hermanas Pauli, Ariana y Bianca.

A mí enamorada Pamela que ha demostrado paciencia y apoyo durante toda mi carrera por medio de su amor y comprensión.

Mi sincero sentimiento de gratitud hacia la Facultad de Ciencia Pecuarias y mi Escuela de Ingeniería Zootécnica, y a toda su planta docente y administrativa ya que fueron el pilar fundamental para la preparación y la culminación de mis estudios y realización como Ing. Zootecnista.

Quiero agradecer a todo el cuerpo docente de la Universidad Autónoma de Chihuahua por el cariño y la predisposición demostrada mientras duró mi estadía en la institución.

Al Dr. Lorenzo Duran que con paciencia me ayudo y me apoyo como codirector de la investigación y me brindo su amistad, tiempo y conocimiento.

A mi maestra y amiga que me ayudo durante toda la etapa de la tesis Ing. Paula Alexandra Toalombo.

De igual manera al presente director Ing. Manuel Zurita que es un gran amigo y ha sabido guiarme con su conocimiento.

Al Dr. Cesar Camacho que realizo la función de asesor en la presente investigación.

A mis nuevos amigos que me apoyaron en México siempre estaré eternamente agradecido en especial a la Dra. Esmeralda Peña que fue una amiga incondicional.

A todos mis compañeros y amigos que me acompañaron durante mi vida universitaria los cuales hicieron que sea inolvidable en especial a mis amigos Lenin, Santiago, Jhony, Yesenia, Karina, Susy.

Y un agradecimiento especial a las 450 aves que prestaron su vida para la elaboración del experimento.

DEDICATORIA

Este trabajo y logro está dedicado con todo el amor a la mujer que más puedo amar en esta vida que con su ejemplo de trabajo y superación me ha sabido guiar y dejarme la mejor herencia que nadie me podrá arrebatarme, a mi madre Nelly María Gamboa Izurieta, gracias por haberme dado la oportunidad de tener una experiencia y un título universitario.

Y a ti mi ángel de la guarda que siempre estas para guiarme y protegerme mi abuelita Marujita que debes estar muy contenta con este nuevo triunfo.

CONTENIDO

	Pág
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de cuadros	vii
Lista de gráficos	viii
Lista de anexos	ix
I. <u>INTRODUCCIÓN.</u>	1
II. <u>REVISIÓN DE LITERATURA.</u>	3
A. LÍNEA ROSS 308.	3
B. PIGMENTACIÓN.	3
1. <u>Pigmentos.</u>	4
2. <u>Definición.</u>	4
3. <u>Importancia de la pigmentación.</u>	5
C. TIPOS DE PIGMENTANTES.	5
1. <u>Pigmentos Sintéticos.</u>	5
2. <u>Pigmentos Naturales.</u>	6
D. PIGMENTANTE EN RACIONES PARA AVES.	6
1. <u>Pigmentación en la carne de pollo.</u>	7
2. <u>Pigmentos amarillos usados en avicultura.</u>	7
3. <u>Pigmentos rojos usados en avicultura.</u>	8
4. <u>Niveles de pigmentación del pollo.</u>	8
5. <u>Evaluación de la pigmentación.</u>	10
6. <u>Factores que afectan la pigmentación del pollo.</u>	11
7. <u>Desarrollos tecnológicos en la pigmentación.</u>	12
8. <u>Fisiología de la pigmentación.</u>	12
9. <u>Tipos de pigmentos.</u>	13
10. <u>Estabilidad del color.</u>	13
E. CALIDAD DE LA CARNE.	14
1. <u>Estructura y composición del músculo esquelético.</u>	14
2. <u>“Rigor mortis” y maduración de la carne.</u>	14
3. <u>Problemas en la tenderización.</u>	15
F. CÚRCUMA.	16
1. <u>Especies.</u>	16
2. <u>Curcumina.</u>	16
3. <u>Propiedades de la curcumina.</u>	17

4.	<u>Composición química de la cúrcuma.</u>	17
G.	SORGO.	18
1.	<u>Propiedades del sorgo.</u>	18
2.	<u>Importancia del sorgo.</u>	18
3.	<u>Valor nutritivo.</u>	19
III.	<u>MATERIALES Y MÉTODOS.</u>	20
A.	LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.	20
B.	UNIDADES EXPERIMENTALES.	20
C.	MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES.	20
1.	<u>Materiales.</u>	20
2.	<u>Equipos.</u>	21
3.	<u>Instalaciones.</u>	21
4.	<u>Animales.</u>	21
D.	TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL.	21
E.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	22
F.	MEDICIONES EXPERIMENTALES.	22
G.	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA.	22
H.	PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.	23
1.	<u>Descripción del experimento.</u>	23
2.	<u>Descripción de la alimentación.</u>	23
3.	<u>Programa sanitario.</u>	25
I.	METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN.	25
1.	<u>Peso inicial (g).</u>	25
2.	<u>Ganancia de Peso (g).</u>	26
3.	<u>Consumo de alimento (g).</u>	26
4.	<u>Conversión alimenticia.</u>	26
5.	<u>Mortalidad (%).</u>	26
6.	<u>Peso final (g).</u>	26
7.	<u>Grado de pigmentación de la carne.</u>	27
8.	<u>Rendimiento a la canal (%).</u>	27
9.	<u>Relación beneficio/costo.</u>	27
10.	<u>Costo por kg de ganancia de peso (\$).</u>	27
11.	<u>Análisis sensorial triangular.</u>	27
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</u>	29
A.	ETAPA DE INICIACIÓN DESDE LOS 0 HASTA LOS 21 DÍAS DE VIDA.	29

1.	<u>Peso inicial.</u>	29
2.	<u>Ganancia de peso.</u>	29
3.	<u>Consumo de alimento.</u>	29
4.	<u>Conversión alimenticia.</u>	29
5.	<u>Mortalidad.</u>	31
6.	<u>Peso final.</u>	31
B.	ETAPA DE FINALIZACIÓN DESDE LOS 21 HASTA LOS 42 DÍAS DE EDAD.	
		31
1.	<u>Peso inicial</u>	31
2.	<u>Consumo de alimento.</u>	32
3.	<u>Ganancia de peso.</u>	33
4.	<u>Factor de conversión.</u>	35
5.	<u>Mortalidad.</u>	36
6.	<u>Peso final.</u>	36
C.	EVALUACIÓN DESPUÉS DEL SACRIFICIO.	36
1.	<u>Pigmentación 24 horas.</u>	36
2.	<u>Pigmentación 48 horas.</u>	37
3.	<u>Rendimiento a la canal.</u>	39
4.	<u>Relación beneficio costo.</u>	40
5.	<u>Costo/kg de ganancia de peso.</u>	41
6.	<u>Análisis sensorial triangular.</u>	42
V.	<u>CONCLUSIONES.</u>	45
VI.	<u>RECOMENDACIONES.</u>	47
VII.	<u>LITERATURA CITADA.</u>	48
	ANEXOS	

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el país de México con el fin de evaluar el efecto pigmentante al adicionar diferentes niveles de cúrcuma en la dieta de pollos de engorda de la línea Ross. Se utilizaron 450 aves en un diseño completamente al azar con 5 repeticiones de 30 aves cada una en 3 tratamientos. Los tratamientos fueron de 1 y 2% de cúrcuma, en dietas a base de sorgo y soya, suministrados a partir del día 21 hasta los 42 días de edad. En cuanto a los parámetros productivos se encontró diferencias significativas en la etapa de finalización en el tratamiento con 2% de cúrcuma se obtuvo un peso final de 2053 g a diferencia del testigo donde se obtuvo 1702,07 g ,en cuanto a conversión alimenticia el mejor tratamiento fue con 2% con un valor de 2,11, obteniendo el mejor rendimiento a la canal de 75,19% en el tratamiento con 2% de cúrcuma, difiriendo con el tratamiento testigo donde se obtuvo un valor de 70,44%, en cuanto a la pigmentacion el mejor resultado se mostró al añadir 2 y 1% de cúrcuma con valores de 6,39 y 5,50 respectivamente en la región de la pechuga, además se encontró el mejor beneficio al añadir 2% de cúrcuma con un beneficio de 0,72 ctv., concluyendo así que la adición de cúrcuma puede mejorar los parámetros productivos y dar una pigmentacion deseada para el mercado ecuatoriano.

Palabras claves: pigmentacion, cúrcuma, pollos.

ABSTRACT

This research was conducted in Mexico country in order to evaluate the pigmenting effect by adding different levels of curcuma in the diet of broilers of the Ross line chicks. 450 birds were used in a design completely lift with 5 repetitions of 30 birds each in 3 treatments. The treatments were 1 and 2% of curcuma in diets based on sorghum and soya, supplied from 21 to 42 days old. Regarding the production parameters significant differences were it was possible to obtain a final weight of 2053 g unlike to the witness where 1702,07 g were obtained, in tremes of feed conversion the best treatment was the treatment with 2% whit a value of 2,11, obtaining the best performance in the chicken cuts 75,19% by treatment whit 2% curcuma, differing whit the control treatment where a value of 70,44% was obtained, whit respect to pigmentation the best result was shown by adding 2 and 1% of curcuma whit values of 6,39 and 5,50 respectively in the region of the breast, also the best benefit by adding 2% of curcuma with a profit of 0,72 ctv., concluding that the addition of curcuma can improve the production parameters and give a desired pigmentation for the Ecuadorian market.

Keywords: PIGMENTATION, CURCUMA, CHICKENS

LISTA DE CUADROS

N°		Pág
1.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CÚRCUMA.	17
2.	CONTENIDO NUTRICIONAL DEL SORGO.	19
3.	CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.	20
4.	ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	22
5.	ESQUEMA DEL ADEVA.	23
6.	COMPOSICIÓN DE LA DIETA EN LA ETAPA DE INICIO DE POLLOS.	24
7.	COMPOSICIÓN DE LA DIETA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO DE POLLOS.	24
8.	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE TRATAMIENTOS DE LAS DIETAS UTILIZADAS.	25
9.	COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDA EN LA ETAPA DE INICIACIÓN (0-21) DÍAS ALIMENTADOS CON LA MISMA DIETA A BASE DE SORGO.	30
10.	COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS DE ENGORDA EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN (22-42) DIAS, AL EVALUAR DIFERENTES NIVELES DE CÚRCUMA, COMO PIGMENTANTE NATURAL EN DIETAS A BASE DE SORGO.	32
11.	EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CÚRCUMA, COMO PIGMENTANTE NATURAL EN DIETAS A BASE DE SORGO EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA, 24 HORAS FEFRIGERADA DESPÚES DEL SACRIFICIO.	37
12.	EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CÚRCUMA, COMO PIGMENTANTE NATURAL EN DIETAS A BASE DE SORGO EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA, 48 HORAS FEFRIGERADA DESPÚES DEL SACRIFICIO.	38
13.	ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS POLLOS ROSS, DE ACUERDO A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.	41
14.	ANÁLISIS DEL COSTO/KG DE GANANCIA DE PESO EN POLLOS ROSS, DE ACUERDO A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.	41
15.	EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CÚRCUMA EN EL SABOR DE LA CARNE DE POLLO, SUMINISTRADA EN LA ALIMENTACIÓN DE LA ÚLTIMA ETAPA DE CRECIMIENTO DE POLLOS DE ENGORDE.	43

LISTA DE GRÁFICOS

N°		Pág
1.	Fases de saturación y coloración para pigmentar pollo de engorda.	9
2.	Concentración de xantofilas amarillas para obtener 3 diferentes niveles de pigmentación en el pollo de engorda.	10
3.	Concentración de xantofilas amarillas y cantaxantina para obtener diferentes niveles de pigmentación en el pollo de engorda.	10
4.	Consumo de alimento (g), por efecto de diferentes niveles de Cúrcuma como pigmentante natural en la alimentación de pollos.	34
5.	Rendimiento a la Canal (%), por efecto de diferentes niveles de cúrcuma como pigmentante natural en la alimentación de pollos.	39

LISTA DE ANEXOS

N°

1. ADECUACIÓN DEL SITIO PARA EL EXPERIMENTO.
2. ENCALADO DE LA INSTALACIÓN.
3. DESINFECCIÓN A BASE DE YODO DE LAS ESTRUCTURAS Y CRIADORAS DE LA NAVE.
4. ELABORACIÓN DE BALANCEADO Y RECEPCIÓN DE POLLITOS PARA LA PRIMERA ETAPA 0-21 DÍAS.
5. DIVISIÓN DE TRATAMIENTOS Y REPETICIONES AL AZAR.
6. TOMA DE DATOS.
7. TRASPASO A LOS CORRALES A PARTIR DE LA SEMANA Y MEDIA DE EDAD.
8. PRUEBA DEL RANGO MÚLTIPLE DUNCAN.

I. INTRODUCCIÓN.

Las aves han sido durante mucho tiempo la fuente de proteína preferida por los seres humanos en todo el mundo. Sin embargo con el paso de los años las exigencias y necesidades de las personas se han ido incrementando, por lo tanto los productores de igual forma han innovado en alternativas de producción y presentación de la carne de ave, uno de estos es la aplicación de pigmentantes sintéticos.

En mercados muy específicos, según Cisneros, F. (2012), el color de la carne de pollo es muy importante y se considera un símbolo de calidad, frescura y valor nutritivo. En mercados como México, España, Francia, Italia y China, se venden pollos con piel presentando coloraciones variadas de amarillo a naranja–dorado. En el pollo de engorda, los carotenoides se depositan principalmente en tarsos, piel y grasa subcutánea y, por supuesto, las condiciones de matanza y desplume son de trascendental importancia.

Durante la última década muchos países en desarrollo, han adoptado la producción avícola intensiva para cubrir, de esta forma, la demanda de proteína animal. El sostenimiento avícola intensivo es visto como una manera de incrementar velozmente la provisión de proteína animal para las poblaciones urbanas en acelerado crecimiento: Las aves son capaces de adaptarse a la mayoría de ambientes, su precio es relativamente bajo, se reproducen rápidamente y tienen una alta tasa de productividad. Las aves en el sistema industrial son albergadas en confinamiento para crear condiciones óptimas de temperatura e iluminación y para manipular el fotoperiodo con el fin de maximizar la producción (FAO. 2015).

La producción avícola tiene como principal ingrediente de la dieta alimenticia al maíz, por su alto contenido de energía que aporta a los animales, además representa un ingrediente con alto contenido de xantofilas, aportándoles pigmentación a la piel, patas y huevos del ave, es por eso que resulta un ingrediente indispensable en la formulación. Según León, J. (1987), indica que la cúrcuma es una sustancia colorante que forma cristales anaranjados y aceites

esenciales de olor picante, es muy común en Asia, así como para colorear el arroz, el cual agrega algunas vitaminas.

En México y Ecuador los productores consideran de gran importancia la pigmentación de las aves, motivo por el cual, el objetivo de la investigación apunta a resolver la sustitución del maíz y pigmentantes químicos para reducir los costos de la alimentación en las aves ya que existen varios alimentos de buen contenido energético pero de bajo valor en la pigmentación.

Con los antecedentes expuestos, se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar el grado de pigmentación de la carne con diferentes tratamientos con *Curcuma longa*.
- Definir el mejor tratamiento para la aplicación de la *Curcuma longa* en la alimentación de pollos broiler.
- Establecer la rentabilidad de la *Cúrcuma longa* como pigmentante natural añadido en una dieta a base de sorgo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

A. LÍNEA ROSS 308.

El pollo de engorde Ross se ha seleccionado, durante varios años, logrando así un ave con varios aspectos importantes como la resistencia a enfermedades metabólicas como la Ascitis o Muerte súbita. Esa rusticidad lo lleva a producir eficientemente tanto en climas de altura donde se hacen notar las marcadas amplitudes térmicas y la escasez de oxígeno, como en climas costeros con calores extremos y altas humedades (Cesio, L. 2010).

Juárez, C. (2003), manifiesta que el pollo de engorde Ross 308 tiene un crecimiento muy rápido, una conversión alimenticia excepcional y un alto rendimiento en carne. Los datos publicados en las tablas de rendimiento indican producciones de 2,4 kg a los 42 días con una conversión alimenticia de 1,7 Kg de alimento por kg de carne para lotes mixtos, pero una significativa cantidad de resultados de campo exceden estos objetivos. Para un macho de 2,4 kg de peso vivo, el rendimiento que se obtiene después del sacrificio es del 70,92%, la hembra para ese mismo peso y esas mismas condiciones, rinde 70,57% de carne en relación al peso vivo. (Cesio, L. 2010).

Otro autor, Seiden, R. (2008), de igual manera resalta la alta productividad de esta línea de pollos, destacando sus piernas poderosas y su potente aparato cardiovascular. En el matadero, los pollos de engorde Ross están diseñados para lograr un alto rendimiento de la carcasa, una alta producción de carne y un bajo número de carcasas de segunda.

B. PIGMENTACIÓN.

La avicultura cuenta con un gran desarrollo y variedad de aditivos y pre mezclas, utilizadas en la alimentación, con el fin de optimizar los costos y mejorar los resultados a nivel de granjas, sin embargo, antes de decidir utilizar un determinado aditivo debemos evaluar las ventajas y desventajas de cada uno. Enfocándose principalmente en la rentabilidad y productividad de estos insumos (Guzmán, A. 2013).

En el pollo de engorda, los carotenoides se depositan principalmente en tarsos, piel y la grasa subcutánea, por lo tanto es importante lograr una pigmentación de una manera natural. Evidentemente, la incursión de nuevos pigmentos naturales juega un rol necesario y primordial en la producción de aves, por ejemplo, para los consumidores los colores naranja-rojizos están asociados a una buena salud de los animales. (Rivera, W. 2012).

1. Pigmentos.

Los pigmentos son sustancias (carotenoides o xantofilas) que colorean la yema del huevo, la grasa subcutánea y piel de los pollos. Las xantofilas y carotenoides están presentes en algunas materias primas, tales como el maíz, el gluten de maíz y el sorgo que contienen xantofilas rojas; y la alfalfa que aporta principalmente xantofilas amarillas (Cuevas, B. 2003).

La alfalfa en forma natural provee caroteno, precursor de la vitamina A, la flor de cempasúchil que no tienen ninguna característica alimenticia, pero son ricos en carotenoides, derivados de los terpenoides (Shimada, A. 2010).

El maíz tiene un mayor contenido de xantofilas que otros cereales. La zeaxantina del maíz imparte un color rojo-anaranjado oscuro al ave, mientras que otras xantofilas varían en su efecto sobre la pigmentación de la piel, como las luteínas de la alfalfa, las cuales producen un color más amarillo (Pardo, N. 2007).

2. Definición.

Los pigmentos son compuestos químicos que absorben luz en el intervalo de longitud de onda de la región visible. La producción del color se debe a la estructura específica del compuesto (cromóforo), esta estructura capta la energía y la excitación que es producida por un electrón de una órbita exterior a una órbita mayor, la energía no absorbida es reflejada y/o refractada para ser capturada por el ojo, y los impulsos neuronales generados serán transmitidos al cerebro, donde pueden ser interpretados como color (Martínez, 2010).

3. Importancia de la pigmentación.

La pigmentación en la carne de las aves para el consumo humano tiene mucha importancia, Montilla, J. (1985), determina varios puntos para tomarlos en cuenta:

- El color determina la elección o el rechazo del producto por el consumidor.
- La preferencia por una tonalidad de color difiere tanto como las culturas de distintos países.
- Estudios realizados en Europa indican que los consumidores asocian colores naranja-rojizos con una mejor calidad del producto.
- Esta preferencia está asociada en la mente del consumidor a una buena salud de los animales.

Una amplia gama de aditivos son utilizados en la mayoría de alimentos para aves, los cuales, generalmente, no aportan ningún nutriente. La mayoría de aditivos se usan para mejorar las características físicas de la dieta, la aceptabilidad del alimento o la salud de las aves. Muchos de los ingredientes naturales ricos en carotenoides son bajos en energía, es difícil lograr niveles altos en pigmentación en aves de engorde sin emplear fuentes sintéticas (Pardo, N. 2007).

C. TIPOS DE PIGMENTANTES.

Según Martínez, A. (2010), los pigmentos pueden ser clasificados como de origen natural y sintético o inorgánico.

1. Pigmentos Sintéticos.

Debido a que muchos de los ingredientes naturales ricos en carotenoides son bajos en energía, es difícil lograr niveles altos en pigmentación en aves de engorde sin emplear fuentes sintéticas, dentro de los más utilizados son las mezclas de cantaxantina, carotenoides de color rojo y apocarotenos, carotenoides de color amarillo. En la última década se han sintetizado una serie de ellos, donde se destacan: Cantaxantina, β -apo-8'-carotenal (Bac), Éster etílico del ácido β -apo-8'-carotenoico, (Bace), Zeaxantina, Carophyll, Lutenal. El empleo de estos pigmentos depende si es o no permitido su uso en la alimentación de aves, sin embargo, actualmente los más utilizados tenemos los siguientes: cantasantina,

santina y ácido β -apo-8-carotenoico. Ayudan a la coloración de la que va desde el amarillo hasta el rojo – anaranjado (Cuevas, B. 2003).

2. Pigmentos Naturales.

En sentido estricto, sólo sería natural el color que un alimento tiene por sí mismo. Lo que puede generalizarse a los colores presentes de forma espontánea en otros alimentos y extraíbles de ellos. Los colorantes naturales son considerados en general como inocuos y consecuentemente las limitaciones específicas en su utilización son menores que las que afectan a los pigmentos artificiales.

Según: Carranco, M. (2003), en las dietas que se formulan para pollos de engorda se incluyan fuentes naturales de pigmentos como el maíz amarillo, gluten de maíz amarillo, harina de alfalfa, extractos de xantofilas de flor de cempasúchil y de chiles. Las fuentes de carotenoides más importantes en la alimentación de aves son el maíz, el gluten de maíz, la alfalfa y los pienzos; estos alimentos contienen los carotenoides llamados luteína y zeaxantina, los cuales junto con otros carotenoides cuyas moléculas contienen varios átomos de oxígeno, se conocen con el nombre colectivo de xantofilas.

Los carotenoides son los responsables de la gran mayoría de los colores amarillos, anaranjados o rojos incluidos en los alimentos vegetales y también de los colores anaranjados de varios alimentos animales (Piñeiro, E. 2009). Como complemento a las xantofilas amarillas de origen natural, también se han utilizado históricamente las denominadas “xantofilas rojas” principalmente la capsantina procedente del pimentón o paprika, *Capsicum annum*. Con el uso combinado de xantofilas amarillas y rojas se consigue una gran variedad de tonalidades anaranjadas, lo que permite adecuar las características de pigmentación de pollos (Mascarrel, J. 2011).

D. PIGMENTANTE EN RACIONES PARA AVES.

Las preferencias del consumidor por unos productos avícolas con un cierto grado de pigmentación es un hecho definitivo, asociándose frecuentemente con su valor nutritivo, lo cual, aunque no es cierto, aparece como un hecho irreversible y universalmente aceptado. Montilla, J. (1985). En mercados muy específicos, el

color de pollo es muy importante y se considera un símbolo de calidad, frescura y valor nutritivo. Mercados como México, España, Francia, Italia y China venden pollos con piel presentando coloraciones variadas de amarillo a naranja–dorado. (Cisneros, F. 2012).

1. Pigmentación en la carne de pollo.

En el pollo de engorda, los carotenoides se depositan principalmente en tarsos, piel y grasa subcutánea. Los carotenoides usados para pigmentación de piel son la cantaxantina para la base roja y el apo-éster y la luteína/zeaxantina para la base amarilla. Las recomendaciones para pigmentación son muy variadas y dependen de la región y los requerimientos de mercado. Sin embargo, el común denominador en la demanda de los consumidores es la homogeneidad de color. (Cisneros, F. 2012).

Para poder pigmentar pollos con éxito, Cisneros, F. (2012) determina ciertas condiciones que se deben tener en cuenta al momento de utilizar pigmentantes, los cuales son:

- La temperatura de escaldado debe mantenerse por debajo (pero cerca) de los 54°C.
- Los carotenoides pigmentantes deben estar presentes en el alimento por lo menos tres semanas antes del sacrificio.
- En el verano se debe cuidar el consumo y hacer los ajustes de formulación para que la pigmentación no se vea afectada. En algunas condiciones se pueden usar carotenoides en el agua de beber para reforzarla.

2. Pigmentos amarillos usados en avicultura.

Actualmente existen una gran cantidad de pigmentos amarillos descubiertos en la naturaleza, sin embargo apenas tres carotenoides son los que presenta mayor importancia económica en la avicultura (Fernández, R. 2015).

- Etil- éster del ácido apocarotenóico, conocido genéricamente como apoéster, es una molécula de origen sintético, de color amarillo-naranja.

- Luteína, es una molécula de color amarillo presente en varios vegetales como la alfalfa, los granos de maíz, la flor de cempasúchil, etc.
- Zeaxantina, es una molécula de color naranja, presente en varios vegetales como la alfalfa, los granos de maíz, la flor de cempasúchil, etc.

Fernández, R. (2015), manifiesta que el apoester tiene un proceso de protección muy especializado, lo que permite una protección antioxidante muy eficaz. Debido al vehículo utilizado (matriz de almidón y gelatina), el tamaño de partícula del apoester comercial es muy parejo, conteniendo un mínimo de 100,000 partículas del producto por gramo, esta característica asegura un mezclado muy homogéneo.

En el caso de la luteína y la zeaxantina, la forma de producción comercial, consiste en sembrar y cosechar la flor de cempasúchil, la cual se somete a deshidratación, después a una extracción de las moléculas pigmentantes por medio de solventes orgánicas como el éter, y finalmente a una hidrólisis alcalina (Fernández, R. 2015).

3. Pigmentos rojos usados en avicultura.

El único pigmento rojo que se deposita cuantitativamente en la piel del pollo, es la cantaxantina, la xantofila disponible comercialmente es de síntesis química, sin embargo, esta molécula existe en la naturaleza, en las plumas y piel del flamingo, en la piel de el faisán, así como en varias algas y hongos, de hecho, este carotenoide fue aislado por primera vez a partir del hongo comestible *Cantharellus cinnabarinus*, de aquí se deriva el nombre de cantaxantina. Al igual que en el caso del apoester, la presentación comercial de la cantaxantina facilita un buen mezclado y protege a la molécula de la oxidación. (Fernández, R. 2015).

4. Niveles de pigmentación del pollo.

Fernández, R. (2015), propone una escala de evaluación subjetiva, pero practica ya que fue realizada con el apoyo de productores, así como en observaciones realizadas en los diferentes mercados donde se comercializa este producto, esta escala de 5 niveles se enlista a continuación:

I = Tarsos amarillos, piel pálida.

II = Tarsos naranja pálido, piel amarillo claro.

III = Tarsos anaranjados, piel amarilla.

IV = Tarsos naranja intenso, piel anaranjada.

.V = Tarsos naranja intenso, piel naranja intenso.

Los primeros 3 niveles de esta clasificación pueden alcanzarse con el uso de pigmentos amarillos exclusivamente, al saturar con un color, en este caso amarillo, el ojo humano percibe otro color, a pesar de que se está usando partículas exclusivamente con longitud de onda amarilla. Sin embargo, para alcanzar los últimos dos niveles de pigmentación es necesario la combinación de colores rojos y amarillos. En el gráfico 1, se puede observar la relación que existe entre estas fases de la pigmentación con las curvas de saturación y coloración en el pollo de engorda. (Fernández, R. 2015).

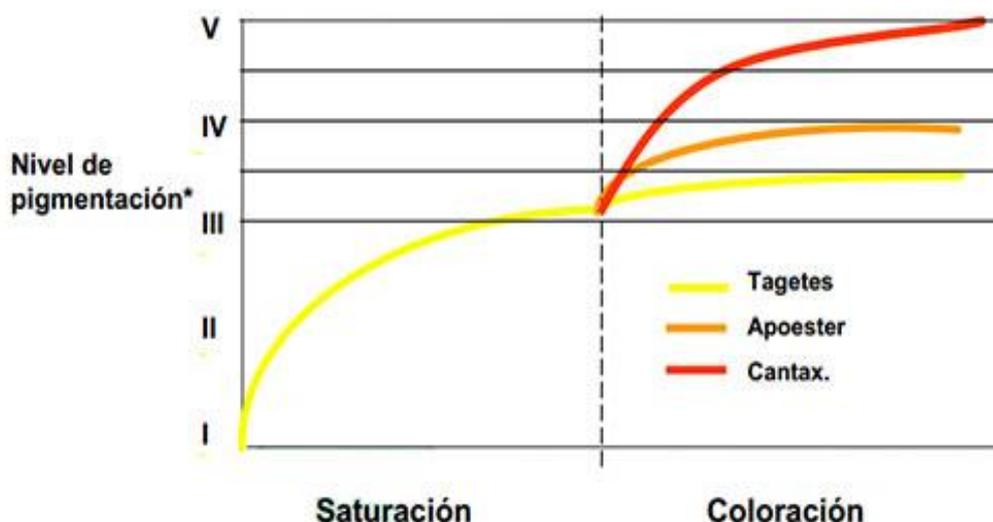


Gráfico 1. Fases de saturación y coloración para pigmentar pollo de engorda.

Fuente: Fernández, R. (2015).

Para alcanzar los niveles indicados de pigmentación en el pollo de engorda, se sugieren las cantidades de pigmento mencionados en el gráfico 2, y en el gráfico 3, es importante subrayar que aun a bajos niveles de pigmentación, la combinación de rojos y amarillos produce la coloración deseada en la piel y tarsos

del pollo de engorda con una menor cantidad de xantofilas totales en la dieta. (Fernández, R. 2015).

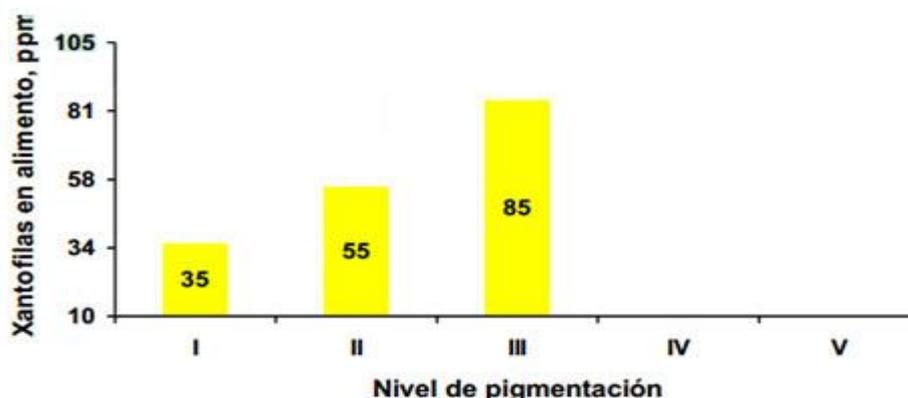


Gráfico 2. Concentración de xantofilas amarillas para obtener 3 diferentes niveles de pigmentación en el pollo de engorda.

Fuente: Fernández, R. (2015).

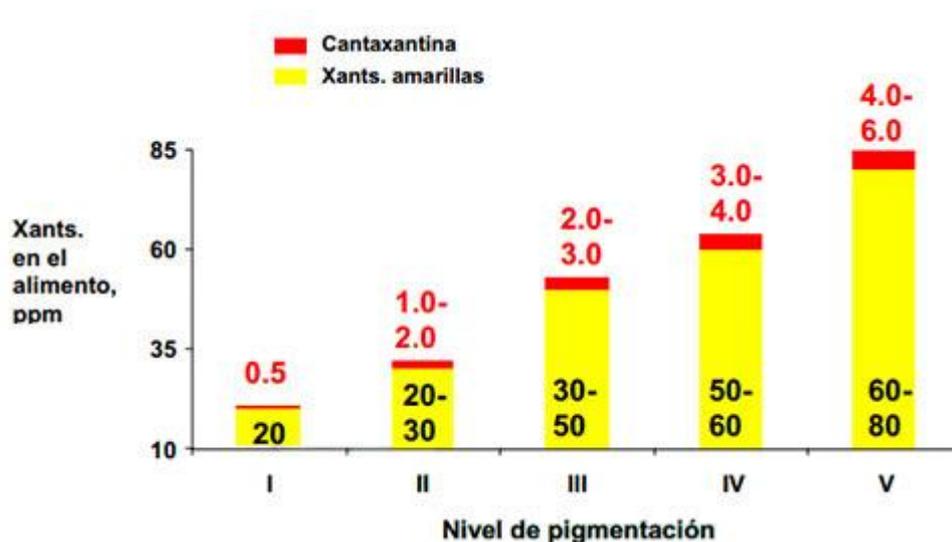


Gráfico 3. Concentración de xantofilas amarillas y cantaxantina para obtener diferentes niveles de pigmentación en el pollo de engorda.

Fuente: Fernández, R. (2015).

5. Evaluación de la pigmentación.

La correcta evaluación del color es muy difícil de realizar, ya que depende de varios factores como la luz reflejada, el color de los alrededores, la luz presente y el ojo del observador. Sin embargo, actualmente existen varios métodos

modernos que ayudan a la evaluación del color, entre los más conocidos Cisneros, F. (2012), nos menciona los siguientes:

- El abanico colorimétrico de DSM para yemas de huevo. En varias ocasiones este instrumento también es usado para medir la pigmentación del tarso.
- El colorímetro para yemas de huevo y pollos de engorda se basa en la expresión de los grados de colores en una esfera que va del blanco al negro en los polos y gira entre verde, amarillo, azul y rojo.
- HPLC, consiste en medir el color a través de la medición de carotenoides en la yema, plasma y piel de pollo, el costo de su utilización es bastante caro.
- El icheck Este aparato permite evaluar rápidamente en condiciones de campo la cantidad de carotenoides totales en la yema de huevo y en el plasma, expresándolos como equivalentes de β -caroteno.

6. Factores que afectan la pigmentación del pollo.

Fernández, R. (2015), menciona varios factores que se deberán tomar en cuenta al momento de formular un balanceado, estos factores se enlistan a continuación:

- Tipo de carotenoide ofrecido a las aves, es necesario conocer las diferentes eficiencias pigmentantes de los carotenoides disponibles comercialmente para poder elaborar fórmulas eficientes.
- Genética, no todas las líneas de pollo presentan la misma eficiencia para la fijar pigmento en la piel, de hecho existen líneas genéticas de pollo que no fijan carotenoides en la piel.
- Estado de salud, cualquier tipo de enfermedad que disminuya el consumo de alimento va a provocar una ingesta menor de carotenoides.
- Tipo de dieta, los niveles de grasa en la dieta afectan directamente la absorción de los carotenoides.
- Instalaciones y manejo, animales sometidos a manejos inadecuados o que se encuentran en instalaciones deficientes, mostraran al menos una baja en el consumo de alimento, lo que traerá como consecuencia una pigmentación deficiente.

- Planta procesadora, ya que para obtener un desplumado óptimo del pollo, se necesita una temperatura en el agua de 60 C, sin embargo, a esta temperatura se produce separación de la epidermis, arrastrando con esto el pigmento de la piel y produciendo que el pollo pierda coloración. La temperatura del agua adecuada para desplumar sin causar la remoción del pigmento dérmico es alrededor de 52 C, arriba de 53 la cantidad de carotenoides en la piel disminuye drásticamente.

7. Desarrollos tecnológicos en la pigmentación.

Cuando se comenzó a desarrollar la avicultura como actividad productiva, las aves se criaban en un sistema de semi pastoreo, donde las aves se encontraban libres en una superficie de terreno, teniendo acceso al consumo de plantas, las cuales tienen alto contenido de carotenoides. Debido a esto, las aves obtenían una pigmentación característica en la piel. Sin embargo en la actualidad, debido a los avances en nutrición y genética, las aves consumen entre un 40 a 50% menos alimento y no tienen acceso a fuentes naturales de pigmentación, no obstante, los productores de pollo, comenzaron a agregar pigmento en el alimento de las aves, de esta forma, el consumidor final asocia la salud de las aves y la frescura del producto, así como un sabor agradable, con un buen nivel de pigmentación en la piel del ave (Fernández, R. 2015).

8. Fisiología de la pigmentación.

En 1900, se consideró que la pigmentación roja de los músculos del esqueleto en muchos vertebrados estaba originada por la mioglobina más que por la hemoglobina, aunque el nombre de mioglobina no fue adoptado hasta 1920. Durante una rápida hemorragia, puede producirse de manera que la carne de animales desangrados en el sacrificio puede contener hemoglobina procedente de residuos de eritrocitos, estimando que la carne fresca contiene una media de 0,3 % de sangre residual. Así mismo, influye sobre el color de una pieza de carne la proporción de grasa y tejido conjuntivo que posea y la existencia de otros pigmentos como la catalasa, citocromos, flavinas, vitamina B12, etc. (Warriss, D. 1990).

La mioglobina exhibe una afinidad muy elevada por el oxígeno, se halla saturada ya en un 50 % cuando la presión de oxígeno es de 1 a 2 mm Hg y en un 95 % cuando la presión es de 20 mm Hg, con una curva de saturación por el oxígeno hiperbólica sencilla, mientras que la afinidad por la hemoglobina es mucho menor y además la curva de saturación por el oxígeno es sigmoide, lo que favorece la actividad fisiológica de la mioglobina. Tiene tan sólo un grupo hemo por lo que sólo puede unirse a un átomo de oxígeno, sin embargo mediante el núcleo de hierro tiene la posibilidad de combinarse con otros componentes (NO, HCN, CO, OH, SO₄, CN) en los procesos tecnológicos. (Warriss, D. 1990).

9. Tipos de pigmentos.

Mioglobina reducida o desoximioglobina (hierro ferroso, Fe⁺⁺), Mb. De color rojo púrpura, se encuentra en el interior de la carne, subsiste tras la muerte por la propia actividad reductora del músculo (Yaully, R. 2008).

Oximioglobina o mioglobina oxigenada (hierro ferroso, Fe⁺⁺), MbO₂. Formada cuando la Mb se pone en contacto con el aire con la consiguiente oxigenación del pigmento, tiene un color rojo brillante y es el color deseado por el consumidor por lo que habrá que intentar alargar su presencia (Yaully, R. 2008).

Metamioglobina o mioglobina oxidada (hierro férrico, Fe⁺⁺⁺), MetMb. Se forma por exposición prolongada de la anterior al oxígeno o directamente desde la mioglobina reducida cuando las presiones de oxígeno son bajas (alrededor de 4 mm). Es de color marrón-pardo y motivo de rechazo por el consumidor (si supone más del 20% del pigmento total en superficie, dos de cada tres compradores no adquieren la carne y cuando esta tasa se encuentra alrededor del 50% resulta totalmente inaceptable para el público y por tanto inadecuada para la venta) (Yaully, R. 2008).

10. Estabilidad del color.

La industria de la carne ha reconocido la importancia de la estabilidad del color y las recientes innovaciones para modificar la atmósfera de envasado han surgido de la necesidad de extender la vida media de la carne. En este sentido,

recientemente distintas compañías han potenciado diferentes tecnologías para prolongar la vida media del color de la carne fresca. Tras las primeras observaciones, los mecanismos que controlan la estabilidad del color no quedaron claros. Ahora se admite que la conservación del color rojo vivo de la carne depende de un triple equilibrio de los factores bioquímicos: las actividades respiratorias (tasa de consumo de O₂, OCR), auto-oxidación de la mioglobina y reducción enzimática de la MetMb (MRA), que a su vez puede ser afectada por el tiempo, la temperatura y la historia del pH del músculo (Yaully, R. 2008).

E. CALIDAD DE LA CARNE.

1. Estructura y composición del músculo esquelético.

El músculo esquelético tiene dos componentes fundamentales que son el tejido conectivo y las fibras musculares. El tejido conectivo está compuesto por: colágeno, elastina, glucoproteínas y proteoglicanos. El colágeno (tejido conectivo) afectará negativamente a la ternura de la carne, no solo por la cantidad sino por la estructura espacial y el grado de maduración del mismo. Sin embargo tras el cocinado de la carne, y por efecto de la temperatura (80- 90 °C), su estructura proteica se desnaturaliza y el producto final gana en ternura (Richard, J. 1999).

2. “Rigor mortis” y maduración de la carne.

La rigidez cadavérica o “rigor mortis” se establece muy rápido en las aves, como promedio 1-2 horas, pero puede ya observarse entre 10 minutos y 4 horas, y es máxima entre 2 y 8 horas post-mortem. La mayor velocidad del proceso glucolítico y la rapidez con la que se enfrían las canales, dado su pequeño tamaño, favorece el rápido acortamiento de las fibras musculares. En las 8 horas post-mortem el rigor va desapareciendo a causa de los fenómenos proteolíticos, comenzando así el proceso de maduración de la carne. La tenderización asociada al proceso de maduración es también muy rápida en las aves. En general se consigue una ternura adecuada en las primeras 24 horas incluso se ha considerado como ideal en sólo 4 horas. Sin embargo no todos los músculos siguen el mismo patrón, la pechuga se hace tierna antes entre 10 y 12 horas (Cepero, R. 2002).

3. Problemas en la tenderización.

Durante el proceso normal de maduración de la carne de ave, se pueden encontrar varias anomalías debidas a diferentes causas, a continuación se detallarán las más frecuentes:

Carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE). Esta anomalía en la carne se genera por una glicólisis acelerada, y por tanto, un descenso rápido del pH mientras la temperatura corporal es aún elevada, este problema en la industria avícola es muy importante y su incidencia es creciente. Las características de las carnes PSE no solo afectan a la aceptabilidad del consumidor, debido al color pálido y textura poco firme del filete, sino que empeora las aptitudes tecnológicas de la carne, como lo es la capacidad de retención de agua, poder de gelificación y textura, disminuyendo la calidad y rendimientos de los productos cárnicos elaborados (Santos, C. 1994).

Carnes oscuras, firmes y secas (DFD). Condiciones de extenuación previas al sacrificio pueden causar cambios en el grado de glucólisis produciendo detrimento en la carne. Los animales exhaustos antes de la entrada en matadero, consumen sus reservas de glucógeno. El menor estado en nivel de energía, es decir menor cantidad de glucógeno, provoca que se alcance una menor concentración de ácido láctico en el proceso de glucólisis lo que conlleva el consecuente aumento del pH terminal alcanzado (pH 6.0 – pH 6.5). Las pérdidas por goteo de estas carnes son inferiores a las normales y generalmente son de color más oscuro. (Cepero, R. 1999).

Acortamiento fibrilar por frío, se produce cuando sin un descenso importante de pH (pH > 6.7) los músculos se enfrían rápidamente por debajo de 14 C, el acortamiento de los sarcómeros es muy importante y la terneza final será mucho menor. Por tanto, y debido al efecto de la temperatura, este fenómeno será más común en los músculos pequeños que se encuentren en la superficie de canales grandes (Dransfield, E. 1999).

Congelación pre-rigor, Otro fenómeno que afecta a la textura, es la congelación de la carne antes de que esta haya establecido el estadio de rigor mortis, en el

caso del pollo de carne unas 8 horas postsacrificio. Esta anomalía es consecuencia de un mal manejo del procesado. Además, el congelado activa ciertas ATPasas no activas durante rigor en condiciones normales, lo que provoca un rápido agotamiento de ATP. Como resultado se produce un intenso endurecimiento de la carne (Capita, R. 1999).

F. CÚRCUMA.

La cúrcuma (*Curcuma longa*) se cultiva desde que hay memoria en la India, el sur de China y otras zonas tropicales y subtropicales. Se cree que procede originariamente del este de la India. En cuanto a crecimiento y floración, tiene grandes similitudes con el jengibre, que pertenece a la misma familia. La cúrcuma puede llegar a 1 metro de altura. Del rizoma principal brota un haz de hojas y un tallo floral con una inflorescencia de 20 cm de largo, crece bien en zonas húmedas y cálidas. Una vez secos, los rizomas se muelen para obtener un polvo que es el que se comercializa como la especia (León, J. 1987).

1. Especies.

Existen diversos tipos de cúrcuma, dentro de las más conocidas tenemos a la *Curcuma xanthorrhiza* (cúrcuma de Java) y la *Curcuma zedoaria*, procedente del Himalaya, donde utilizan las hojas de la planta como ensalada. La *Curcuma xanthorrhiza* es la especie con una mayor concentración de aceites volátiles. La *Curcuma longa* tiene sobre todo interés culinario y la *Curcuma zedoaria* debe emplearse más para molestias gástricas (León, J. 1987).

2. Curcumina.

La curcumina es un colorante natural procedente de los rizomas de la cúrcuma. En cientos de estudios se han expuesto diversos efectos saludables de esta sustancia, además constituye un prometedor fito nutriente para la prevención y el tratamiento de diversas afecciones. La cúrcuma imparte color y sabor a los alimentos. El principal pigmento amarillo es curcumina [1,7-bis-(4'-hidroxi-3'metoxi-fenil) hepta-1,6-dieno-3,5-diona]; otros curcuminoides son; desmetoxicurcumina y bisdesmetoxicurcumina (Barrero, M. 1999).

3. Propiedades de la curcumina.

En cientos de estudios in vitro y con animales se han constatado propiedades medicinales de la curcumina, cuyos mecanismos de actuación a nivel celular, debido a que la curcumina posee cualidades antioxidantes, antiinflamatorias, inmuno modulantes, anti mutagénicas, anti carcinogénicas, vulnerarias, lípido reductoras, desintoxicantes, hepato protectoras, antiespasmódicas, neuro protectoras, digestivas, anti angiogénicas y antimicrobianas (León, J. 1987).

La curcumina también es un antioxidante, lo que lo hacen un buen conservador de comida, dado que el alimento ya es de color amarillo y se utiliza ampliamente para este propósito. En tecnología de alimentos se utiliza, además del colorante parcialmente purificado, la especia completa y la oleorresina; en estos casos su efecto es también el de aromatizante. La especia es un componente fundamental del curry, al que confiere su color amarillo intenso característico. Se utiliza también como colorante de mostazas, en preparados para sopas y caldos y en algunos productos cárnicos. Es también un colorante tradicional de derivados lácteos (Hemando, 2008).

4. Composición química de la cúrcuma.

La composición química de la cúrcuma, se puede observar en el (cuadro 1).

Cuadro 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CÚRCUMA.

Componente	Composición (%) base seca
Humedad	7,00 ± 0,29
Cenizas	1,40 ± 0,05
Cenizas insolubles en ácido	0,41 ± 0,05
Fibra cruda	8,35 ± 0,38
Almidón	31,21 ± 0,18
Aceites no volátiles	7,54 ± 0,29
Curcumina	3,60 ± 0,01

Fuente: Barrero, M. (1999).

G. SORGO.

El sorgo es de la familia de las *gramíneas* con cañas de un metro y medio de altura, desde el punto de vista agronómico este cultivo se adapta a un entorno agroecológico cálido y seco, donde es difícil cultivar otros cereales alimenticios, porque también sufren frecuentes sequías. En muchas de esas zonas agroecológicas, el cultivo del sorgo cumple una doble finalidad, ya que tanto al grano como a la paja tienen alto valor. La producción mundial de sorgo en el ciclo agrícola 2007-2008 fue de 63,53 millones de toneladas, cifra superior en 6,9 millones de toneladas a la registrada el año anterior (Rodríguez, A. 2012).

A nivel mundial el país que más sorgo produce es Estados Unidos, seguido de países como la India, Nigeria y China, que en conjunto producen el 65 % de toda la producción (Aguilar, G. 2015).

1. Propiedades del sorgo.

También tiene propiedades astringentes, homeostáticas y antidiarreicas. Se consume en forma de harina y puede combinarse con la de maíz para la confección de platos de todo tipo. Los no celíacos la toman en galletas, tartas o bizcochos envasados, es común mezclar esta harina con la de trigo. (Agricultura, 1995).

Igualmente los diabéticos pueden apuntarse al consumo de sorgo. El azúcar de un pastel, por ejemplo, será la misma pero la harina de sorgo provocará que la digestión de esa sustancia sea más lenta y por lo tanto el organismo pueda utilizarla mejor. (Agricultura, 1995).

2. Importancia del sorgo.

Su importancia radica en que puedes ser empleado tanto en la alimentación humana como en la animal, aunque su principal uso es como forraje, llegando a compararse con el maíz, además presenta propiedades anti diarreicas, astringentes y homeostáticas, es una fuente de energía por su composición alta de carbohidratos, además contiene vitaminas B y E, sales minerales como el calcio, fósforo y fibra que ayuda a la depuración intestinal (Aguilar, G. 2015).

El sorgo es uno de los principales granos en nuestro país. Abastece de materia prima a la industria generadora de alimentos balanceados para animales, la cual a su vez, permite que en el mercado alimentario se disponga de proteínas de origen animal. En la industria de extracción se emplea fundamentalmente para la obtención de almidón, alcohol y glucosa; además en la fermentación aceto-butílica que produce tres solventes importantes: alcohol, acetona y butanol (Rodríguez, A. 2012).

3. Valor nutritivo.

El valor nutritivo se define como la capacidad de satisfacer las necesidades nutricionales de cualquier especie de importancia zootécnica, con el fin de expresar su máximo potencial. Principalmente la proteína es el nutriente que más valor tiene, siendo este mayor en las hojas y en el grano, en cuanto a la digestibilidad varía de acuerdo a distintos factores como el estado de madurez, variedad dentro de la misma especie, partes de la planta, entre otros. (McDonald, P.1988).

El contenido nutricional del sorgo, lo podemos observar en el (cuadro 2).

Cuadro 2. CONTENIDO NUTRICIONAL DEL SORGO.

Nutriente	Fase Madura
Materia seca	89,22
Extracto etéreo	2,86
Fibra cruda	1,76
Proteína cruda	11,96
Cenizas	1,42
E.L.N.	82

Fuente: (Rodríguez, A. 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO.

La presente investigación se realizó en la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la Facultad de Zootecnia y Ecología, en el Estado de Chihuahua, de México. El trabajo experimental de campo tuvo una duración de 60 días aproximadamente, las condiciones meteorológicas se detallan en el (cuadro 3).

Cuadro 3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL ESTADO DE CHIHUAHUA.

Parámetro	Promedio
Altitud (m.s.n.m.)	1500
Temperatura (C)	25
Humedad relativa (%)	40
Viento (Km/h)	8
Precipitación (mm/anual)	500

Fuente: Estación CHIHUAHUA UNIVERSIT. (2014).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES.

Se utilizaron 450 pollos Ross 308, de un día de edad, el tamaño de la unidad experimental fueron 30 pollos y tuvo 5 repeticiones, el tamaño de la unidad experimental fueron 30 animales.

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES.

1. Materiales.

- Balanza.
- Comederos.
- Bebederos.
- Cúrcuma.
- Balanceado.

2. Equipos.

- Colorímetro Minolta.
- Mezcladora Vertical de balanceado.

3. Instalaciones.

- 1 Galpón.

4. Animales.

- 450 pollos de la línea Ross.

D. TRATAMIENTO Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

En la presente investigación se utilizaron dos niveles de cúrcuma, frente a un testigo; con cinco repeticiones por cada tratamiento, los cuales se analizaron bajo un diseño completamente al azar que se ajustó al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Valor estimado de la variable.

μ : Media general.

α_i : Efecto de los niveles de *Curcuma longa*.

ϵ_{ij} : Error Experimental.

E. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

A continuación se muestra la distribución del esquema del experimento (cuadro 4).

Cuadro 4. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Tratamientos	Código	Repeticiones	T.U.E*	Total
A base de sorgo	T0	5	30	150
Sorgo + 1 % Cúrcuma	T1	5	30	150
Sorgo + 2 % Cúrcuma	T2	5	30	150
Total				450

*T.U.E.: Tamaño de la unidad experimental.

F. MEDICIONES EXPERIMENTALES.

- Peso inicial (g).
- Peso final (g).
- Ganancia de Peso (g).
- Consumo de alimento (g).
- Factor de Conversión (kg pienso/Kg peso).
- Mortalidad (%).
- Grado de pigmentación de la carne.
- Rendimiento a la canal (%).
- Relación (beneficio/costo).
- Costo/ Kg de ganancia de peso (\$).
- Análisis sensorial, triangular.

G. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA.

Los resultados experimentales fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos, (cuadro 5)

- Análisis de varianza.
- Separación de medias por el método de rango múltiple de Duncan $p < 0,05$.
- Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico SAS.

Cuadro 5. ESQUEMA DEL ADEVA.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Total	29
Tratamientos	2
Error	27

H. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

1. Descripción del experimento.

La nave de las aves fue adecuada para el alojamiento de los 450 animales, los corrales se los ubicó uno a continuación de otro, dividiéndolos en dos secciones, en la cual la primera sección tenía ocho corrales y la segunda siete, contemplando así los quince corrales de los tres tratamientos con sus cinco repeticiones, dejando en la mitad un pasillo para facilitar el suministro de alimento y manejo de las aves al momento de su pesaje, cada corral contaba con un comedero de tolva y un bebedero.

La primera semana las aves fueron alojadas en tres criadoras verticales, cada criadora representó un tratamiento y cada nivel de la criadora una repetición.

Para la segunda semana fueron trasladadas a los corrales, una vez realizado el sorteo al azar de las repeticiones y tratamientos, en donde permanecieron hasta la finalización del experimento.

2. Descripción de la alimentación.

En la primera semana se alimentó a los pollos en las criadoras verticales, suministrándoles 1 kg de alimento a cada unidad experimental y agua *ad libitum*.

En la segunda semana se trasladó a los animales a los corrales y se suministró el alimento aproximadamente 2 Kg a cada unidad experimental, más agua *ad libitum*.

Por las primeras tres semanas las aves consumieron el mismo alimento inicial a base de sorgo, soya, aceite vegetal y un núcleo de vitaminas y minerales, como se puede observar en el (cuadro 6).

Cuadro 6. COMPOSICIÓN DE LA DIETA EN LA ETAPA DE INICIO DE POLLOS.

Ingredientes	Iniciación (%)
Sorgo	62,4
Soya 46	32,0
Aceite Vegetal	1,6
Vitamina. AA-Min Pollo I	4,0
Total	100

A partir de la cuarta semana se realizó una alimentación diferenciada, como se puede observar en el (cuadro 7).

Cuadro 7. COMPOSICIÓN DE LA DIETA EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO DE POLLOS.

INGREDIENTES	T0%	T1%	T2%
Sorgo	68	67	66
Soya 46%	25	25	25
Aceite Vegetal	3	3	3
Vitamina AA-Min Pollo II	4	4	4
Cúrcuma	0	1	2
Total	100	100	100

De igual manera para conocer mejor la calidad de la dieta suministrada se realizó el análisis bromatológico de las dietas utilizadas, como se puede observar en el (cuadro 8).

Cuadro 8. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE TRATAMIENTOS DE LAS DIETAS UTILIZADAS.

Nutrientes	Cúrcuma	Iniciador	T0	T1	T2
Proteína (%)	9,49	19,47	17,20	15,71	15,58
Grasa (%)	4,12	4,82	6,32	7,19	6,26
Materia seca (%)	90,71	90,49	86,29	88,02	88,23
Humedad (%)	9,29	9,51	13,71	11,98	11,77

3. Programa sanitario.

Al estar presentes en una zona no endémica, no se vacunó para ninguna enfermedad a las aves.

Se realizó una limpieza y desinfección de la nave 8 días antes de la recepción de las mismas con una solución de yodo.

Cada 7 días, se realizaron el cambio de camas y la limpieza de bebederos y comederos.

El alimento suministrado a las aves fue almacenado en una bodega libre de humedad y otros factores que pudieran haber afectado su composición.

I. **METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN.**

1. Peso inicial (g).

Los pesos iniciales fueron tomados en gramos, en el primer día de edad utilizando una balanza, tomando el peso de la repetición completa y posteriormente sacando el peso promedio.

2. Ganancia de Peso (g).

La ganancia de peso se lo calculó en gramos al final de cada semana, mediante diferencia entre el peso inicial (PI) y el peso final (PF) y se comparó con los últimos pesos. Mediante diferencia se obtuvo la ganancia de peso con la siguiente fórmula:

$$GP= GPF-GPI.$$

Donde:

GP= Ganancia de peso.

GPF= Ganancia de peso final.

GPI= Ganancia de peso inicial.

3. Consumo de alimento (g).

Se lo calculó en gramos, cada semana, por diferencia del alimento suministrado menos el desperdicio, antes de realizar el siguiente suministro de la nueva semana.

4. Conversión alimenticia.

Se lo calculó mediante la división del alimento suministrado para el peso obtenido del ave en donde nos permitió obtener cuanto alimento necesito para ganar un kg de peso.

5. Mortalidad (%).

Se realizó la toma de estos datos a diario, con relación al 100% del número total de los animales.

6. Peso final (g).

Los pesos finales se tomaron una vez terminada la investigación, en gramos por medio de una balanza, pesando la repetición completa, obteniendo así el promedio de peso del ave.

7. Grado de pigmentación de la carne.

La pigmentación se evaluó con la utilización de un colorímetro Minolta, en dos ocasiones: a las 24 y 48 horas después del sacrificio; en la piel y en el músculo, tanto de la pechuga como del muslo.

Se tomó datos por triplicado, en tres diferentes zonas de la piel, pechuga y muslo, tomando en consideración la tendencia al amarillo.

8. Rendimiento a la canal (%).

Una vez finalizada la investigación, después del sacrificio del animal se realizó una división, entre el peso del animal faenado (sin vísceras patas y sangre) para el peso del animal vivo, cuyo resultado es en porcentaje.

9. Relación beneficio/costo.

Se determinó entre los tratamientos el más rentable, de acuerdo a los resultados obtenidos. Considerando el precio de las aves, alimento, vitaminas, minerales y cúrcuma.

10. Costo por kg de ganancia de peso (\$).

Se determinó mediante los resultados, el costo para producir un kilogramo de carne y poder definir el tratamiento más rentable.

11. Análisis sensorial triangular.

Después del sacrificio los pollos fueron refrigerados a (4 °C) y posteriormente se congelaron las canales hasta el análisis proximal a (- 13 °C).

Para el análisis sensorial se utilizaron 15 pechugas (5 por tratamiento), las cuales fueron refrigeradas por dos días para luego descongelarlas.

La carne se coció por 15 minutos a 121 °C, posteriormente se deshebró y se colocaron 100 g aproximadamente en recipientes cerrados, los recipientes fueron identificados con un código de tres números obteniendo aleatoriamente por el evaluador.

Se utilizó un panel de 50 consumidores no entrenados para la evaluación de la carne, los panelistas valoraron en las muestras cárnicas, sabor, textura, olor, color y aceptación global mediante una escala hedónica categórica de 9 puntos, donde (9 el máximo valor de aceptación y 0 el máximo valor de desagrado).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Una vez realizado el análisis estadístico de los datos obtenidos en el periodo experimental, se puede decir que se obtuvieron los siguientes resultados:

A. ETAPA DE INICIACIÓN DESDE LOS 0 HASTA LOS 21 DÍAS DE VIDA.

1. Peso inicial.

El peso inicial de los pollos se muestra en el (cuadro 9), teniendo una media en el peso para el tratamiento 0, 1, y 2 de 42,30, 41,94 y 42,16 g respectivamente, no se encontraron diferencias significativas, lo que demuestra la homogeneidad de los pesos al momento del experimento.

2. Ganancia de peso.

Una vez analizada la variable ganancia de peso en la etapa de iniciación no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, registrándose promedios de 573,10 g para T2, 583,79 g para T1 y 599,26 g para T0, esto se debe a que en la etapa de iniciación no se estudió ningún efecto y los tratamientos estuvieron sometidos a una misma dieta.

3. Consumo de alimento.

El consumo de alimento registrado en la etapa de iniciación se, reportó promedios de 1366,1 g para el tratamiento T0 y 1361,3 g para el tratamiento T1, mientras que para el tratamiento T2 se reportó un promedio de 1359,2 g sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos.

4. Conversión alimenticia.

La conversión alimenticia hasta los 21 días, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, con medias de 1,65 para los tratamientos T2 y T1 mientras para el tratamiento T0: 1,66; esto nos da a entender que una dieta basada en sorgo y suministrada de una forma homogénea a los tratamientos no tiene ningún efecto en dicha variable.

Cuadro 9. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE ENGORDA EN LA ETAPA DE INICIACIÓN (0-21) DÍAS ALIMENTADOS CON LA MISMA DIETA A BASE DE SORGO.

Variables	Dieta de iniciación			E.E.M.	P	Sig.
	T0	T1	T2			
Peso inicial (g)	42,33 a	41,94 a	42,16 a	0,0002	<0,0001	NS
Ganancia de peso (g)	573,10 a	583,79 a	599,26 a	0,0025	<0,0001	NS
Consumo de alimento (g)	1366,1 a	1361,3 a	1359,2 a	0,0095	<0,0001	NS
Conversión Alimenticia	1,66 a	1,65 a	1,65 a	0,0164	<0,0001	NS
Mortalidad (%)	5	6	6			
Peso Final (g)	565,38 a	583,79 a	598,46 a	0,0092	<0,0001	NS

E.E.M= Error Estándar de la Media.

P >0,05: no existen diferencias estadísticas.

P <0,05: existen diferencias estadísticas.

P < 0,01: existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

5. Mortalidad.

La mortalidad hasta los 21 días de edad, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo se reportaron valores altos de mortalidad entre 5 y 6 %, debido a diferentes problemas, que se obtuvieron al inicio de la experimentación, dicho porcentaje se encuentra en los parámetros normales de una producción avícola, donde recomiendan un 6% de mortalidad en las primeras semanas de vida de los pollos.

6. Peso final.

Una vez analizada la variable peso final, en la etapa de iniciación no se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos. Una vez culminada la tercera semana de experimentación se obtuvieron las siguientes medias en el peso final, 565,38 g para T0, 583,79 g para T1 y 598,46 g para T2, estos resultados nos ayuda a demostrar la homogeneidad del experimento para el análisis posterior con la implementación de cúrcuma para su efecto en la pigmentación y parámetros productivos.

B. ETAPA DE FINALIZACIÓN DESDE LOS 21 HASTA LOS 42 DÍAS DE EDAD.

1. Peso inicial

Una vez analizada la variable del peso inicial encontramos que no existen diferencias significativas, como se puede observar en el (cuadro 10). obteniendo pesos promedios como 568,38 g para T0: 583,79 g para T1 y 598,46 g para T2, lo que demuestra la homogeneidad del experimento al inicio de la aplicación de la cúrcuma a partir del día 21, donde se dio el inicio del experimento en dichas variables.

Cuadro 10. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN POLLOS DE ENGORDA EN LA ETAPA DE FINALIZACIÓN (22-42) DIAS, AL EVALUAR DIFERENTES NIVELES DE CÚRCUMA, COMO PIGMENTANTE NATURAL EN DIETAS A BASE DE SORGO.

Variables	Niveles de cúrcuma			E.E.	P.	Sig.
	T0	T1	T2			
Peso inicial, g	565,38 a	583,79 a	598,46 a	0,0092	<0,0001	NS
Consumo de alimento, g	3962,6 a	3968,6 a	3903,3 a	0,0092	<0,0001	NS
Ganancia de peso, g	1136,69 b	1385,64 a	1454,54 a	0,1627	<0,0001	*
Peso final, g	1702,07 b	1969,43 a	2053,00 a	0,0167	<0,0001	*
Conversión Alimenticia	2,72 a	2,28 b	2,11 b	0,0813	<0,0001	*
Rendimiento a la canal, %	70,44 b	70,89 b	75,19 a	1,1663	<0,0001	*
Mortalidad, %	0%	0%	0,71%			

E.E.: Error Estándar. P= probabilidad

P: >0,05: no existen diferencias estadísticas.

P: <0,05: existen diferencias estadísticas.

P: < 0,01: existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente.

2. Consumo de alimento.

Al evaluar el consumo de alimento no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, obteniendo medias de 3962,6 g para T0: 3968,6 g para T1 y 3903,3 para T2, la comparación entre los diferentes tratamientos se puede observar en el (gráfico 4). Sin embargo en el manual de manejo de la línea Ross 308 Aviagen, (2014); el consumo de alimento hasta los 42 días de vida es de 4739 g.

Los datos obtenidos por Díaz, J. (2008), al evaluar diferentes niveles de energía metabolizable para la pigmentación de pollos de engorda adicionando 80 ppm de xantofilas de flor de cempasúchil, en el cual reportó como consumo de alimento 4203,00 g, siendo estos valores mayores a los reportados en la presente experimentación, debido principalmente al tipo de alimentación relacionado con el clima, que es uno de los factores que probablemente incidió en el consumo de alimento, ya que al tener temperaturas altas las aves tienden a dejar de consumir alimento para ajustar la producción de calor metabólico.

En algo que coinciden todos estos estudios, es que en ninguno se reportó diferencias en el consumo de alimento entre tratamientos, al no encontrar una diferencia significativa probablemente se puede atribuir a que la cúrcuma no influye en el consumo, siendo un factor positivo, ya que los porcentajes utilizados de cúrcuma no altera la palatabilidad del alimento, como podría ocurrir con otras materias primas, apoyando lo que nos señala (FAO.1987), siendo la cúrcuma apta para utilizarse tanto en la producción animal como en la agroindustria.

3. Ganancia de peso.

Al analizar la variable de ganancia de peso por el efecto de diferentes niveles de cúrcuma en la alimentación de pollos de engorda, se obtuvieron diferencias significativas, entre tratamientos, en donde encontramos que T2 y T1 son los que presentaron la mejor ganancia de peso con 1454,54 g y 1385,64 g respectivamente, a diferencia de T0 que presentó una ganancia de peso de 1136,69 g,

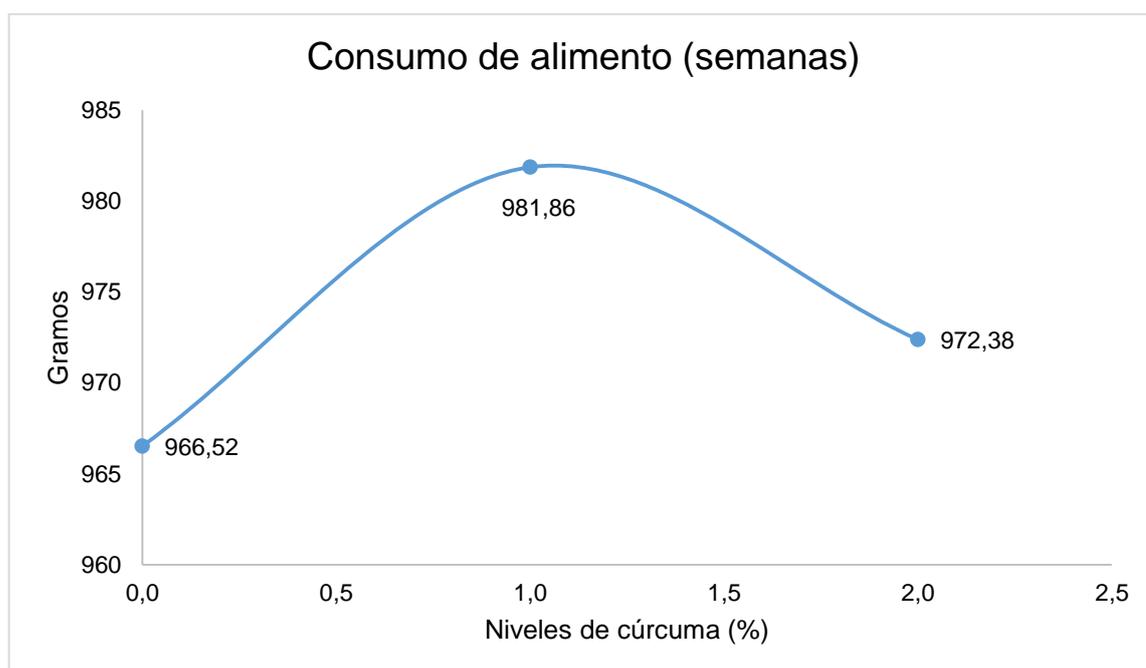


Gráfico 4. Consumo de alimento (g), por efecto de diferentes niveles de Cúrcuma como pigmentante natural en la alimentación de pollos.

Según el manual de manejo de la línea Ross 308 Aviagen, (2014); la ganancia de peso es de 1805,0 g siendo este valor mayor al reportado en la presente experimentación, debido seguramente al tipo de alimentación que estas tuvieron a base de maíz, ya en la presente investigación se utilizó una dieta a base de sorgo y soya.

Otros datos indicaron que al evaluar el efecto de cúrcuma sobre los resultados globales de pollos de engorde, se encontró que la mejor ganancia de peso se obtuvo con el tratamiento en donde se suministró 0,5 % de cúrcuma con una ganancia de peso de 1344,5 g y la ganancia más baja se reportó con el tratamiento testigo con un valor de 1224,9 g seguidos por los tratamientos de 0,25 y 1 % con valores de 1287,4 y 1265,1 g respectivamente, teniendo en cuenta que se desarrolló en un medio ambiente controlado, mientras que en la presente investigación, la temperatura fue de difícil control donde se observó que el ave pudo haber sufrido un estrés calórico, a pesar de esto los tratamientos que tienen diferentes niveles de cúrcuma presentaron diferencias significativas en esta variable, en relación con el tratamiento testigo, teniendo así un efecto positivo de la cúrcuma en dicha variable.

4. Factor de conversión.

Para la variable de conversión alimenticia se determinó que existe una diferencia significativa ($P \leq 0,05$), en donde los tratamientos T2 y T1 son los que mejor conversión alimenticia presentaron ya que para producir 1 Kg de carne requieren de 2,12 y 2,28 respectivamente, a diferencia de T0 que registró un valor de 2,72.

Siendo estos datos superiores a los reportados por Yaully, R. (2008), al evaluar tres niveles de cúrcuma, donde la mejor conversión es al 2 % que reporta un valor de 2,07 mientras que al 0 y 1 % obtuvo valores de 2,08 y 2,14 respectivamente, estos datos son menores a los obtenidos a los de la presente investigación ya que se utilizó una dieta a base de sorgo y soya, mientras que en dicha investigación se utilizó un alimento comercial a base de maíz, dichos alimentos comerciales probablemente poseen promotores de crecimiento, antibióticos, etc., a pesar de eso se obtuvo una diferencia significativa con los niveles de cúrcuma lo que podría indicar que se pudo tener un efecto positivo en el tracto digestivo sobre todo en las cuencas de las micro vellosidades presentes en el duodeno y así generar una mejor absorción de los nutrientes y tener un efecto en la conversión alimenticia ya que posee en su estructura química polifenoles y flavonoides.

Peña, M. (2004), al evaluar tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil, obtuvo para tres tratamientos (60, 70 y 80 ppm de xantófilas) una conversión de 1,76; en cambio AL-Sultan, S. (2003), al evaluar el efecto de cúrcuma, utilizando niveles de (0; 0,25; 0,5; y 1 %) encontró diferencias significativas entre tratamientos obteniendo el mejor resultado con el tratamiento de 0,5 % con un valor de 2,08 y la peor conversión con el tratamiento testigo con un valor de 2,47. Estos datos son menores a los de la presente investigación. La diferencia de resultados encontradas en las dos investigaciones se puede deber al comportamiento a nivel productivo, la flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) en su composición no posee estructuras que puedan favorecer a la flora microbiana del intestino, como el caso de la cúrcuma que posee diferente composición química con polifenoles y flavonoides.

5. Mortalidad.

La mortalidad hasta los 42 días de edad, no se reportaron muertes en este tiempo de experimentación debido a las condiciones medio ambientales y de manejo que fueron las óptimas para el desarrollo normal de las aves.

6. Peso final.

Una vez analizada la variable peso final se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, registrando los mejores pesos para los tratamientos T2 y T1 con un valor de 2053,30 g y 1969,43 g respectivamente, a diferencia del tratamiento T0 que registró un peso de 1702,07 g, este resultado se puede deber al efecto de la cúrcuma en las funciones metabólicas del ave, mientras que según el manual de manejo de la línea Ross 308 Aviagen, (2014), el peso de las aves a los 42 días de vida es de 2809 g, siendo este valor mayor al reportado en la presente experimentación, debido seguramente al tipo de alimentación suministrado.

C. EVALUACIÓN DESPUÉS DEL SACRIFICIO.

1. Pigmentación 24 horas.

Al analizar el tejido de la piel se encontró que no existe diferencia significativa ($P \geq 0,05$) entre los tratamientos en donde se registra una mayor tendencia al amarillo en T2 y una menor tendencia en T0 con 7,70 y 4,96 respectivamente. En el músculo de la pechuga se encontró diferencias significativas ($P \leq 0,05$), en los tratamientos T2 y T1 son los que mayor tendencia tienen al amarillo con 3,857 y 3,450 respectivamente a diferencia de T0, el cual presenta menor tendencia al amarillo y posee un valor de 1,462.

En el músculo del muslo se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$), en donde el tratamiento que más tiende al amarillo es T2 con 2,35; seguido de T1 con un valor de tendencia al amarillo de 0,24 y en T0 que registra una tendencia al amarillo de -1,21, el efecto de la cúrcuma en diferentes niveles

como pigmentante natural en dietas a base de sorgo en la alimentación de pollos de engorda, después de 24 horas refrigerado, se puede observar en el (cuadro 11).

Cuadro 11. EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CÚRCUMA, COMO PIGMENTANTE NATURAL EN DIETAS A BASE DE SORGO EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA, 24 HORAS REFRIGERADA DESPUÉS DEL SACRIFICIO.

Pigmentación	T0	T1	T2	E.E	Prob.	Sig.
Piel	4,96 a	6,02 a	7,70 a	10,632	0,0005	Ns
Pechuga	1,46 b	3,45 a	3,857a	0,5615	<0,0001	*
Muslo	-1,21 c	0,24 b	2,35 a	0,4071	<0,0001	*

E.E.: Error Estándar.

Prob. >0,05: no existen diferencias estadísticas.

Prob. <0,05: existen diferencias estadísticas.

Prob. < 0,01: existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

2. Pigmentación 48 horas.

Al analizar el tejido de la piel se encontró que existen una diferencia altamente significativa ($P \leq 0.01$), entre T2 y T0 donde muestra una mayor tendencia al amarillo con un valor de 8,28 y T0 presenta con un valor de 4,76; T1 no presenta diferencias significativas con T2, donde T1 presenta un valor de 5,91 en tendencia al amarillo. En el músculo de la pechuga se encontró una diferencia significativa ($P \leq 0.05$), en donde, T2 muestra una mayor tendencia al amarillo con un valor de 6,39 y T0 es el que menor tendencia al amarillo presenta con un valor de 4,08; T1 no presenta diferencias significativas con T2 y T1, presentando una tendencia al amarillo con un valor de 5,50; mientras que en el músculo del muslo se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$), donde los tratamientos que mayor tendencia al amarillo presentan son T2 y T1, con valores de 3,50 y 3,31 respectivamente y el valor que menor tendencia al amarillo presenta es T0 con un valor de 0,55.

Datos reportados por Peña, M. (2004), al evaluar tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil, sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorda, reportó que una pigmentación al utilizar 80 ppm de xantofilas de flor de cempasúchil, tendiendo al amarillamiento de la carne y piel de los pollos, con un valor de 44,76 unidades, estos datos son mayores a los de la presente investigación, debido a la utilización de sorgo, el cual no posee pigmentos naturales, así como también a que la pigmentación de la flor de cempasúchil posee una mayor cantidad de xantofilas puras como manifiesta Guevara, C. (2009), las xantofilas de *Tagetes erecta* son obtenidas por un proceso que dan como rendimiento de 70,00 a 120,00 ppm de xantofilas.

Al analizar el efecto de la cúrcuma en diferentes niveles como pigmentante natural en dietas a base de sorgo en la alimentación de pollos de engorda, después de 48 horas refrigerado, se registró los siguientes resultados que se muestran en el (cuadro 12).

Cuadro 12. EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CÚRCUMA, COMO PIGMENTANTE NATURAL EN DIETAS A BASE DE SORGO EN LA ALIMENTACIÓN DE POLLOS DE ENGORDA, 48 HORAS REFRIGERADA DESPUÉS DEL SACRIFICIO.

PIGMENTACIÓN	TO	T1	T2	E.E	Prob.	SIG.
PIEL	4.76 b	5.91 ab	8.28 a	0.8501	<0.0001	*
PECHUGA	4.08 b	5.50 ab	6.39 a	0.5125	<0.0001	*
MUSLO	0.55 b	3.31 a	3.50 a	1.3186	<0.05	*

E.E.: Error Estándar.

Prob. >0,05: no existen diferencias estadísticas.

Prob. <0,05: existen diferencias estadísticas.

Prob. < 0,01: existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba de Duncan.

Otros datos reportados por Yaully, R. (2008), al evaluar tres niveles de cúrcuma para la pigmentación de la carne de pollos, indica que la mayor pigmentación la

encontró al utilizar un 2 % de cúrcuma en la alimentación de los pollos con un valor de amarillamiento de 11,92 unidades y el tratamiento al 1 y 3 % no tienen diferencias significativas con valores de 11,4 y 11,30 unidades respectivamente, así mismo manifiesta que al llegar a 2 % de cúrcuma la pigmentación disminuye, siendo innecesario aumentar el porcentaje de pigmento, esto puede deberse a que según la EBSCO (2003), indica que en dosis altas la cúrcuma estimula la vesícula biliar y también existen indicios que los extractos de cúrcuma, pueden dañar la vesícula biliar cuando es consumido por periodos prolongados, la FAO. (1987), señala también que el colorante de la cúrcuma se absorbe relativamente poco en el intestino y aquel que es absorbido se elimina rápidamente por vía biliar, por lo que el exceso de pigmento no llega a quedarse en el tejido del ave.

3. Rendimiento a la canal.

En la variable rendimiento a la canal se obtuvieron diferencias significativas de ($P \leq 0.05$), en donde el mejor rendimiento es T2 con 75,19 % a diferencia de los tratamientos T1 y T0 en donde se registraron rendimientos de 70,88 y 70,44 % respectivamente, como se puede observar en el (gráfico 5).

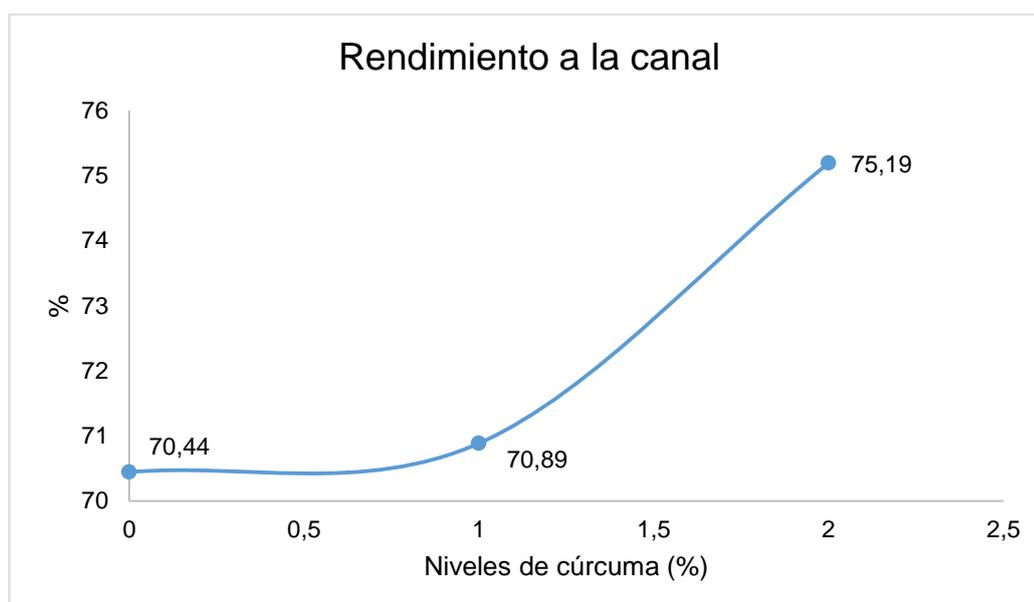


Gráfico 5. Rendimiento a la Canal (%), por efecto de diferentes niveles de cúrcuma como pigmentante natural en la alimentación de pollos.

Miazzo, D. (2006), reportó en su trabajo, calidad de la canal de pollos parrilleros que recibieron levadura de cerveza en sustitución del núcleo mineral, no encontró diferencias significativas, obteniendo el mejor rendimiento con la dieta de 0,3 % de levadura con un valor de 73,40 % y el rendimiento más bajo con la dieta 2, solo con la mitad del núcleo sin levadura con un valor de 70.45%, dichos valores son menores a los de la presente investigación, esto se puede deber a que se utilizó el núcleo vitamínico mineral en su totalidad y también podría incidir en los resultados la cantidad de grasa depositada en los músculos, ya que en su investigación reporta diferencias significativas en la cantidad de grasa en los músculos de la pechuga y muslos, al utilizar la levadura de cerveza como sustituto del núcleo vitamínico mineral.

Datos reportados por Ortiz, F. (2010), al utilizar diferentes niveles de inclusión de harina de hoja morena (*Morus alba*), en la alimentación de pollos de engorda no existe diferencias significativas en el rendimiento a la canal obteniendo el mejor resultado con el tratamiento testigo con un rendimiento de 76,43 % y el rendimiento más bajo con el tratamiento donde agregó un 12 % de harina morena con un rendimiento de 69,19 %. Estos datos son mayores a los de la presente investigación donde obtuvo el mejor rendimiento con el tratamiento testigo mientras que con los tratamientos obtuvo datos menores, esto puede estar influenciado por el modo de sacrificio del animal, teniendo en cuenta también lo dicho por Galindo, L. (2006), el cual expresa que se debe respetar un periodo de 8-12 horas que el animal no debe tener acceso al alimento, ya que podría contaminar la canal, mientras que periodos largos sin alimento hace que el animal pierda mucosa intestinal y esto ocasionará un menor rendimiento a la canal.

4. Relación beneficio costo.

Los resultados de la relación beneficio costo se puede observar en el (cuadro 13). T2: 1,72; lo que nos dice que por cada dólar gastado se obtuvieron 0,72 dólares de beneficio. De la misma forma se obtuvieron rendimientos de 1,44 para T1 Y 1,03 para T0. Estos datos son similares a los reportados por investigaciones similares Andrade, V. (2012), en el cual reportó una relación beneficio costo entre 1,36 y 1,55 de acuerdo a los tratamientos realizados en esa investigación.

Cuadro 13. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS POLLOS ROSS, DE ACUERDO A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Parámetros	Unidad	Cantidad	Costo/u	Tratamientos		
				T0	T1	T2
Pollos	Aves	450	0,5	75	75	75
Cúrcuma	Kg	15	8	0	40	80
Balanceado	Kg	1671,92	0,65	363,68	364,13	358,94
Cal	Sacos	1	5	1,67	1,67	1,67
Egresos				440,35	480,80	515,60
Venta de pollos	Kg	424	3,5	587,54	684,10	756,43
Utilidad				147,20	203,30	240,83
BC				1,03	1,44	1,72

5. Costo/kg de ganancia de peso.

Los resultados de la variable costo/kg de ganancia de peso se puede observar en el (cuadro 14). Donde se obtuvo el costo más alto 0,84 con el T2, seguidos por el T1 0,74; y 0,62 con el tratamiento testigo. Siendo estos valores altos al utilizar la cúrcuma por lo tanto se debe añadir este suplemento en la etapa de finalización de las aves.

Cuadro 14. ANÁLISIS DEL COSTO/KG DE GANANCIA DE PESO EN POLLOS ROSS, DE ACUERDO A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Parámetros	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Kg	238,29	275,72	287,42

Venta	147,20	203,30	240,83
Costo/kg	0,62	0,74	0,84

6. Análisis sensorial triangular.

Se analizó el efecto de diferentes niveles de cúrcuma, en el sabor de la carne de pollo, suministrado en la última etapa de crecimiento de pollos de engorde, en diferentes variables, se puede observar en el (cuadro 15), no se encontró diferencias significativas entre todas las medias ($P \geq 0.05$), en la variable de apariencia general se encontró una media de 7,42 para el T2 de 2 % de cúrcuma mientras que para el T0 sin cúrcuma reportó una media de 6,88, para la variable de sabor reportó para el T1 una media de 7,05 con 1 % de cúrcuma mientras que para T0 sin cúrcuma se obtuvo una media de 6,38; y para la variable textura en T1 se reportó una media de 7,22 con 1 % de cúrcuma mientras que para T0 sin adición de cúrcuma reportó una media de 6,88;

Temprado, M (2006), atribuye en un artículo de calidad de la carne de pollo, a la genética, debido a la multitud de factores que pueden afectar a la calidad, la fuerte selección genética, en pos de conseguir crías más eficientes y mayores rendimientos, siendo el principal causa del actual estatus de calidad de carne en el broiler.

Así, los pollos de carne “modernos” son más tiernos, por su menor edad que implica menos cantidad y madurez del colágeno, de carne más clara, por su menor contenido en pigmentos, y más jugosos, pues tienen un mayor contenido de humedad, al ser muy jóvenes, y de grasa, por causas genéticas y alimenticias, también le atribuye el problema a las carnes avícolas, al igual que en porcino, se debe fundamentalmente a un estrés agudo en el momento pre sacrificio que conlleva un aumento en la secreción de adrenalina y una mayor velocidad de glucólisis.

Datos reportados por Beorlegui, C. (2005), cuando realizó un análisis sensorial en la calidad de huevos y carne de aves, enriquecido de ácidos grasos y omega 3, y

ácido linoléico conjugado reportó diferencias significativas en la variable de aroma con valores de 0,4 para el tratamiento testigo y de 1 para el tratamiento que llevaba el 3 % de aceite de pescado, siendo un resultado negativo, ya que no fue del agrado del consumidor por su aroma a pescado, datos similares reportó para

VARIABLES	T0	T1	T2	E.E	PROB.	SIG.
Apariencia general	6,8854 a	6,9813 a	7,4283 a	0.2593	<0.0001	NS
Olor	6,6625 a	6,7062 a	6,7882 a	0.3137	<0.0001	NS
Color	6,9937 a	6,9104 a	7,0608 a	0.2679	<0.0001	NS
Sabor	6,3895 a	7,0520 a	6,8282 a	0.2866	<0.0001	NS
Textura	6,8833 a	7,2250 a	6,8978 a	0.2598	<0.0001	NS

la variable sabor donde el tratamiento que lleva 3% de aceite de pescado reportó un valor de

Cuadro 15. EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE CÚRCUMA EN EL SABOR DE LA CARNE DE POLLO, SUMINISTRADA EN LA ALIMENTACIÓN DE LA ÚLTIMA ETAPA DE CRECIMIENTO DE POLLOS DE ENGORDE.

E.E.: Error Estándar.

Prob. >0,05: no existen diferencias estadísticas.

Prob. <0,05: existen diferencias estadísticas.

Prob. < 0,01: existen diferencias altamente significativas.

Medias con letras iguales en una misma fila no difieren estadísticamente de acuerdo a una prueba estadística multivariada.

1,2; esto no fue del agrado del consumidor por el sabor a pescado que brindaba el elemento de estudio, una explicación de este efecto podría estar en una mayor susceptibilidad a la oxidación de la grasa de los productos enriquecidos.

Por otro lado Piñon, R. (2012), obtuvo en un estudio realizado con la inclusión de aceite esencial de orégano en agua de bebida en la etapa de finalización de pollos, al realizar un análisis sensorial en la calidad de la carne de pollo, reportó que no obtuvo diferencias significativas ($P \geq 0.05$), en las variables estudiadas que fueron: textura, olor, sabor y aceptación general, cuyos datos concuerdan con el

trabajo realizado donde no se encontró diferencias significativas entre dichas variables, estos resultados puede deberse a los bajos niveles de cúrcuma utilizados en la alimentación en la etapa de finalización de los pollos, Según la EBSCO (2003), la cúrcuma está en la lista GRAS (siglas en inglés, reconocida generalmente como segura) de la FDA y también se cree que la curcumina es bastante segura, debiendo indicar que no son comunes los reportes de efectos secundarios, pero que están limitados generalmente a un malestar estomacal moderado.

V. CONCLUSIONES.

- La mejor pigmentación tanto en piel y carne de pollos se obtuvo con T2, donde se añadió 2 % de cúrcuma a la alimentación de pollos broiler, y se obtuvieron los mejores resultados tanto a las 24 y 48 horas de refrigeración una vez sacrificado el animal, a las 48 horas de refrigerado se obtuvo valores para piel de 8,28 unidades y para pechuga y muslo valores de 6,34 y 3,50 unidades respectivamente.
- Los mejores resultados se obtuvieron con T2, donde se suministró el 2 % de cúrcuma en la alimentación, ya que en los parámetros productivos se obtuvieron los mejores resultados en ganancia de peso con un valor promedio final de 1454,54 g, una conversión alimenticia de 2,11 y con un rendimiento a la canal de 75,19 %. Sin obtener diferencias significativas en el consumo de alimento, lo que demuestra el efecto de la Cúrcuma en dichas variables.

Una vez realizado el análisis sensorial se determinó que la utilización de cúrcuma en diferentes niveles en la alimentación en la etapa de finalización de pollos broiler, no influye en la calidad de la carne en sus principales variables comerciales como apariencia general, olor, color, sabor y textura.

- Se pudo determinar que T2 es el más rentable, a pesar de que en la variable costo/ kg de ganancia de peso se obtuvo el costo más alto con un valor de 0,84 ctv./Kg, esto se ve justificado en el beneficio/costo, ya que por cada dólar invertido se generó una ganancia de 0,72 ctv.

VI. RECOMENDACIONES.

- Para futuras investigaciones se debería tomar datos de pigmentación in vivo; y una vez sacrificado el animal para realizar comparaciones.
- Suministrar la cúrcuma desde el primer día de edad para un estudio de productividad en diferentes líneas comerciales, ya que en la investigación se obtuvieron buenos resultados suministrando cúrcuma a partir del día 21.
- Realizar investigaciones con cantidades menores o similares de cúrcuma, en nuestro país, tomando en cuenta que la dieta se basa con maíz, para determinar el grado de pigmentación y realizar una comparación con la presente investigación.
- Replicar la investigación en gallinas ponedoras para determinar su influencia en la pigmentación en la yema de huevo.
- Tomar en cuenta que la presente investigación brinda una alternativa para el reemplazo del maíz, con el sorgo u otras materias primas de características energéticas que son de alta competencia con la alimentación humana, importante para la implementación de fórmulas que aporten la misma calidad y cantidad de nutrientes sin dejar de lado la pigmentación.

VII. LITERATURA CITADA.

1. AL-SULTAN, S. (2003). The Effect of Curcuma longa (Turmeric) on Overall Performance. Poultry Science.
2. ANDRADE. V. (2012). Evaluación de tres niveles de enzima allzyme – SSF (Solid State fermentation) en dietas para pollos Cobb 500 y Ross 308. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. ESPOCH. Riobamba, Ecuador.pp, 48-50.
3. AVIAGEN. (2014). Broiler 308. Objetivos de Rendimiento. Recuperado de: <http://www.aviagen.com>.
4. BARRERO, M., Y CARREÑO, R. (1999). Evaluación de los pigmentos de Cúrcuma cultivada en Venezuela. Agronomía tropical, pp, 491-504.
5. BELTRÁN, B., ESTÉVEZ, R., CUADRADO, C., JIMÉNEZ, S., Y OLMEDILLA ALONSO, B. (2012). Nutrición Hospitalaria. pp, 1334-1343.
6. Beorlegui, C. (2005). CALIDAD SENSORIAL DE HUEVOS Y CARNE DE AVES ENRIQUECIDOS EN ACIDOS GRASOS OMEGA-3 Y ÁCIDO LINOLEICO CONJUGADO. COREN SCL.
7. BOTÁNICA ONLINE. (2013). Obtenido de <http://www.botanical-online.com/sorgo.htm>
8. CABIESES, F. (1993). Apuntes de medicina Tradicional. Consejo Nacional de Ciencias y tecnología. Lima, Perú. pp, 277 – 284.
9. CARRANCO, M., CALVO, C., ARELLANO, L., PÉREZ-GIL, F., ÁVILA, E., Y FUENTE, B. (2003). Inclusión de la harina de cabezas de camarón penaeus sp. En raciones para gallinas ponedoras. Efecto sobre la concentración de pigmento rojo de yema y calidad de huevo. Interciencia. Caracas, Venezuela.
10. CEPERO, R, (2002). Producción de carne de pollo. Ed. Real Escuela de Avicultura. pp, 445-497.

11. CISNEROS, F. (2012). Sitio avícola. Obtenido de <http://www.elsitioavicola.com/articles/2398/desarrollos-tecnologicos-en-la-pigmentacion-de-huevo-y-pollo/>
12. CUEVAS, B., DÍAZ, G., MOLINA, A., Y RETANAL, C. (2003). Pigmentos utilizados en raciones de gallinas ponedoras. Recuperado en julio de 2013, de Biblioteca Virtual Universal: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/8911.pdf>
13. DÍAZ, J. (2008). Evaluación de la pigmentación cutánea del pollo de engorda alimentado con diferentes niveles de energía metabolizable. Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Producción Avícola de la FMVZ-UNAM.
14. DRANSFIELD, E. Y SOSNICKI, A.A. (1999). Relationship between muscle growth and poultry meat quality. *Poultry Sci.* 78: 743-746.
15. EBSCO. (2003) Hierbas y suplementos: Cúrcuma Longa, consultado el 11 de Junio de 2007, disponible en: <http://healthlibrary.epnet.com/GetContent.aspx?token=c5987b1e-add7403a-b817-b3efe6109265&chunkiid=125156>.
16. FAO. (1987). Curcumin and turmeric oleoresin, en *Toxicological Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants*, Expert Committee on Food Additives. Roma, Italia. p 21.
17. FAO. (2015). Obtenido de <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/es/lead/toolbox/Indust/IndPProd.htm>
18. FERNÁNDEZ, R. (2015). Pigmentación en pollo de engorde. Obtenido de <http://www.elsitioavicola.com/articles/2658/pigmentacion-en-pollo-de-engorde/>
19. GALINDO, L. (2006). Problemas del pollo de engorde antes y después del beneficio (pollo en canal). Primera parte. Engormix.

20. GUEVARA, C. (2009). Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de. Tec Pecu Mexico.
21. GUZMÁN, A. (2013). La eficiencia de los aditivos y premezclas en avicultura. Avicultura Ecuatoriana, pp, 24 - 25.
22. INEGI. (2014). Clima. Consultado en Enero 2016. Recuperado de: www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chih/territorio/clima.aspx?tema=me&e=08.
23. LEÓN, J. (1987). Botánica de cultivos tropicales IICA San José, Costa Rica. pp, 102 –103.
24. LÓPEZ, E. (2005). Aspectos Básicos sobre Pigmentación en piel de pollo, PROPIEDADES PIGMENTANTES DE LOS CAROTENOIDES.
25. MARTÍNEZ, A. (2010). Evaluación del crecimiento celular y de los pigmentos obtenidos de la micro alga *Haematococcus pluvialis* (CHLOROPHYTA: VOLVOCALES) cultivada en diferentes medios. México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de investigación en ciencia aplicada.
26. MASCARREL, J., Y CARNÉ, S. (2011). Pigmentos naturales: Combinación de xantofilas amarillas y rojas para optimizar su utilización en broilers. Recuperado en enero de 2013, de SALMOSAN: <http://www2.avicultura.com/sa/012-017-Alimentacion-Pigmentantes-naturales-Mascarell-Carne-ITPSA-SA201112.pdf>
27. MCDONALD, P., EDWARDS, R., GREENHALGH, J., (1988). Animal Nutricion, Ed 4. Longman scientific technical. New York – USA.
28. MIAZZO, D. (2006). Calidad de la canal de pollos parrilleros que recibieron levadura de cerveza (s. *Cerevisiae*) en sustitución del núcleo vitamínico mineral. REDVET.
29. MONTILLA, J. (1985). Pigmentantes en raciones para aves. Selecciones avícolas. pp 281, 287.

30. ORTIZ, F. (2010). Evaluación de la harina de hoja de morera (*Morus alba*) en la alimentación de pollos de engorda. *Zootecnia Tropical*.
31. PARDO, N. (2007). Aditivos alimentarios. *Manual de Nutrición Animal*, Bogotá, Colombia. pp, 679.
32. PEÑA, M. (2004). Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasuchli (*tagetes erecta*) sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorda. *Tec Pecu México*.
33. PIÑEIRO, E., Y ZUDAIRE, M. (2009). Los carotenoides de los alimentos. Recuperado el 17 de junio de 2013, de EROSKI CONSUMER: <http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/tendencias/2009/03/17/184064.php>
34. PIÑON, R. (2012). Inclusión de aceite esencial de orégano en agua de bebida en la etapa de finalización de pollos y su efecto en la microbiología intestinal.
35. RICHARD, J. (1999). Extracellular Modifications to Muscle Collagen: Implications for Meat Quality. *Poultry Sci.* 78: 785-791.
36. RIVERA, W. (2012). Uso de pigmentos en producción avícola. Recuperado en noviembre de 2012, de www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/USO%20DE%20PIGMENTOS%20EN%20PRODUCCION%20AVICOLA.pdf
37. Rodríguez, A., Zamora, M., Reyes, H., Villarreal. Á., Rodríguez R., y Aguilar, C. (2012). Interacción genotipo-ambiente de 135 líneas endogámicas recombinantes de sorgo para producción de biocombustibles. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 21-34.
38. RUIZ, B. (2012). Proyecciones de un crecimiento de hasta un 5 por ciento en la avicultura. *Industria Avícola*, Edición octubre, pág. 8. Recuperado el 20 de enero de 2013, de <http://www.industriaavicola-digital.com/201210/Default/5/0#&pageSet=5&contentItem=0>.

39. SANTOS, C. (1994). Incidence of different pork quality categories in a Portuguese slaughter house: A survey. *Meat Sci.* 38: 279-287.
40. SHIMADA, A. (2010). Pigmentantes. *Nutrición animal, Segunda Edición*, México. p 227 - 228.
41. TEMPRADO, M. (2006). Calidad de la carne de pollo. Nutreco R&D. Food Research Centre. Toledo.
42. 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. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Pecuarias. ESPOCH. Riobamba – Ecuador.
43. YAULY, R. (2008). Evaluación de la adición de cuatro niveles de cúrcuma en la ración para la pigmentación de la carne de pollo.
44. WARRIS, D. (1990). The handling of cattle pre slaughter and its effects on carcass and meat quality. *Applied Animal Behavior Science.* pp, 171 – 186.