

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS PECUARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ZOOTECNISTA



TESIS

EFFECTOS DE LA FLOR DE MARIGOLD (*Tagetes erecta*) Y EL RIZOMA DE CÚRCUMA (*Curcuma longa*) COMO FUENTES DE CAROTENOIDES SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE CARCASA DE POLLOS DOBLE PROPÓSITO EN LA FASE DE FINALIZACIÓN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Presentado por la Bachiller:

KEIKO QUISPE SÁNCHEZ

Asesor:

Dr. MANUEL EBER PAREDES ARANA

CAJAMARCA – PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"Norte de la Universidad Peruana"
Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS PECUARIAS
Ciudad Universitaria ZJ-Anaxos IIIID



ACTA QUE PRESENTA EL JURADO CALIFICADOR DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO ZOOTECNISTA

De acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación y Titulación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca para optar el Título Profesional de **INGENIERO ZOOTECNISTA**, se reunieron virtualmente siendo las 4 horas con 00 minutos del día 3 de marzo del 2022 los siguientes Miembros del Jurado y el Asesor.

M.Cs. Ing. JORGE RICARDO DE LA TORRE ARAUJO:	PRESIDENTE
Mg.Sc. Ing. LINCOL ALBERTO TAFUR CULQUI:	SECRETARIO
M.Cs. Ing. EDUARDO ALBERTO TAPIA ACOSTA:	VOCAL

ASESOR:

Dr. M.Cs. MANUEL EBER PAREDES ARANA

Con la finalidad de recepcionar y calificar la Sustentación de la Tesis titulada:

"Efectos de la flor de Marigold (*Tagetes erecta*) y el rizoma de cúrcuma (*Cúrcuma longa*) como fuentes de carotenoides en el rendimiento productivo y las características de carcasa de pollos doble propósito en la fase de finalización"

La misma que fue realizada por la Bachiller:

Keiko Quispe Sánchez

A continuación, el Jurado procedió a dar por iniciado el acto académico, invitando a la Bachiller a sustentar dicha tesis.

Concluida la exposición, los Miembros del Jurado formularon las preguntas pertinentes, luego el presidente del Jurado invita a la participación del asesor y los asistentes.

Después de las deliberaciones de estilo el Jurado anunció APROBAR por UNANIMIDAD con la nota de dieciseis (16).

Siendo las 5 horas con 11 minutos del mismo día el Jurado dio por concluido el acto académico, indicando las correcciones y modificaciones para continuar con los trámites pertinentes.

.....
M.Cs. Ing. Jorge Ricardo de la Torre Araujo
Presidente

.....
Mg.Sc. Ing. Lincol Alberto Tafur Culqui
Secretario

.....
M.Cs. Ing. Eduardo Alberto Tapia Acosta
Vocal

.....
Dr. Manuel Eber Paredes Arana
Asesor

**“EFECTOS DE LA FLOR DE MARIGOLD (*Tagetes erecta*) Y EL RIZOMA DE
CÚRCUMA (*Curcuma longa*) COMO FUENTES DE CAROTENOIDES SOBRE
EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE
CARCASA DE POLLOS DOBLE PROPÓSITO EN LA FASE DE
FINALIZACIÓN”**

DEDICATORIA

Es grato dedicar este trabajo de investigación en primer lugar a Dios por permitirme gozar de buena salud, proteger a mi familia y ayudarme a lograr mis metas trazadas. A mis queridos padres Lizardo, Marina y mis dos hermanas, que con gran esfuerzo, dedicación y amor me formaron con valores logrando hacer de mí una persona profesional al servicio de la sociedad, enseñándome el valor del sacrificio y luchar por cumplir mis sueños.

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme la vida, la salud y la sabiduría para concluir con éxito este trabajo de investigación.

A mis padres: Lizardo Quispe Chávez y Marina Sánchez Calla, por su apoyo incondicional y perenne para lograr mis metas y objetivos trazados, logrando ser parte de mi formación ética y profesional.

A mis hermanas Gaby, Yazmyn, que siempre me apoyaron y me respaldaron para seguir adelante en este duro y arduo camino emprendido.

Asimismo, las gracias a mi asesor: Dr. M. Cs. Ing. Manuel Eber Paredes Arana, por brindarme su apoyo, orientación y soporte profesional durante la elaboración, preparación, ejecución y sistematización de este trabajo de investigación.

Agradezco a las autoridades, personal docente, administrativos y compañeros de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, que me abrió sus puertas para mi formación académica y así seguir por el camino de superación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE TABLAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
CAPITULO I.....1	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	3
1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES.....	4
1.4.1. Hipótesis de la investigación.....	4
1.4.2. Variables.....	4
1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5.1. General.....	5
1.5.2. Específicos.....	5
CAPITULO II.....6	
2. MARCO TEORICO.....	6
2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8
CAPITULO III.....12	
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.....	12
3.2. AVES, DIETAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	12
3.3. PROCEDENCIA DE LOS POLVOS SECOS DE RIZOMA DE CÚRCUMA Y FLOR DE MARIGOLD.....	13
3.4. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO.....	14
3.5. BENEFICIO DE LAS AVES Y MEDICIONES DE LA CARCASA Y VÍSCERAS.....	14
3.6. MEDICIÓN DEL COLOR DE PIEL DE PECHUGA.....	15
3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	15
CAPITULO IV.....16	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	16
4.1. RENDIMIENTO PRODUCTIVO.....	16
4.2. COMPONENTES DE LA CARCASA.....	17

4.3. PIGMENTACIÓN DE LA PIEL DE LAS CARCASAS	18
4.4. PESO RELATIVO DE ÓRGANOS INTERNOS	20
CAPITULO V.....21	
1. CONCLUSIONES	21
2. RECOMENDACIONES	22
BIBLOGRAFÍA	23
ANEXOS	25

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ingredientes (g/kg, base tal como ofrecido) y contenido nutricional de la dieta basal del experimento	13
Tabla 2: Efecto de las fuentes de carotenoides sobre el rendimiento productivo ¹ de pollos doble propósito en fase de finalización (85 – 112 días de edad).	16
Tabla 3: Efecto de las fuentes de carotenoides sobre componentes de la carcasa ¹ de pollos doble propósito beneficiados a los 112 días de edad.	18
Tabla 4: Efecto de las fuentes de carotenoides sobre pigmentación de la piel ¹ de pollos doble propósito beneficiados a los 112 días de edad.	19
Tabla 5: Efecto de las fuentes de carotenoides sobre el peso relativo ¹ de corazón, hígado y molleja de pollos doble propósito beneficiados a los 112 días de edad.	20

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de la flor de marigold y el rizoma de cúrcuma como fuentes de carotenoides sobre el desempeño productivo del pollo doble propósito y características de carcasa. Se trabajó con 120 pollos de ambos sexos desde 84 hasta 112 días de edad, asignados a seis tratamientos (cinco repeticiones por tratamiento y 4 aves por repetición), bajo arreglo factorial, con dos factores evaluados: sexo (machos y hembras) y fuentes de carotenoides (control, marigold y cúrcuma). Todos los pollos recibieron el mismo alimento concentrado, variando las fuentes de carotenoides según combinación con el sexo. La flor de marigold y el rizoma de cúrcuma no mejoraron el rendimiento productivo de los pollos doble propósito, y tampoco generaron efectos adversos en el crecimiento. La cúrcuma produjo mayor tonalidad rojiza en la carcasa que el marigold, sin embargo, la flor de marigold provocó mayor amarillamiento de la piel de pechuga. El rizoma de cúrcuma redujo la acumulación de grasa abdominal en la carcasa, con menor masa de hígado en relación al peso corporal del ave viva.

Palabras clave: pollo doble propósito, fuentes de carotenoides, marigold, cúrcuma, rendimiento productivo, características de carcasa

ABSTRACT

The aim of this study was to determine the effect of the marigold flower and the turmeric rhizome as sources of carotenoids on the productive performance of the dual-purpose chicken and carcass characteristics. In total 120 male and female chickens from 84 to 112 days of age were assigned to six treatments (five repetitions per treatment and 4 birds per repetition), under factorial arrangement, with two factors evaluated: sex (males and females) and sources of carotenoids (control, marigold and turmeric). All chickens received the same concentrated feed, varying the carotenoid sources according to combination of sex. The marigold flower and the turmeric rhizome did not improve the productive performance of the dual-purpose chickens and did not generate adverse effects on growth. Turmeric produced a greater reddish hue in the carcass than marigold, however, the marigold flower caused greater yellowing of the breast skin. Turmeric rhizome reduced the accumulation of abdominal fat in the carcass, with less liver mass in relation to the body weight of the live bird.

Keywords: dual purpose chicken, carotenoid sources, marigold, turmeric, productive performance, carcass characteristics

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

En la explotación de aves doble propósito, los machos se crían para el engorde y las hembras para la puesta (Leenstra et al., 2011), siendo una alternativa productiva desarrollada en muchas regiones del mundo. Por su parte, la industria avícola especializada cuenta con líneas genéticas muy productivas de carne o huevos, aunque las estirpes de carne no prosperan eficientemente en zonas geográficas altas sobre el nivel del mar, y las empresas de gallinas ponedoras desechan los pollos machos (Buzala y Janicki, 2016) por no ser rentables para el engorde debido a bajas tasas de crecimiento y malos resultados en el beneficio, siendo eliminados estos pollos inmediatamente después de la eclosión (Krautwald-Junghanns et al., 2018). Razas como Plymouth Rock, Sussex, Rhode Island Red y New Hampshire son muy conocidas en el mundo como gallinas doble propósito, por su carne de buena calidad y su capacidad productora de huevo grande color pardo (Lambertz et al., 2018; North y Bell, 1993). En Europa se crían pollos Les Bleues que se originan genéticamente en la raza francesa Bresse Gauloise, además de pollos canarios de España y Dominant Red Barred D 459 que es un híbrido comercial doble propósito desarrollado en la República Checa (Torres et al., 2019). Nuevos tipos comerciales de pollos doble propósito incluyen a Lohmann Dual y Walesby Specials de Alemania y Novogen Dual de Francia (Mueller et al., 2018).

También existe un grupo de razas de aves de corral autóctonas con rendimiento limitado tanto en la puesta como en el engorde comparado con las líneas especializadas (Damme et al., 2015). Sin embargo, la industria especializada y la crianza de aves autóctonas funcionan en paralelo, variando las proporciones de estas dos categorías según el país, pudiendo representar en los países de bajos ingresos las razas autóctonas hasta un 90% de la población de aves de corral (Pym, 2013). En el Perú, el año 2019 se registró la colocación aproximada de 15 millones de pollos recién nacidos doble propósito, de los cuales 38162 aves se criaron en la región Cajamarca (MINAGRI, 2020). En el valle cajamarquino sobre 2700 msnm también se ha evaluado comparativamente el engorde durante trece semanas de edad de pollos machos Babcock Brown, Hubbard Rojo, Criollo Cajamarquino, Francés Negro y Pollos doble propósito cruzados con razas Rhode Island, New Hampshire, Cochinchina y Peruano Cariaco; mostrando el pollo

doble propósito buenos atributos cárnicos y aceptable ritmo de crecimiento (Paredes y Vasquez, 2020; Paredes et al., 2019).

Se ha observado que el pollo doble propósito alimentado con raciones bajas en maíz presenta piel pálida con baja tonalidad del color amarillo, lo cual no es muy apreciado por cierto sector de consumidores. Las preferencias por el color de la piel de las aves varían en diferentes partes del mundo, relacionando la pigmentación con el tipo de alimento consumido por el animal. Se relaciona la pigmentación amarilla con la ingesta de maíz, y la piel pálida con la de trigo, que carece de pigmentos (Sirri *et al.*, 2010). El poblador peruano relaciona la pigmentación amarilla de la piel de las aves con el sistema de crianza libre a base de forrajes y el consumo de grano de maíz. La pigmentación de las aves se ve afectada por la cantidad y tipo de pigmentos dietéticos, estado de salud, sexo y procesamiento en el beneficio (Petracci y Fletcher, 2002). Existen resultados de investigaciones realizadas en pollos de engorde de rápido crecimiento, sacrificados entre 6 y 7 semanas de edad, utilizando ingredientes aditivos naturales en diferentes dosis y con periodos de ingesta variables (Pérez-Vendrell et al., 2001); pero, en pollos de lento crecimiento no se reportan informes al respecto.

Los carotenoides vegetales más comúnmente utilizados en dietas de aves de corral son el β -caroteno, zeaxantina del maíz y las xantofilas de la alfalfa, con la finalidad de aumentar el amarillamiento de la piel y el color amarillo o naranja de las yemas de huevo, lo cual depende también de la especie y raza de ave (Riley et al., 2021). Se han identificado más de 1,100 carotenoides en la naturaleza (Yabuzaki, 2017), y pueden ser la principal fuente dietética de provitamina A, aunque muchos de estos no tienen actividad vitamínica o la pierden al oxidarse, como carotenos, β -criptoxantina, astaxantina, cantaxantina, zeaxantina y luteína, debiendo tenerse en cuenta que en general, los carotenoides con alta actividad de provitamina A tienen bajas propiedades de pigmentación (Marounek y Pebriansyah, 2018). Algunos carotenoides están relacionados con el crecimiento, metabolismo, fertilidad e inmunidad (Mc Donald *et al.*, 2010). Foroutankhah et al. (2019) investigaron los efectos del polvo de flor de marigold como sustituto de un antibiótico promotor de crecimiento en el rendimiento productivo, peso de órganos y parámetros inmunológicos de pollos de engorde. En pollos Arbor Acres se determinó que la suplementación con los carotenoides curcumina y luteína reducen la oxidación lipídica en el hígado, además los pollos de engorde suplementados

con luteína exhibieron una mejor pigmentación, mientras que los suplementados con curcumina alcanzaron mejor respuesta inmune (Rajput et al., 2013). Xie et al., (2019) determinaron que la curcumina juega un papel importante en la reducción de la deposición de grasa abdominal al disminuir el perfil lipídico hepático y plasmático que afectan los niveles de expresión de genes relacionados con la lipogénesis y la lipólisis.

Con el presente experimento se evaluó la suplementación de pollos doble propósito con dos fuentes de carotenoides naturales provenientes de la flor de marigold (*Tagetes erecta*) y del rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa*), ricos en luteína y curcumina, respectivamente, incluidas en dietas de finalización con bajo contenido de maíz amarillo, cuatro semanas antes del sacrificio. La influencia de las fuentes de carotenoides se la determinó en rendimiento productivo, pigmentación de piel y peso de componentes de la carcasa y de órganos internos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son los efectos de la flor de marigold (*Tagetes erecta*) y el rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa*) como fuentes de carotenoides sobre el rendimiento productivo y las características de carcasa de pollos doble propósito en la fase de finalización?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El presente trabajo de investigación en pollos doble propósito es importante debido a que, en Cajamarca, cada año se viene incrementando las cifras de colocación de este pollo manejado por pequeños criadores y por ser su carne una valiosa fuente de proteína animal y por lo tanto es indispensable en la dieta de la población.

La influencia que tiene la ingestión de xantofilas de marigold (*Tagetes erecta*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) en pollos con fines cárnicos radica en la gran cantidad de antioxidantes y propiedades anticancerígenos que transmiten al producto para consumo humano.

Una de las características más importantes de la carne de pollo es la apariencia visual, especialmente el color que se impone en la piel, el cual determina la aceptación o el rechazo de la carne de pollo por el consumidor. Por tanto, este trabajo tuvo por finalidad mejorar la calidad de la carne del pollo doble propósito.

1.4. HIPOTESIS Y VARIABLES

1.4.1. Hipótesis de la investigación

La flor de marigold (*Tagetes erecta*) y el rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa*) como fuentes de carotenoides influyen sobre el rendimiento productivo y las características de carcasa de pollos doble propósito en la fase de finalización

1.4.2. Variables

1.4.2.1. Variables independientes

- Fuentes de carotenoides.
 - Control
 - Flor de marigold
 - Rizoma de cúrcuma
- Sexo
 - Macho
 - Hembra

1.4.2.2. Variables dependientes

- Rendimiento productivo
 - Peso corporal
 - Ganancias de peso
 - Ingesta de alimento
 - Conversión alimenticia
 - Rendimiento de carcasa
- Composición de carcasa
 - Grasa abdominal
 - Pechuga
 - Muslos
 - Piernas
 - Alas
 - Corazón
 - Hígado
 - Molleja
- Coloración de la piel
 - Luminosidad

- Enrojecimiento
- Amarillamiento

1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. General

Evaluar los efectos de la flor de marigold (*Tagetes erecta*) y el rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa*) como fuentes de carotenoides sobre el rendimiento productivo y las características de carcasa de pollos doble propósito en la fase de finalización

1.5.2. Específicos

- Determinar el rendimiento productivo de pollos doble propósito en la fase de finalización suplementados con la flor de marigold (*Tagetes erecta*) y el rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa*) como fuentes de carotenoides.
- Determinar las características de carcasa de pollos doble propósito en la fase de finalización suplementados con la flor de marigold (*Tagetes erecta*) y el rizoma de cúrcuma (*Curcuma longa*) como fuentes de carotenoides.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTE DE LA INVESTIGACIÓN

Vásquez (2020) evaluó la productividad, las características de la canal y la calidad de la carne en pollos Nativo Francés, Hubbard y Criollo Peruano Mejorado de 1 a 91 días de edad. Trescientos pollos se alojaron al azar en 15 corrales con 20 pollos en cada corral bajo un diseño completamente al azar. Las aves recibieron alimento a voluntad durante todo el período experimental. Antes de evaluar sus características de carcasa y carne, se evaluó el rendimiento de crecimiento de cada grupo genético. Al final de la prueba, 10 pollos de cada uno de los 3 genotipos fueron seleccionados al azar y sacrificados para determinar los parámetros de carcasa y la calidad de la carne. Los hallazgos del estudio revelaron que el pollo Hubbard tenía significativamente ($P < 0.05$) mayores pesos corporales y de carcasa que el pollo francés y el peruano; estos dos últimos no difirieron significativamente ($P > 0.05$). Excepto por la pérdida por goteo de la carne, no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en los parámetros de carne medidos. Luego, las aves de genotipo Hubbard tuvieron pesos de pechuga significativamente más altos ($P < 0.05$) que las aves de genotipo Criollo Peruano y Nativo Francés, las cuales no se diferenciaron significativamente entre ellas.

Pestana *et al.* (2020) evaluaron el efecto de un alga denominada Spirulina (*Arthrospira platensis*), individualmente y en combinación con enzimas exógenas, sobre el rendimiento del crecimiento, los rasgos de la canal y la calidad de la carne de los pollos de engorde. Ciento veinte pollos machos Ross 308 fueron asignados a 40 jaulas, con 3 aves por jaula, y alimentados *ad libitum* con una dieta a base de maíz durante los primeros 21 días de la prueba. El período experimental duró del día 21 al 35, durante el cual las aves fueron alimentadas con 4 dietas diferentes: una dieta basal de maíz y soya, tomada como grupo control, una dieta basal que contenía 15% de espirulina (MA), una dieta basal que contenía 15% de espirulina más 0.005% Rovabio Excel AP (MAR) y una dieta basal que contenía 15% de espirulina más 0.01% de lisozima (MAL). El aumento de peso corporal ($P, 0.001$) y la tasa de conversión alimenticia ($P, 0.001$) mejoraron en pollos control, en comparación con aquellos alimentados con Spirulina.

Además, la espirulina aumentó la longitud del duodeno más el yeyuno en relación con el otro tratamiento (P, 0.01). Las carnes de pechuga y muslo de pollos alimentados con espirulina, con o sin la adición de enzimas exógenas, tenían valores más altos de amarillez y carotenoides totales; aunque la incorporación de 15% de espirulina en las dietas de engorde, individualmente o combinadas con enzimas exógenas, redujo el rendimiento de las aves.

Mosca *et al.* (2018) caracterizaron los rasgos de calidad de la carne de los pollos Milanino criados de acuerdo con un programa de cría en libertad. Un total de 120 aves fueron criados en corrales al aire libre (8 m² / ave) a partir de 35 días de vida y alimentado *ad libitum* con baja proteína dietética (16%). A los 180 días de edad, se sacrificaron 20 aves (10 aves / sexo) y se registraron los datos de peso de la canal. Después del procesamiento, las carcasas se refrigeraron a 4 ° C durante 24 horas. Luego, se tomaron la pechuga y el muslo derecho con piel y se determinaron los parámetros de color, pH, capacidad de retención de agua y composición química. Se confirmó que Milanino era una raza pesada con dimorfismo sexual en relación con el peso corporal del adulto. Las diferencias en la composición de la carne se registraron según el sexo: las hembras presentaron valores más altos de contenido de materia seca (pechuga y muslo), proteína (pechuga) y grasa (pechuga y muslo). La carne con piel presentaba una luminosidad intensa, y este rasgo era mayor en las hembras. El color muscular se caracterizó por altos índices de enrojecimiento y amarillez con diferencias según el sexo: se observó un mayor índice de amarillez en las hembras, mientras que se detectó un mayor índice de enrojecimiento en las muestras de pechuga masculina.

Dal Bosco *et al.* (2016) analizaron la transferencia de compuestos bioactivos del pasto al cuerpo y carne de pollos orgánicos de corral. A partir de los 21 días de edad, 100 aves de cuello desnudo machos se dividieron en dos grupos homogéneos: un grupo en confinamiento (0,12 m² / ave) y un grupo al aire libre (0,12 m² / ave de interior y 10 m² / ave de pradera). En el sacrificio (81 días de edad), se recogieron muestras de sangre y las carcasas se almacenaron durante 24 h a 4 ° C (20 aves / grupo). Las muestras de aves con forraje tenían valores más altos de carotenoides, tocoferoles y flavonoides con respecto al alimento estándar (basado en la comparación de materia seca). La carne de las aves al aire libre tenía niveles más altos de antioxidantes, principalmente debido a la mayor cantidad de tocoferoles y tocotrienoles.

Breithaupt *et al.* (2003) informan sobre los niveles de carotenoides en plasma de los pollos logrados después de alimentar con dietas que contenían luteína libre y esterificada (de caléndula) y capsantina (de pimiento rojo) mediante la aplicación de análisis de HPLC. Utilizaron cuarenta pollos divididos al azar en cuatro grupos y fueron alimentados 2 semanas con diferentes dietas después de recibir una dieta basal con un bajo contenido de carotenoides durante tres semanas para el agotamiento de carotenoides. Un grupo recibió una dieta que contenía luteína libre (G1), otro grupo recibió una dieta con luteína esterificada (G2), otras dos dietas contenían capsantina libre (R1) y esterificada (R2), respectivamente. Para identificar los carotenoides en plasma, se aplicó la cromatografía líquida. El estudio mostró que no solo la luteína sino también la capsantina aparecen en el torrente sanguíneo después de alimentar a las xantofilas libres o esterificadas, lo que demuestra que los ésteres de capsantina estaban biodisponibles. El análisis cuantitativo mostró concentraciones comparables de luteína plasmática y capsantina, respectivamente, sin importar si se alimentó con carotenoides libres o esterificados.

2.2. BASES TEÓRICAS

Estrategias alimentarias para pigmentar la carne de las aves

Las principales fuentes naturales de carotenoides que se han utilizado en los alimentos durante las últimas décadas son el maíz amarillo, la harina de gluten de maíz, la harina de algas y la harina de alfalfa deshidratada; pero con la introducción frecuente de nuevos ingredientes, las raciones avícolas cambian constantemente; en particular, se están desarrollando continuamente concentrados de oxicarotenoides especiales, incluidos los concentrados a base de curcumina y luteína (Castañeda *et al.*, 2005). De los carotenoides producidos naturalmente, la curcumina y la luteína son los carotenoides dietéticos naturales más comúnmente utilizados y aceptados en la alimentación comercial de aves de corral; siendo la curcumina el principal componente activo de la cúrcuma, con una serie de propiedades saludables, que incluyen propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, anticancerígenas, antibacterianas, antiprotozoarias, antivirales e hipocolesterolémicas (Gandhi *et al.*, 2011).

Entre las fuentes naturales disponibles de carotenoides están las flores de marigold (*Tagetes erecta*), tanto las flores amarillas y anaranjadas, ricas en luteína, del cual se elaboran productos antioxidantes y anticancerígenos. Los análisis de extractos de flores saponificadas, indican también la presencia de carotenoides como α -caroteno, β -caroteno y fitoflueno. La luteína de *Tagetes* es un extracto purificado obtenido de oleoresinas de los pétalos. La luteína (3R, 3'R, 6'R- β -caroteno 3'',3''-diol), es un oxicarotenoide, miembro de un grupo de pigmentos conocidos como xantofilas. Los pétalos de *Tagetes* son ricos en luteína y ésteres de luteína, representando este último más del 90 % de los pigmentos identificados en la flor de esta planta (Méndez, 2009).

El suministro de forraje verde es una forma muy común de alcanzar niveles intensos de amarillamiento de la piel de las aves, aunque el efecto del forrajeo en aves es complejo, ya que depende del equilibrio entre los compuestos antioxidantes y prooxidantes (Sossidou et al., 2011); sin embargo, el consumo de forraje verde tiene altos niveles de tocoferoles y tocotrienoles (Kerry et al., 2000), carotenoides, vitamina C y polifenoles (Mugnai et al., 2013). Por otro lado, los sistemas actuales de cría de aves de corral no enfatizan las áreas de pastoreo al aire libre para aves de corral (Horsted y Hermansen, 2007); sin embargo, los estudios realizados indican que las razas de aves de corral de crecimiento lento tienen una ingesta considerable de pasto y otros alimentos accesibles (Dal Bosco et al., 2014).

Funciones de los carotenoides

Los carotenoides son sintetizados solo por las plantas. Aunque los animales no pueden sintetizar los carotenoides de *novo*, pueden convertirlos en otros carotenoides o metabolizarlos. En las aves de corral, el β -caroteno se convierte casi por completo en vitamina A o se metaboliza de otra manera. Por lo tanto, el β -caroteno no es el pigmentante de la carne de aves de corral; la pigmentación de los productos avícolas se basa en la absorción y deposición de los oxicarotenoides. La relativa eficiencia de pigmentación de los diversos carotenoides disponibles es motivo de gran preocupación para el nutricionista avícola. Las funciones fisiológicas de los carotenoides están dadas por la actividad de la vitamina A y la función antioxidante (Hencken, 1992)

La evidencia sustancial también muestra que los carotenoides pueden modular la respuesta inmune (Chew y Park, 2004) al aumentar la actividad inmune y reducir la

proliferación de linfocitos (Ribaya-Mercado y Blumberg, 2004). Se demostró que la suplementación dietética con xantofilas disminuye el daño oxidativo y produce efectos antiinflamatorios en pollos (Shanmugasundaram y Selvaraj, 2011).

Metabolismo de los Carotenoides

Los carotenoides se liberan de la matriz alimentaria en el tracto gastrointestinal y luego se solubilizan en micelas mezcladas que consisten en sales biliares, colesterol, ácidos grasos, monoacilgliceroles y glicerofosfolípidos, y posteriormente se vuelven accesibles para las células epiteliales del intestino delgado (Kotake-Nara *et al.*, 2010). La mayoría de los carotenoides de provitamina A, como el β -caroteno, se pueden convertir a retinal en las células epiteliales de la mucosa intestinal a través de la conversión enzimática. El betacaroteno 15, 15'-monooxigenasa (BCMO1) puede convertir el β -caroteno a retinal mediante una escisión oxidativa céntrica en el enlace doble de 15,15' (Redmond *et al.*, 2001), mientras que β -caroteno 9',10'-dioxigenasa (BCDO2) cataliza exclusivamente la escisión oxidativa asimétrica de carotenoides, como β -caroteno y licopeno, en el doble enlace 9,10' (Kiefer *et al.*, 2001). Luego, el retinal puede ser catalizado a retinol por retinol deshidrogenasa, seguido de esterificación con ácidos grasos para formar ésteres de retinilo a través de lecitina: retinol acil transferasa (LRAT). Una fracción menor de retinal también se metaboliza irreversiblemente a ácidos retinoicos por la retinal deshidrogenasa (Tourniaire *et al.*, 2009). LRAT es importante en la esterificación del retinol y se expresa altamente en células estrelladas hepáticas donde se almacenan los ésteres de retinilo (Blomhoff y Blomhoff, 2006). Los ésteres de retinilo y el β -caroteno intacto se transportan posteriormente en quilomicrones a través del sistema linfático hasta el hígado para su almacenamiento. Aunque se sabe que el β -caroteno se metaboliza a vitamina A a través de la acción de BCMO1, se sabe poco sobre la transformación metabólica de la xantofila en humanos y animales (Kotake-Nara y Nagao, 2011).

La luteína se puede convertir activamente en cetocarotenoides al oxidar los grupos hidroxilo secundarios y acumularlos en los tejidos (Yonekura *et al.*, 2010), lo que indica la existencia de una ruta metabólica común para la oxidación de xantofila. Aunque BCMO1 tiene poca afinidad por carotenoides no precursores de vitamina A (como el licopeno), BCMO1 puede alterar la biodistribución del licopeno (Lindshield *et al.*, 2008). Además, la suplementación con licopeno podría disminuir la expresión de

BCMO1 en las glándulas suprarrenales y los riñones de las ratas (Zaripheh *et al.*, 2006). Estos resultados sugieren que puede existir un efecto mutuo entre los carotenoides no provitamínicos A y BCMO1. Investigaciones recientes mostraron que las mutaciones en el gen BCDO2 causaron la acumulación de xantófilas en la piel de los pollos (Eriksson *et al.*, 2008). Además, BCDO2 tiene una especificidad de sustrato muy amplia y puede convertir la xantofila (luteína, zeaxantina y β -criptoxantina) en apo-carotenoides (Mein *et al.*, 2011).

Varios cambios metabólicos más pequeños no afectan la estructura básica de la molécula de carotenoide, como las transformaciones en los carotenoides por oxidación o reducción y los procesos de isomerización o saponificación y acilación. Esos procesos pueden influir en la absorción de los carotenoides del alimento o pueden alterar su eficiencia de pigmentación. La formación de caroteno proteínas (que se encuentra en las plumas, por ejemplo) puede incluso producir colores completamente diferentes de los de los carotenoides originales. Los carotenoides del alimento se depositan en diferentes tejidos a diferentes velocidades. La retención de los carotenoides principalmente en los tejidos es muy importante para la eficacia de pigmentación de los carotenoides. Según los requisitos del consumidor, los objetivos que tienen que ser pigmentados son la piel y el aspecto subcutáneo de los pollos de engorde (Hencken, 1992).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en la granja avícola Bella Unión ubicado en el distrito y provincia de Cajamarca, cuyos datos geográficos y meteorológicos son los siguientes:

- Altitud de 2720 msnm
- Latitud sur 4°33'7"
- Latitud oeste 78°42' 27"
- Temperatura ambiental: 13 a 20 °C
- Humedad Relativa de 68 %

Fuente: SENAMHI, Cajamarca. 2020.

3.2. AVES, DIETAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Ciento veinte pollos doble propósito machos y hembras de 84 días de edad fueron seleccionados para el experimento a partir de pollos adquiridos de la empresa ISAMISA de Lima, Perú y criados desde un día de edad en la granja avícola Bella Unión. Las aves del experimento en fase de finalización fueron alojadas en un galpón dividido en 30 corrales, de una superficie de 3 m² cada uno, hasta los 112 días de edad. Se formuló un pienso basal de finalización de acuerdo a las recomendaciones para pollos de crecimiento lento establecido por FEDNA (2018). Al pienso basal de finalización se agregó polvos secos de rizomas de cúrcuma o flor de marigold a razón de 1 g por cada kg de pienso. Los piensos con sus respectivos aditivos fueron suministrados en el periodo de finalización, cuatro semanas antes del sacrificio. Los 120 pollos estuvieron agrupados de acuerdo a dos factores en estudio, fuentes de carotenoides y sexo, y en seis combinaciones de tratamientos. Las aves que consumieron pienso basal sin fuentes de carotenoides formaron dos tratamientos del grupo Control (C), C-Machos y C-Hembras. Las aves que consumieron marigold (M) formaron los tratamientos M-Machos y M-Hembras. Las aves que consumieron cúrcuma (CR) formaron los tratamientos CR-Machos y CR-Hembras. Cada tratamiento contó con 20 pollos distribuidos en 5 corrales con 4 aves, considerándose cada corral como una unidad

experimental o repetición. El pienso en forma de harina y agua de bebida fueron suministrados *ad libitum*. La fórmula alimenticia del pienso basal de finalización y su contenido nutricional estimado se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Ingredientes (g/kg, base tal como ofrecido) y contenido nutricional de la dieta basal del experimento

Ingredientes	Acabado (12-16 sem.)
Arroz partido	620
Maíz amarillo	100
Soya integral	70
Torta de soya	80
Polvillo de arroz	100
Aceite de soya	5
Carbonato de calcio	17
Sal (NaCl)	4
DL metionina	1
Lisina HCl	2
Premix vitamínica-mineral ^a	1
Total	1000,0
Contenido nutricional calculado	
EMA, Kcal/kg	2969
Proteína cruda, %	14,4
Fibra cruda, %	4,7
Lisina, %	0,84
Metionina, %	0,35
Triptófano, %	0,17
Ca, %	0,70
P disponible, %	0,29

^aCada kg contiene: Vit. A 9 000 mil UI, Vit. D₃ 2 500 mil UI, Vit. E 15 000 UI, Vit. K₃ 2.5 g, tiamina 1.5 g, riboflavina 6.5 g, cianocobalamina 0.01g, ácido pantoténico 5.50 g, ácido fólico 1 g, niacina 25g, Mn 70 g, Zn 70 g, Fe 30 g, Cu 8 g, I 1 g, Se 0.30 g, Co 0.1 g. Producto comercializado como Proapack Levante por Distribuidora Montana S.A. Perú.

3.3. PROCEDENCIA DE LOS POLVOS SECOS DE RIZOMA DE CÚRCUMA Y FLOR DE MARIGOLD

Los rizomas de cúrcuma (*Curcuma longa L.*) fueron adquiridos en un mercado de abastos de la ciudad de Cajamarca, limpiados y pelados, luego secados en estufa a 60°C durante 48 horas. La molienda para obtener polvo seco y homogéneo se hizo en un micro molino Wiley TE-648. El polvo de flor de marigold fue adquirido de la empresa Montana SA, como Tecxafil 20 Polvo, cuya ficha técnica indica que el producto es un

pigmentante natural saponificado y estabilizado, obtenido a partir de las flores de marigold (*Tagetes erecta*) con una riqueza de 20% de xantofilas del tipo luteína.

3.4. DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO

El peso corporal e ingesta de alimento de los pollos por corral fueron determinados en una balanza electrónica de precisión (BEP) marca KERN de 6000g de capacidad y precisión de lectura 0.1g. Los datos se registraron semanalmente. Se calculó la ganancia media diaria (GMD) por ave durante la fase experimental y el promedio de ingesta diaria (IDA) por ave y según tratamientos. El índice de conversión alimenticia (ICA) se calculó por la relación entre IDA/GMD.

3.5. BENEFICIO DE LAS AVES Y MEDICIONES DE LA CARCASA Y VÍSCERAS

El día 112 del experimento, se seleccionaron aleatoriamente 2 aves por corral para evaluar características de la carcasa y carne. Los pollos fueron trasladados a un camal de aves de propiedad privada ubicado a 1 km de la zona de crianza. Las aves vivas fueron pesadas y luego sacrificadas mediante corte de la vena yugular para garantizar la máxima y rápida pérdida de sangre después de 10 h de privación de alimento y agua. Luego se retiraron las plumas, cabezas, cuellos, muslos + piernas, pechugas, alas, patas, vísceras y grasa abdominal. Se registraron los datos recolectados del peso de carcasa y demás partes seccionadas de la carcasa. Los pesos se determinaron en la BEP marca KERN de capacidad 4000g y precisión de lectura 0.01g. El rendimiento de carcasa se calculó como resultado de dividir el peso de la carcasa caliente sobre el peso vivo final, multiplicado por 100. Los pesos relativos de las piezas de la carcasa, grasa abdominal y demás órganos fueron determinados mediante las siguientes fórmulas: grasa abdominal = (peso de la grasa abdominal de la carcasa/peso de carcasa) x 100; pechuga = (peso pechuga/peso de carcasa) x 100; muslos + piernas = (peso muslos + piernas/peso de carcasa) x 100; patas = (peso patas/peso de carcasa) x 100; alas = (peso alas/peso de carcasa) x 100. El peso relativo de los órganos internos se lo determinó en relación al peso vivo final del ave, de la siguiente manera: corazón = (peso corazón/peso vivo) x 100; hígado = (peso hígado/peso vivo) x 100; molleja lavada = (peso molleja lavada/peso vivo) x 100.

3.6. MEDICIÓN DEL COLOR DE PIEL DE PECHUGA

Diez pollos de cada tratamiento (2 pollos por repetición) fueron asignados para la prueba de colorimetría. La pigmentación de la piel de la pechuga se determinó individualmente en cada ave después de 45 minutos de oreo de la carcasa, utilizando un medidor de color Konica Minolta CR-400, Camera Co., Osaka, Japón. El color de la piel se expresó en dimensiones de luminosidad (L^*), enrojecimiento (a^*) y amarillez (b^*), de acuerdo al sistema de color CIE (Commission Internationale de l'Eclairage).

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis de varianza con arreglo factorial de 3 x 2 mediante el procedimiento GLM del System Analysis Statistic (SAS, 2003). La significancia de las diferencias entre los valores de las medias se determinó mediante la prueba LSD de Fisher.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RENDIMIENTO PRODUCTIVO

El PC final, GMD, IDA, ICA y RC se muestran en el Cuadro 2. Se encontraron diferencias en todos los indicadores de rendimiento productivo por efecto del factor sexo ($p < 0.05$), pero no por efecto de las fuentes de carotenoides. Esto corrobora el gran dimorfismo sexual que existe entre los pollos doble propósito, acentuado en la fase de finalización. Tampoco se produjeron interacciones entre los factores evaluados, lo que permitió analizar los resultados aisladamente según los factores sexo y fuentes de carotenoides.

Tabla 2: Efecto de las fuentes de carotenoides sobre el rendimiento productivo de pollos doble propósito en fase de finalización (85 – 112 días de edad).

Fuente de carotenoides	Sexo	PC final (g)	GMD (g)	IDA (g)	ICA (g/g)	RC (%)
Control	Macho	3724 ^a	43.0 ^a	172.2 ^a	4.0 ^b	82.4 ^a
	Hembra	2665 ^b	33.1 ^b	142.0 ^b	4.3 ^a	78.4 ^b
Marigold	Macho	3739 ^a	46.8 ^a	187.7 ^a	4.0 ^b	82.3 ^a
	Hembra	2571 ^b	30.9 ^b	136.3 ^b	4.4 ^a	78.3 ^b
Cúrcuma	Macho	3733 ^a	46.4 ^a	185.7 ^a	4.0 ^b	82.8 ^a
	Hembra	2631 ^b	30.1 ^b	129.1 ^b	4.3 ^a	78.4 ^b
SEM		248.4	3.21	10.66	0.08	0.93
Valor p						
Fuente de carotenoides (FC)		0.894	0.719	0.617	0.924	0.716
Sexo (S)		<0.001	<0.001	<0.001	0.009	<0.001
FC x S		0.717	0.845	0.134	0.919	0.865

¹Cada valor representa la media de 5 repeticiones por tratamiento. Cada repetición estuvo conformada por 4 aves.

PC: peso corporal. GMD: ganancia media diaria. IDA: ingesta diaria de alimento. ICA: índice de conversión alimenticia. RC: Rendimiento de carcasa.

SEM: Error estándar de la media.

^{a, b}. Las medias dentro de una columna que no comparten igual superíndice difieren significativamente ($p < 0.05$) para los efectos del tratamiento.

Cuando se evalúan ingredientes dietarios clasificados como aditivos o funcionales y de origen vegetal, se sugiere tener en cuenta que estos pueden contener y en diferentes cantidades polifenoles, flavonoides-O-glucósidos acilados, flavonoides metoxilados, aminoácidos, alcaloides, carotenoides, saponinas, taninos entre otros compuestos que pueden disminuir la digestión y absorción de nutrientes, produciendo crecimiento deficiente (Foroutankhah et al., 2019). En la investigación actual, los

indicadores de rendimiento de los pollos no se vieron influenciados positivamente por las fuentes de carotenoides, tal como otros investigadores han encontrado con algunos ingredientes botánicos (Landy et al., 2011). La suplementación con productos vegetales en la dieta puede tener efectos adversos sobre algunas poblaciones microbianas beneficiosas, lo que produciría menores índices de crecimiento. Tal efecto negativo sobre el rendimiento no se observó en los pollos doble propósito en fase de finalización del presente estudio, suplementados con polvos de flor de marigold o con rizoma de cúrcuma. También se advierte que, probablemente la dosis de polvos de marigold y cúrcuma, aplicadas en el presente ensayo no haya sido la cantidad suficiente para que cause efecto positivo en los indicadores productivos del pollo doble propósito. Se estimó el consumo promedio por ave de marigold durante los 28 días de experimentación, siendo de 5.3 y 3.8 g en machos y hembras, respectivamente. La ingesta total de cúrcuma fue de 5.2 y 3.6 g en machos y hembras, respectivamente.

4.2. COMPONENTES DE LA CARCASA

En el cuadro 3 se presentan las medias de algunos componentes de la carcasa de los pollos doble propósito, expresados como porcentaje del peso medio de la carcasa según tratamientos. No se observaron diferencias entre tratamientos en piezas evaluadas como muslos + pechuga, patas y alas ($p > 0.05$), por efecto de alguno de los factores en estudio. En el peso relativo de la pechuga, se determinó que fue mayor en hembras que en machos, y en grasa abdominal se encontraron diferencias por efecto de los carotenoides, con menor acumulación de grasa abdominal en los pollos que consumieron cúrcuma.

Tabla 3: Efecto de las fuentes de carotenoides sobre componentes de la carcasa de pollos doble propósito beneficiados a los 112 días de edad.

Fuente de carotenoides	Sexo	Pechuga (%)	Muslos + pierna (%)	Patatas (%)	Alas (%)	Grasa Abdominal (%)
Control	Macho	21.7 ^b	27.6	3.8	9.1	2.7 ^b
	Hembra	22.9 ^a	27.4	3.8	9.6	3.3 ^a
Marigold	Macho	21.8 ^b	27.5	3.6	9.4	2.8 ^b
	Hembra	22.8 ^a	27.4	3.7	9.7	3.6 ^a
Cúrcuma	Macho	21.8 ^b	27.5	3.6	9.6	2.2 ^c
	Hembra	22.9 ^a	27.1	3.6	9.6	3.1 ^{ab}
SEM		0.26	0.08	0.05	0.09	0.93
Valor p						
Fuente de carotenoides (FC)		0.914	0.691	0.204	0.177	0.008
Sexo (S)		<0.001	0.134	0.618	0.069	<0.001
FC x S		0.408	0.702	0.742	0.214	0.791

¹Cada valor representa la media de 5 repeticiones por tratamiento. Cada repetición estuvo conformada por 4 aves.

Pechuga (%) = (Peso de pechuga/Peso carcasa) x 100. Muslos + piernas (%) = (Peso muslos + pechuga/Peso carcasa) x 100. Patatas (%) = (Peso patatas/Peso carcasa) x 100. Alas (%) = (Peso alas/Peso carcasa) x 100. Grasa abdominal (%) = (Peso de la grasa abdominal de la carcasa/Peso carcasa) x 100.

SEM: Error estándar de la media.

^{a,b,c} Las medias dentro de una columna que no comparten igual superíndice difieren significativamente (p <0.05) para los efectos del tratamiento.

En el presente ensayo, la cantidad de grasa abdominal fue menor en pollos doble propósito machos suplementados con cúrcuma en comparación con los pollos alimentados con la dieta control o la dieta basal suplementada con marigold. De otro lado, los pesos relativos de otras piezas de la carcasa no se vieron afectados por los tratamientos dietéticos. Estos resultados son consistentes con resultados reportados por Hernández et al. (2004) quienes no encontraron diferencias entre los controles y grupos suplementados con mezclas de extractos de plantas sobre el peso relativo de estructuras corporales de pollos.

4.3. PIGMENTACIÓN DE LA PIEL DE LAS CARCASAS

Las dos fuentes de carotenoides evaluadas generaron diferentes tonalidades de pigmentación en la piel de pechuga de los pollos doble propósito (p<0.05), tanto en luminosidad, enrojecimiento y amarillamiento, tal como se indica en el cuadro 4.

Tabla 4: Efecto de las fuentes de carotenoides sobre pigmentación de la piel de pollos doble propósito beneficiados a los 112 días de edad.

Fuente de carotenoides	Sexo	CIE L*	CIE a*	CIE b*
Control	Macho	40.6 ^c	2.3 ^c	11.3 ^c
	Hembra	41.2 ^c	2.3 ^c	11.1 ^c
Marigold	Macho	42.4 ^b	4.3 ^b	35.0 ^a
	Hembra	42.5 ^b	4.3 ^b	35.7 ^a
Cúrcuma	Macho	44.2 ^a	6.4 ^a	18.7 ^b
	Hembra	43.9 ^a	6.8 ^a	18.9 ^b
SEM		0.59	0.80	4.52
Valor p				
Fuente de carotenoides (FC)		0.002	<0.001	<0.001
Sexo (S)		0.514	0.815	0.874
FC x S		0.326	0.701	0.502

¹Cada valor representa la media de 5 repeticiones por tratamiento. Cada repetición estuvo conformada por 2 aves. El color de la piel se expresa en dimensiones de luminosidad (L *), enrojecimiento (a *) y amarillez (b *), de acuerdo al sistema de color CIE (Commission Internationale de l'Éclairage).

SEM: Error estándar de la media.

^{a, b, c} Las medias dentro de una columna que no comparten igual superíndice difieren significativamente (p <0.05) para los efectos del tratamiento.

Con polvo de marigold se logró duplicar la coloración roja de la piel del pollo de 2.3 a 4.3 y la intensidad del color amarillo se triplicó, lo cual es concordante con lo reportado por Pérez-Vendrell, quienes lograron incrementar la intensidad roja de la piel del pollo de carne Ross 308 de 3 a 6 veces más respecto del lote control y la intensidad amarilla de 35 hasta superar la intensidad 60, utilizando marigold convencional o químicamente isomerizada. Las mejoras en los valores de pigmentación concuerdan con Grevic et al. (2021), quienes utilizaron dosis de 1g/kg de marigold, logrando cuadruplicar la intensidad roja de la yema de huevo en relación a los huevos del grupo control, del mismo modo incrementaron en un 15% la tonalidad amarilla. Es conveniente considerar cuando se evalúa la intensidad de pigmentación de la piel del pollo, el tiempo transcurrido luego del beneficio. Castañeda et al. (2005) encontró en promedio que el pollo de carne puede mejorar el amarillamiento de su piel hasta valores de 19.8 y 32.3 luego de 15 minutos y dos horas después del sacrificio, respectivamente, en aves que consumieron algún tipo de pigmento natural o artificial.

El polvo de cúrcuma en el presente experimento triplicó el color rojo de la piel de las aves respecto del lote control y con mayor eficacia que el marigold. La cúrcuma también mejoró el amarillamiento, aunque no en la misma intensidad que el polvo de marigold. Se evidenció que el color natural de cada tipo de pigmentante (el polvo amarillo de marigold y el polvo rojo de cúrcuma) influyen sobre la intensidad en el

amarillamiento o enrojecimiento de la piel, lo cual guarda estrecha relación con el contenido de luteína o curcumina de cada producto botánico evaluado.

4.4. PESO RELATIVO DE ÓRGANOS INTERNOS

No se encontraron diferencias entre el tamaño relativo de corazón y molleja por efecto de las fuentes de carotenoides ($p < 0.05$). Se determinó influencia del polvo de cúrcuma en el peso relativo del hígado (Cuadro 5).

Tabla 5: Efecto de las fuentes de carotenoides sobre el peso relativo del corazón, hígado y molleja de pollos doble propósito beneficiados a los 112 días de edad.

Fuente de carotenoides	Sexo	Corazón (%)	Hígado (%)	Molleja (%)
Control	Macho	0.54	1.44 ^b	1.98
	Hembra	0.54	1.76 ^a	2.00
Marigold	Macho	0.52	1.48 ^b	1.92
	Hembra	0.56	1.86 ^a	2.08
Cúrcuma	Macho	0.54	1.34 ^c	2.00
	Hembra	0.60	1.62 ^{ab}	1.86
SEM		0.01	0.08	0.03
Valor p				
Fuente de carotenoides (FC)		0.215	0.009	0.177
Sexo (S)		0.092	<0.001	0.603
FC x S		0.183	0.713	0.071

¹Cada valor representa la media de 5 repeticiones por tratamiento. Cada repetición estuvo conformada por 2 aves. Corazón (%) = (Peso corazón/Peso vivo final) x 100. Hígado (%) = (Peso hígado/Peso vivo final) x 100. Molleja (%) = (Peso molleja/Peso vivo final) x 100.

SEM: Error estándar de la media.

^{a, b, c} Las medias dentro de una columna que no comparten igual superíndice difieren significativamente ($p < 0.05$) para los efectos del tratamiento.

El rizoma de cúrcuma contiene curcumina, que es un extracto usado ampliamente como ingrediente para inhibir la adipogénesis, disminuir peso corporal y aumentar las concentraciones plasmáticas de hormonas tiroideas (Ejaz et al., 2009). En el presente estudio se observó menor tamaño de hígado en los pollos machos suplementados con cúrcuma, hallazgos que coinciden con los reportados por Xie et al (2019) quienes atribuyen tales efectos a la curcumina y su propiedad de disminuir la concentración de triglicéridos en el hígado.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

- La cúrcuma, a la evaluación colorimétrica de piel produce mayor tonalidad rojiza en la carcasa del pollo doble propósito beneficiado a los 112 días de edad, que el marigold; sin embargo, la flor de marigold provoca mayor amarillamiento de la piel a nivel de pechuga, que la cúrcuma
- El rizoma de cúrcuma reduce la acumulación de grasa abdominal en la carcasa del pollo doble propósito, así como evita mayor masa de hígado en relación al peso corporal del ave viva
- Los polvos de flor de marigold y rizoma de cúrcuma suplementados en la fase de finalización no mejoran el rendimiento productivo de pollos doble propósito, y tampoco generan efectos adversos en el crecimiento y eficiencia alimenticia.

6. RECOMENDACIONES

- Utilizar la flor de marigold en la alimentación del pollo doble propósito con la finalidad de lograr una carcasa de color amarillo, preferida por el público consumidor
- Continuar evaluando el rendimiento productivo del pollo doble propósito en fase de postura.
- Evaluar diferentes sistemas de alimentación en el pollo doble propósito a fin de lograr un producto ecológico

BIBLOGRAFÍA

1. Buzala M, Janicki B. 2016. Review: effects of different growth rates in broiler breeder and layer hens on some productive traits. *Poult. Sci.* 95:2151–2159. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev015>.
2. Castañeda MP, Hirschler EM, Sams AR. 2005. Skin Pigmentation Evaluation in Broilers Fed Natural and Synthetic Pigments. *Poultry Science* 84:143–147.
3. Damme K, Urselmans S, Schmidt E. 2015. Der Eierpreis muss es richten. *DGS Magazin* 6:30-34.
4. Ejaz A, Wu D, Kwan P, Meydani M. 2009. Curcumin inhibits adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes and angiogenesis and obesity in C57/BL mice. *J. Nutr.* 139: 919-925.
5. Foroutankhah M, Toghyani M, Landy N. 2019. Evaluation of *Calendula officinalis* L. (marigold) flower as a natural growth promoter in comparison with an antibiotic growth promoter on growth performance, carcass traits and humoral immune responses of broilers. *Animal Nutrition* 5:314-318. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.04.002>.
6. Grevic M, Kralik Z, Kralik G, Galovic D, Radisi Z, Hanzek D. 2019. Quality and oxidative stability of eggs laid by hens fed marigold extract supplemented diet. *Poultry Science* 98:3338–3344. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez134>.
7. Hernández F, Madrid J, García V, Orengo J, Megías MD. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry Science* 83:169-174
8. Krautwald-Junghanns ME, Cramer K, Fischer B, Förster A, Galli R, Kremer F, Mapesa EU, Meissner S, Preisinger R, Preusse G, Schnabel C, Steiner G, Bartels T. 2018. Current approaches to avoid the culling of day-old male chicks in the layer industry, with special reference to spectroscopic methods. *Poultry Science* 97:749–757 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex389>.
9. Lambertz C, Wuthijaree K, Gauly M. 2018. Performance, behavior, and health of male broilers and laying hens of 2 dual-purpose chicken genotypes. *Poult. Sci.* 97:3564-3576. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey223>.
10. Landy N, Ghalamkari G, Toghyani M. 2011. Performance, carcass characteristics, and immunity in broiler chickens fed dietary neem (*Azadirachta indica*) as alternative for an antibiotic growth promoter. *Livestock Science* 142: 305 - 309. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.08.017>.
11. Leenstra, F., G. Munnichs, V. Beekman, E. van den Heuvel, Vromans, L. Aramyan, and H. Woelders. 2011. Killing day-old chicks? Public opinion regarding potential alternatives. *Anim. Welf.* 20:37-45.
12. McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Sinclair LA, Wilkinson RG. 2010. *Animal Nutrition*. Seventh Edition. Pearson Editorial. London, England. 692 pp.
13. Marounek M, Pebriansyah A. 2018. Use of carotenoids in feed mixtures for poultry: a review. *Agricultura Tropica et Subtropica*, 51(3): 107-111. doi: 10.1515/ats20180011.

14. Mueller S, Kreuzer M, Siegrist M, Mannale K, Messikommer RE, Gangnat IDM. 2018. Carcass and meat quality of dual-purpose chickens (Lohmann Dual, Belgian Malines, Schweizerhuhn) in comparison to broiler and layer chicken types. *Poultry Science* 97:3325-3336. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey172>.
15. MINAGRI, 2020. Boletín Estadístico Mensual de la Producción y Comercialización Avícola. 23 p. disponible: <http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/producción-comercializacion-avicola-ene2020-100320.pdf>.
16. Paredes M, Vásquez B. 2020. Crecimiento, características de carcasa, peso de órganos internos y composición proximal de carne de seis genotipos de pollos criados en la región Andina del norte peruano. *Scientia Agropecuaria*; 11(3): 365 - 374. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.08>.
17. Paredes M, Romero A, Torres M, Vallejos L, Mantilla J. 2019. Crecimiento y comportamiento reproductivo de la gallina criolla de huevos con cáscara verde de la provincia de Chota, Cajamarca. *Rev Inv Vet Perú*; 30(2): 733-744. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16070>.
18. Pérez-Vendrell AM, Hernández JM, Llauro L, Schierle J, Brufau J. 2001. Influence of Source and Ratio of Xanthophyll Pigments on Broiler Chicken Pigmentation and Performance. *Poultry Science* 80:320–326.
19. Petracci M, Fletcher DL. 2002. Broiler Skin and Meat Color Changes During Storage. *Poultry Science* 81:1589-1597
20. Pym R. 2013. *Poultry Genetics and Breeding in Developing Countries*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at www.fao.org/publications.
21. Riley WW, Nickerson JG, Burton GW. 2021. Effect of oxidized β -carotene on the growth and feed efficiency of broilers. *Poultry Science* 100:101088. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101088>.
22. Sirri F, Petracci M, Bianchi M, Meluzzi A. 2010. Survey of skin pigmentation of yellow-skinned broiler chickens. *Poultry Science* 89 :1556-1561. doi:10.3382/ps.2009-00623.
23. Torres A, Muth PC, Capote J, Rodríguez C, Fresno M, Valle A. 2019. Suitability of dual-purpose cockerels of 3 different genetic origins for fattening under free-range conditions. *Poultry Science* 98:6564-6571. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez429>.
24. Xie Z, Shen G, Wang Y, Wu C. 2019. Curcumin supplementation regulates lipid metabolism in broiler chickens. *Poultry Science* 98:422-429 <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey315>.
25. Yabuzaki J. 2017. Carotenoids Database: structures, chemical fingerprints and distribution among organisms. *Journal Database* 1-11. doi: [10.1093/database/bax004](https://doi.org/10.1093/database/bax004)

ANEXOS

Anexo 1. Registro de pesos promedio por repetición del lote control (g)

Sexo	Repetición	peso inicial	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana
		20-May	27-May	3-Jun	10-Jun	17-Jun
Macho	1	2248	2555	3055	3275	3275
	2	2443	2876	3237	3605	3968
	3	2543	2928	3244	3314	3694
	4	2606	3059	3549	3509	3714
	5	2755	3153	3509	3549	3969
Hembra	6	1703	1961	2215	2458	2691
	7	1873	2071	2274	2484	2696
	8	1713	1982	2251	2478	2704
	9	1651	1862	2072	2302	2508
	10	1754	2074	2292	2506	2725

Anexo 2. Registro de pesos promedio por repetición del tratamiento Cúrcuma (g).

Sexo	Repetición	peso inicial	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana
		20-May	27-May	3-Jun	10-Jun	17-Jun
Macho	1	2230	2540	2855	3171	3489
	2	2331	2651	2966	3280	3600
	3	2354	2729	3059	3382	3712
	4	2533	2861	3191	3513	3841
	5	2725	3045	3368	3693	4023
Hembra	6	1460	1665	1868	2076	2286
	7	1741	1944	2150	2360	2573
	8	1866	2056	2254	2453	2665
	9	1980	2170	2165	2568	2776
	10	1896	2114	2342	2572	2857

Anexo 3. Registro de pesos promedio por repetición del tratamiento Marigold (g).

Sexo	Repetición	peso inicial	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana
		20-May	27-May	3-Jun	10-Jun	17-Jun
Macho	1	2235	2385	2737	3094	3448
	2	2310	2458	2806	3162	3512
	3	2256	2510	2860	3213	3569
	4	2558	2807	3158	3514	3876
	5	2780	3145	3518	3904	4290
Hembra	6	1542	1752	1967	2181	2399
	7	1698	1908	2123	2344	2561
	8	1706	1915	2128	2345	2564
	9	1755	2002	2222	2438	2654
	10	1820	2030	2242	2457	2677

Anexo 4. ANAVA-PESOS INICIALES

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	3895179.37	779035.873	24.8507917**	2.62	3.9
A	2	21116.8667	10558.4333	0.33680789	3.4	5.61
B	1	3851366.7	3851366.7	122.85636**	4.26	7.82
AxB	2	22695.8	11347.9	0.36199142	3.4	5.61
Error	24	752364.8	31348.5333			
Total	29	4647544.17				

CV 8.4225087

Anexo 5. ANAVA PESOS FINALES

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	9257264.8	1851452.96	35.3223425	2.62	3.9
A	2	8136.8	4068.4	0.07761764	3.4	5.61
B	1	9234091.2	9234091.2	176.169602	4.26	7.82
AxB	2	15036.8	7518.4	0.14343735	3.4	5.61
Error	24	1257982	52415.9167			
Total	29	10515246.8				

CV 7.20588022

Anexo 6. GMD SEGÚN TRATAMIENTOS (g)

Carotenoides	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	36.68	35.29	43.32	30.61	44.96	29.50
2	54.46	29.39	42.93	30.82	45.32	29.71
3	41.11	35.39	46.89	30.64	48.50	28.54
4	39.57	30.61	47.07	32.11	46.71	28.43
5	43.36	34.68	53.93	30.61	46.36	34.32

Anexo 7. ANAVA DE GMD

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	1543.7696	308.75392	22.4345742**	2.62	3.9
A	2	3.89804422	1.94902211	0.14161919	3.4	5.61
B	1	1477.50957	1477.50957	107.358307**	4.26	7.82
AxB	2	62.3619898	31.1809949	2.26566304	3.4	5.61
Error	24	330.297959	13.762415			
Total	29	1874.06756				

CV 9.66236469

Anexo 8. IDA SEGÚN TRATAMIENTOS (g)

Carotenoides	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	146.85	143.85	173.37	144.56	179.45	120.39
2	218.32	151.46	171.34	125.54	181.83	151.56
3	165.34	148.65	188.45	154.39	194.34	117.32
4	157.68	123.54	189.56	131.24	186.93	116.23
5	172.98	142.74	215.95	125.78	185.78	139.82

Anexo 9. ANAVA DEL IDA

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	17052.1981	3410.43962	12.479018**	2.62	3.9
A	2	151.619047	75.8095233	0.27739192	3.4	5.61
B	1	15920.6403	15920.6403	58.2546473**	4.26	7.82
AxB	2	979.938727	489.969363	1.79282942	3.4	5.61
Error	24	6559.05384	273.29391			
Total	29	23611.2519				

CV 10.4076206

Anexo 10. CONVERSION ALIMENTICIA SEGÚN TRATAMIENTOS

Carotenoides	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	4.00	4.08	4.00	4.72	3.99	4.08
2	4.01	5.15	3.99	4.07	4.01	5.10
3	4.02	4.20	4.02	5.04	4.01	4.11
4	3.98	4.04	4.03	4.09	4.00	4.09
5	3.99	4.12	4.00	4.11	4.01	4.07

Anexo 11. ANAVA DEL ICA

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	0.86940878	0.17388176	1.66138664	2.62	3.9
A	2	0.02029632	0.01014816	0.09696253	3.4	5.61
B	1	0.83258721	0.83258721	7.9551145**	4.26	7.82
AxB	2	0.01652525	0.00826262	0.07894683	3.4	5.61
Error	24	2.51185487	0.10466062			
Total	29	3.38126365				

CV 7.75561073

Anexo 12. Rendimiento de carcasa (%)

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	82.9	78.3	82.1	77.9	83.2	77.8
2	82.8	78.4	82.3	78.4	83.5	79.3
3	81.7	78.9	83.7	77.8	82.4	78.4
4	82.3	78.2	81.3	78.4	82.4	78.1
5	82.5	78.3	82.4	78.8	82.4	78.3

Anexo 13. ANAVA DEL RENDIMIENTO DE CARCASA

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	131.192	26.2384	86.5002198	2.62	3.9
A	2	0.366	0.183	0.6032967	3.4	5.61
B	1	130.625333	130.625333	430.632967	4.26	7.82
AxB	2	0.20066667	0.10033333	0.33076923	3.4	5.61
Error	24	7.28	0.30333333			
Total	29	138.472				

CV 0.68468058

Anexo 14. Rendimiento de pechuga (%)

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	21.7	22.9	21.4	22.5	21.4	22.5
2	20.7	23.4	21.5	22.6	21.8	23.4
3	22.7	23.2	21.9	22.5	22.4	23.1
4	21.9	23.0	23.2	23.4	21.5	22.9
5	21.3	22.4	21.2	23.1	21.8	22.6

Anexo 15. ANAVA DEL RENDIMIENTO DE PECHUGA

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	9.895	1.979	6.64465585	2.62	3.9
A	2	0.002	0.001	0.00335758	3.4	5.61
B	1	9.747	9.747	32.726357	4.26	7.82
AxB	2	0.146	0.073	0.24510353	3.4	5.61
Error	24	7.148	0.29783333			
Total	29	17.043				

CV 2.44398158

Anexo 16. Rendimiento de muslo y pierna (%)

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	27.8	27.1	27.9	27.3	28.7	25.8
2	27.4	27.5	27.3	27.9	26.4	26.7
3	26.9	27.9	27.8	27.3	27.8	27.8
4	28.3	26.5	28.3	26.9	27.3	27.4
5	27.4	27.9	26.4	27.6	27.3	27.5

Anexo 17. ANAVA DEL RENDIMIENTO DE MUSLO Y PIERNA

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	0.92566667	0.18513333	0.41980348	2.62	3.9
A	2	0.26666667	0.13333333	0.30234316	3.4	5.61
B	1	0.507	0.507	1.14965986	4.26	7.82
AxB	2	0.152	0.076	0.1723356	3.4	5.61
Error	24	10.584	0.441			
Total	29	11.5096667				

CV 2.42334865

Anexo 18. Rendimiento de patas

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	3.7	3.9	3.5	3.7	3.3	3.5
2	3.8	3.8	3.8	3.5	3.6	3.7
3	3.4	3.2	3.2	4.0	3.7	4.0
4	4.2	4.2	3.3	4.1	4.0	3.5
5	4.1	4.0	4.0	3.3	3.2	3.4

Anexo 19. ANAVA DEL RENDIMIENTO DE PATAS

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	0.3946667	0.0789333	0.751746	2.62	3.9
A	2	0.3206667	0.1603333	1.5269841	3.4	5.61
B	1	0.0333333	0.0333333	0.3174603	4.26	7.82
AxB	2	0.0406667	0.0203333	0.1936508	3.4	5.61
Error	24	2.52	0.105			
Total	29	2.9146667				

CV 8.7894313

Anexo 20. Rendimiento de alas (%)

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	9.3	9.8	9.3	8.9	9.3	9.9
2	9.1	9.3	9.3	10.2	9.4	9.9
3	9.4	9.1	9.1	10.2	10.0	9.5
4	8.7	9.9	10.0	9.4	10.3	9.5
5	9.2	9.9	9.2	9.9	9.1	9.1

Anexo 21. ANAVA DEL RENDIMIENTO DE ALAS

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	1.1146667	0.2229333	1.3037037	2.62	3.9
A	2	0.2926667	0.1463333	0.8557505	3.4	5.61
B	1	0.4813333	0.4813333	2.8148148	4.26	7.82
AxB	2	0.3406667	0.1703333	0.9961014	3.4	5.61
Error	24	4.104	0.171			
Total	29	5.2186667				

CV 4.349805

Anexo 22. Rendimiento de grasa abdominal (%)

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	2.6	3.2	2.7	3.3	2.4	3.1
2	2.9	3.4	2.8	3.8	2.4	3.6
3	3.1	3.3	2.9	3.9	1.8	2.5
4	2.2	3.5	3.2	3.1	1.9	3.1
5	2.5	2.9	2.7	3.7	2.5	3.1

Anexo 23. ANAVA DEL RENDIMIENTO DE GRASA ABDOMINAL

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	5.6936667	1.1387333	11.502357	2.62	3.9
A	2	1.6326667	0.8163333	8.2457912	3.4	5.61
B	1	3.9603333	3.9603333	40.003367	4.26	7.82
AxB	2	0.1006667	0.0503333	0.5084175	3.4	5.61
Error	24	2.376	0.099			
Total	29	8.0696667				

CV 10.714279

Anexo 24. PESO RELATIVO DEL CORAZON (%)

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6
2	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6
3	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6
4	0.6	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6
5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6

Anexo 25. ANAVA DEL CORAZÓN

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	0.019	0.0038	1.2	2.62	3.9
A	2	0.006	0.003	0.9473684	3.4	5.61
B	1	0.00833333	0.00833333	2.6315789	4.26	7.82
AxB	2	0.00466667	0.00233333	0.7368421	3.4	5.61
Error	24	0.076	0.0031667			
Total	29	0.095				

CV 10.231481

Anexo 26. PESO RELATIVO DEL HIGADO (%)

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	1.4	1.8	1.4	1.8	1.4	1.9
2	1.4	1.8	1.5	1.8	1.4	1.3
3	1.4	1.9	1.5	1.9	1.1	1.5
4	1.5	1.6	1.5	1.9	1.4	1.7
5	1.5	1.7	1.5	1.9	1.4	1.7

Anexo 27. ANAVA DEL HIGADO

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	0.9976667	0.1995333	13.156044	2.62	3.9
A	2	0.1846667	0.0923333	6.0879121	3.4	5.61
B	1	0.8003333	0.8003333	52.769231	4.26	7.82
AxB	2	0.0126667	0.0063333	0.4175824	3.4	5.61
Error	24	0.364	0.0151667			
Total	29	1.3616667				

CV 7.7780856

Anexo 28. PESO RELATIVO DE MOLLEJA (%)

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	1.9	1.9	1.9	2.2	2.2	1.9
2	1.9	2.0	1.9	2.3	2.1	1.9
3	2.0	2.1	1.9	2.1	1.9	1.9
4	2.2	2.2	1.9	2.0	1.9	1.8
5	1.9	1.8	2.0	1.8	1.9	1.8

Anexo 29. ANAVA DE MOLLEJA

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	0.1426667	0.0285333	1.6461538	2.62	3.9
A	2	0.0286667	0.0143333	0.8269231	3.4	5.61
B	1	0.0013333	0.0013333	0.0769231	4.26	7.82
AxB	2	0.1126667	0.0563333	3.25	3.4	5.61
Error	24	0.416	0.0173333			
Total	29	0.5586667				

CV 6.6717627

Anexo 30. LUMINOSIDAD

carotenoide	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	40.3	40.3	41.9	41.8	43.3	43.5
2	41.2	40.9	43.2	41.4	44.6	44.5
3	40.8	41.2	43.2	43.2	46.3	44.6
4	40.3	43.2	41.8	43.2	44.3	44.5
5	40.3	40.4	41.9	43.1	42.3	42.8

Anexo 31. ANAVA DE LUMINOSIDAD

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	51.653667	10.330733	10.817522	2.62	3.9
A	2	50.562667	25.281333	26.4726	3.4	5.61
B	1	0.2803333	0.2803333	0.2935428	4.26	7.82
AxB	2	0.8106667	0.4053333	0.4244328	3.4	5.61
Error	24	22.92	0.955			
Total	29	74.573667				

CV 2.3006537

Anexo 32. ENROJECIMIENTO

carotenoides	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	2.4	2.1	4.9	4.5	6.5	7.6
2	2.1	2.2	4.5	4.9	6.9	6.5
3	2.2	2.4	5.7	3.8	6.7	6.3
4	2.3	2.3	3.4	3.9	6.6	6.9
5	2.3	2.3	3.0	4.5	5.4	6.9

Anexo 33. ANAVA DE ENROJECIMIENTO

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	96.048	19.2096	56.278125	2.62	3.9
A	2	95.606	47.803	140.04785	3.4	5.61
B	1	0.1613333	0.1613333	0.4726563	4.26	7.82
AxB	2	0.2806667	0.1403333	0.4111328	3.4	5.61
Error	24	8.192	0.3413333			
Total	29	104.24				

CV 13.278123

Anexo 34. AMARILLAMIENTO

carotenoides	Control		Marigold		Curcuma	
	M	H	M	H	M	H
1	10.5	10.9	35.4	30.6	18.9	19.8
2	11.3	10.4	29.7	35.4	22.4	19.4
3	10.9	11.4	35.4	37.9	16.7	17.4
4	12.3	11.9	38.4	36.4	18.1	17.3
5	11.3	10.8	36.1	38.3	17.2	20.5

Anexo 35. ANAVA DE AMARILLAMIENTO

FV	GL	SC	CM	Fc	F 0.05	F 0.01
Tratamientos	5	3061.9787	612.39573	132.09097	2.62	3.9
A	2	3060.4807	1530.2403	330.06586	3.4	5.61
B	1	0.4813333	0.4813333	0.1038214	4.26	7.82
AxB	2	1.0166667	0.5083333	0.1096452	3.4	5.61
Error	24	111.268	4.6361667			
Total	29	3173.2467				

CV 9.8920794