

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

TRABAJO DE GRADO

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE ACHIOTE EN PARÁMETROS
PRODUCTIVOS Y DE BIENESTAR ANIMAL DE CODORNICES JAPONESAS**
(Coturnix japonica)

VEGA DE LA RIVERA, ISABEL ANMERIS

C.I.P. 8-971-1302

PROFESOR ASESOR

VARGAS, REYNALDO

DAVID, CHIRIQUÍ
REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE ACHIOTE EN PARÁMETROS
PRODUCTIVOS Y DE BIENESTAR ANIMAL DE CODORNICES JAPONESAS
(*Coturnix japónica*)**

**TRABAJO DE GRADO SOMETIDO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE CIENCIAS PECUARIAS

**PERMISO PARA SU PUBLICACIÓN, REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DEBE
SER OBTENIDO EN LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

APROBADO POR:

Reynaldo Vargas PhD

Víctor Sánchez M. Sc

Alex Samudio M. Sc

DAVID, CHIRIQUÍ

REPÚBLICA DE PANAMÁ

2026

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento, dedico este logro, en primer lugar, a Dios, por guiar cada uno de mis pasos, brindarme fortaleza en los momentos de dificultad y permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres, Eduardo Vega y Xiomara De La Rivera, por su amor incondicional, su sacrificio constante y por ser el pilar fundamental en mi formación personal y académica. Gracias por su apoyo inquebrantable y por confiar siempre en mí.

A mis hermanos, Elías y Alanis, por su compañía, comprensión y apoyo a lo largo de este camino.

A mis amistades, quienes han estado presentes en cada etapa de mi formación, brindándome ánimo, apoyo sincero y momentos de alegría que hicieron más llevadero este proceso.

A toda mi familia, por su respaldo constante y por estar siempre a mi lado.

A mi abuelo, quien, aunque no se encuentra físicamente, permanece en mi memoria y en mi corazón; sé que estaría orgulloso de este logro.

A los profesores que formaron parte de mi preparación académica, por compartir sus conocimientos, orientación y apoyo a lo largo de mi formación. De manera especial, al profesor Reynaldo Vargas, por su dedicación y valioso acompañamiento.

Finalmente, a esa persona especial, cuyo apoyo, motivación y palabras oportunas fueron un impulso constante para seguir adelante sin rendirme.

Este logro también les pertenece.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por ser guía constante en mi vida, por concederme la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para superar cada uno de los desafíos presentados a lo largo de mi formación académica, y por permitirme culminar con éxito esta importante etapa.

Expreso mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres, Eduardo Vega y Xiomara De La Rivera, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. Gracias por su amor incondicional, sus sacrificios, su apoyo constante y por inculcar en mí valores que han sido esenciales para alcanzar este logro. Sin ustedes, este camino no habría sido posible. Mis hermanos, por su compañía, comprensión y por brindarme ánimo en los momentos en los que más lo necesité.

A mis amistades, quienes a lo largo de la carrera han compartido conmigo experiencias, aprendizajes y momentos inolvidables. Gracias por su apoyo sincero, por su compañía y por hacer de este proceso una etapa más llevadera y significativa.

Extiendo mi agradecimiento a todos los docentes que formaron parte de mi preparación académica, quienes con dedicación, compromiso y vocación contribuyeron a mi formación profesional, compartiendo no solo conocimientos, sino también experiencias y enseñanzas valiosas. De manera especial, al profesor Vargas, por su orientación, disposición y valioso acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo, siendo un apoyo clave en la culminación de este.

De igual manera, expreso mi sincero agradecimiento al personal del área avícola, en especial al encargado Ing. Madrid, por su disposición, colaboración y apoyo brindado durante el desarrollo de mis actividades. Asimismo, a los trabajadores Randolf y Oscar, quienes con su experiencia y buena voluntad contribuyeron significativamente, siempre dispuestos a colaborar y brindar su ayuda. A los trabajadores del área de lechería, Porfirio y Teófilo, por su constante apoyo, por estar siempre atentos y

disponibles para ayudarme en cada momento que lo necesité. De igual forma, agradezco al señor Luis, del área apícola, por su disposición y colaboración, así como a los trabajadores del área de cría y ceba.

Finalmente, agradezco de manera especial a esa persona que ha sido un apoyo constante en mi vida, por su motivación, comprensión y palabras de aliento en los momentos más desafiantes, impulsándome a seguir adelante con determinación y sin rendirme.

A todos ustedes, quienes de una u otra forma formaron parte de este proceso, les expreso mi más profundo agradecimiento. Este logro también les pertenece.

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE HARINA DE ACHIOTE EN PARÁMETROS
PRODUCTIVOS Y DE BIENESTAR ANIMAL DE CODORNICES JAPONESA
(*Coturnix japonica*)**

RESUMEN

El uso de aditivos naturales en la alimentación avícola ha cobrado relevancia debido a su impacto en la calidad del huevo y el bienestar animal. La harina de achiote (*Bixa orellana*), rica en carotenoides como la bixina, representa una alternativa potencial como pigmentante natural y modulador fisiológico en aves de postura. Se evaluó el efecto de la inclusión de harina de achiote sobre parámetros productivos y de bienestar en codornices japonesas (*Coturnix japonica*), distribuidas en un diseño completamente al azar con cinco tratamientos (0%, 0.25%, 0.5%, 1% y 2%) y cuatro repeticiones. Se midieron consumo de alimento, ganancia de peso, conversión alimenticia, mortalidad, tasa de postura, peso del huevo, pigmentación de la yema (abanico DSM) y variables de bienestar animal mediante un protocolo modificado de Welfare Quality®. Los datos fueron analizados mediante ANOVA, Kruskal-Wallis, modelos lineales generalizados y pruebas post-hoc, con un nivel de significancia de ($p < 0.05$). Se observaron diferencias significativas en consumo de alimento y peso del huevo ($p < 0.05$), destacándose el tratamiento con 0.5% de inclusión. No se detectaron diferencias en ganancia de peso, conversión alimenticia ni mortalidad ($p > 0.05$). La tasa de postura aumentó significativamente con el tiempo ($p < 0.001$), siendo mayor en el tratamiento con 0.5%. La pigmentación de la yema se incrementó conforme aumentó el nivel de inclusión de achiote ($p < 0.05$), con mayores valores en 1% y 2%. En bienestar animal, se evidenciaron diferencias significativas en lesiones, infecciones respiratorias y respuesta a estímulos ($p < 0.05$). Los resultados sugieren que niveles moderados de inclusión (0.5%) optimizan el desempeño productivo, posiblemente debido a efectos de los compuestos bioactivos del achiote sobre la salud intestinal. La mejora en la pigmentación confirma el papel de los carotenoides en la deposición de color en la yema, aunque su estabilidad puede verse afectada por factores ambientales.

Palabras clave: *Bienestar animal, bixina, carotenoides, codorniz, pigmentación.*

EFFECT OF THE ADDITION OF ANNATTO FLOUR ON PRODUCTIVE AND ANIMAL WELFARE PARAMETERS OF JAPANESE QUAIL (*Coturnix japonica*)

ABSTRACT

The use of natural additives in poultry feed has gained importance due to their impact on egg quality and animal welfare. Annatto (*Bixa orellana*) meal, rich in carotenoids such as bixin, represents a potential alternative as a natural pigment and physiological modulator in laying hens. The effect of including annatto flour on production and welfare parameters in Japanese quails (*Coturnix japonica*) was evaluated using a completely randomized design with five treatments (0%, 0.25%, 0.5%, 1%, and 2%) and four replicates. Feed intake, weight gain, feed conversion ratio, mortality, laying rate, egg weight, yolk pigmentation (DSM fan), and animal welfare variables were measured using a modified Welfare Quality® protocol. Data was analyzed using ANOVA, Kruskal-Wallis, generalized linear models, and post-hoc tests, with a significance level of $p < 0.05$. Significant differences were observed in feed intake and egg weight ($p < 0.05$), with the treatment containing 0.5% achiote standing out. No differences were detected in weight gain, feed conversion ratio, or mortality ($p > 0.05$). The laying rate increased significantly over time ($p < 0.001$), being highest in terms of treatment containing 0.5%. Yolk pigmentation increased as the inclusion level of achiote increased ($p < 0.05$), with higher values at 1% and 2%. Regarding animal welfare, significant differences were observed in lesions, respiratory infections, and response to stimuli ($p < 0.05$). The results suggest that moderate inclusion levels (0.5%) optimize productive performance, possibly because of annatto's bioactive compounds on intestinal health. The improvement in pigmentation confirms the role of carotenoids in yolk coloration, although their stability may be affected by environmental factors.

Keywords: Animal welfare, *bixin*, *carotenoids*, *quail* and *pigmentation*.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Codorniz japonesa (<i>Coturnix coturnix japonica</i>)	16
2.2. Sistema de crianza de la codorniz	17
2.3. Características de la codorniz.....	18
2.4. Condiciones ambientales	19
2.5. Alimentación en fase de recría	19
2.6. Alimentación en fase de postura.....	20
2.7. El huevo de codorniz y su correcta recolección	21
2.8. Color de la yema.....	21
2.9. Pigmentos.....	22
2.9.1. Pigmentos naturales	22
2.9.2. Achiote (<i>Bixa orellana</i>).....	23
2.9.3. Los carotenoides presentes en el achiote.....	23
2.10. Objetivos del estudio	25
2.11. Hipótesis	25
III. MARCO METODOLÓGICO	26
3.1. Ubicación del estudio	26
3.2. Animales de estudio	26
3.3. Periodo de aclimatación	26
3.4. Periodo experimental.....	26
3.5. Alimentación.....	26
3.6. Tratamientos.....	27
3.7. Parámetros para evaluar.....	28
3.7.1. Consumo de alimento	28
3.7.2. Ganancia de peso.....	28

3.7.3.	Conversión alimenticia	28
3.7.4.	Mortalidad	28
3.7.5.	Tasa de postura	29
3.7.6.	Peso del huevo	29
3.7.7.	Pigmentación de la yema.....	29
3.7.8.	Pruebas de bienestar animal	29
3.8.	Diseño experimental	31
3.9.	Análisis estadístico.....	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1.	RESULTADOS	32
4.1.1.	Consumo de alimento	32
4.1.2.	Ganancia de peso.....	32
4.1.3.	Conversión alimenticia	33
4.1.4.	Mortalidad	34
4.1.5.	Producción de huevos	34
4.1.6.	Peso del huevo	34
4.1.7.	Pigmentación de la yema.....	35
4.1.8.	Pruebas de bienestar	36
4.1.8.1.	Heridas en el cuerpo	36
4.1.8.2.	Patologías oculares.....	36
4.1.8.3.	Infecciones respiratorias	37
4.1.8.4.	Prueba de objeto novedoso.....	37
4.2.	DISCUSIÓN	38
4.2.1.	Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia	38
4.2.2.	Mortalidad	39
4.2.3.	Producción de huevos	40
4.2.4.	Peso de huevo	41
4.2.5.	Pigmentación.....	42
4.2.6.	Pruebas de bienestar	44
	CONCLUSIONES	47
	RECOMENDACIONES.....	48
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	49
	ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la <i>C. coturnix japonica</i>	17
Tabla 2. Requerimientos nutricionales de codornices japonesas en la fase de recría (%)	19
Tabla 3. Requerimientos nutricionales de las codornices en la fase de postura	20
Tabla 4. Composición proximal de los huevos de codorniz.....	21
Tabla 5. Composición química del pigmento de las semillas de achiote.....	23
Tabla 6. Perfil nutricional y costo total para cada fase de las codornices en estudio	27
Tabla 7. Protocolo modificado de la aplicación de Welfare Cuality®	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Media $\pm$ desviación estándar de consumo de alimento por ave en gramos de los tratamientos.....	32
Figura 2. Media $\pm$ desviación estándar de ganancia de peso en gramos.....	33
Figura 3. Media $\pm$ desviación estándar de conversión alimenticia	33
Figura 4. Porcentaje de producción de huevos por tratamiento estudiado	34
Figura 5. Media $\pm$ desviación estándar de peso del huevo en gramos de los tratamientos	35
Figura 6. Media $\pm$ y desviación estándar de nivel de pigmentación por semana	36
Figura 7. Media $\pm$ y desviación estándar de nivel de patologías oculares por semana.....	37
Figura 8. Media $\pm$ y desviación estándar de nivel de prueba de objeto novedoso.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Limpieza del área de trabajo para el proyecto.....	59
Anexo 2. Armado de jaulas, aplicación de cal en el área de trabajo, aplicación de cascarilla de arroz y colocación de bebederos y comederos.....	60
Anexo 3. Preparación del achiote (asoleado, molido, licuado y molido por segunda vez)	60
Anexo 4. Preparación del alimento	61
Anexo 5. Recepción de las codornices e instalación en sus jaulas con comida y agua.....	61
Anexo 6. Manipulación de las codornices (pesaje inicial, observaciones de problemas en general y comportamiento ante objetos novedosos)	62
Anexo 7. Diferenciación entre hembras y machos	62
Anexo 8. Recolecta de los huevos.....	63
Anexo 9. Observación de diferencias entre tamaños y formas	63
Anexo 10. Pesaje de los huevos.....	64
Anexo 11. Observación de diferentes niveles de pigmentación en la yema	65

I. INTRODUCCIÓN

El huevo es un alimento primordial y básico en la dieta de la especie humana, esto de acuerdo con Torre *et al.* (2005), ya que es una fuente de proteína de excelente calidad, siendo este superior a la leche y la carne. En nuestra población se suele consumir de manera preferencial los huevos de gallina, pero también los huevos de codorniz, siendo este ultimo de forma más reducida. Díaz *et al.* (2016), aluden que, con el paso del tiempo, el consumo del huevo de codorniz se ha visto incrementado, esto debido a que su contenido de colesterol es muy bajo, así como un mayor valor nutritivo.

El huevo de codorniz es uno de los alimentos más completos para la alimentación humana, pues en su composición figuran proteínas de excelente valor biológico con la mayor parte de los aminoácidos esenciales, además de vitaminas, minerales y ácidos grasos esenciales (Díaz *et al.*, 2016).

De acuerdo con los estudios realizados por Segura (2021), la baja demanda de consumir huevo se debe a factores claves. La creencia de que el huevo presenta valores alto de colesterol y triglicéridos que tienen un efecto detrimental para la salud humana. Otro aspecto relacionado con el bajo consumo es la coloración de la yema, principalmente cuando está tiene una tonalidad pálida asociada a la alimentación generando la percepción en el consumidor de un producto de baja calidad.

En primera instancia, los consumidores buscan opciones alimenticias que sean altamente nutritivas, proporcionando proteínas de calidad, vitaminas y minerales esenciales para la salud. De igual manera, el huevo se destaca por ser un producto accesible y económico en comparación con otras fuentes de proteína animal, lo que lo convierte en una alternativa viable para diferentes grupos de la población. Otro aspecto importante es el interés que muestran los consumidores por el color de la yema, ya que este es asociado con la calidad del alimento y la percepción de un mayor valor nutricional.

Maia *et al.* (2020), demuestran en sus estudios que existe una perceptible preferencia hacia el consumo de huevos con una mayor pigmentación en la yema, basándose que en las dietas ofrecidas a las productoras contienen materias primas con xantofilas, los cuales permiten obtener diversos tonos de amarillo a naranja intenso en las yemas.

El achiote (*Bixa orellana*) es una especie arbustiva que se encuentra distribuida en la zona tropical del continente americano (Sepúlveda *et al.*, 2016); esta especie ha ganado gran popularidad en la gastronomía latina debido a su colorante de intenso color rojo en su fruto. Las semillas de este arbusto contienen un gran aporte de proteínas y betacarotenos, siendo la bixina o bixina E-160b el principal betacaroteno que tiene función como antioxidante y agente antimicrobiano.

Rojas *et al.* (2015), comentan que los antioxidantes que aporta la semilla de achiote ayudan en el proceso de captura de los radicales libres, los cuales se producen en la peroxidación lipídica del huevo. Esto provoca en el huevo un efecto de conservación durante mucho más tiempo, ya que se conserva en gran medida la clara, la cual regula la humedad.

Además del aporte en antioxidantes, el uso del achiote en las dietas de las aves incrementa el color de la yema del huevo, siendo este un producto más atractivo para los consumidores (Martínez *et al.*, 2021).

Moncayo & Ramírez (2020), señalan que el achiote es un aditivo natural implementado en la alimentación de las aves, debido a que posee propiedades nutricionales y medicinales, siendo rico en vitaminas A, B y C, calcio y hierro; además, posee efectos antiinflamatorios, antivirales, antiparasitarios, antimicrobianos y antibacterianos contra *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*.

El alcance de esta investigación se basa en generar información pertinente respecto a la utilización del achiote en las dietas de las codornices, ya que es un ingrediente natural que promueve la salud de las aves, y con esto se puede proporcionar una alternativa viable para el productor que le permita tomar decisiones y poderlas aplicar en sus explotaciones.

Entre una de las mayores limitaciones de esta investigación se encuentra la escasa información respecto al tema en nuestro país, por lo que siempre se debe extraer información de estudios realizados en otros países, bajo diferentes condiciones.

Por tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de la adición de harina de achiote en parámetros productivos y de bienestar animal de codornices japonesa (*Coturnix japonica*).

II. MARCO TEÓRICO

El incremento de la población en las últimas décadas se ve estrechamente relacionado con el alza de la demanda de alimentos, siendo en su mayoría los de origen animal. Como producto de este incremento en la población, los sistemas pecuarios sienten la necesidad de implementar sistemas de intensificación, del mismo modo que, buscar especies alternativas para poder satisfacer la demanda, siendo una buena opción la codorniz para la producción de huevo y carne (Egbeyale *et al.*, 2013; Rosario & Nieves, 2015; Mnisi *et al.*, 2017).

La coturnicultura es una rama de la avicultura cuya finalidad es la de criar, mejorar y fomentar la producción de codornices para aprovechar sus productos: huevos, carne, entre otros (Díaz *et al.*, 2016). Vali (2008), saca a relucir que la especie más utilizada es la *Coturnix coturnix japonica*, la cual posee como principales características una mayor corpulencia y buena producción de huevos. De acuerdo con Cordero-Salas (2012), el peso de estas aves puede oscilar entre los 100 g y 128 g, son aves precoces con un rápido desarrollo sexual y el consumo de estas aves es alrededor de 20 g a 30 g de alimento diariamente.

2.1. Codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*)

Valle *et al.* (2015), señala que la codorniz común (*Coturnix coturnix*), es un ave migratoria procedente de Asia, África y Europa. Siendo esta una especie que migra entre Europa y Asia, y termina siendo domesticada en China, en Japón para el año 1910, la codorniz era utilizada principalmente por su carne y huevos, sin embargo, de manera especial era utilizada por su conto.

De acuerdo con los estudios realizados por Carranza & Ortiz (2019), las especies de codorniz más utilizadas para la cría a gran escala son la subespecie *Coturnix coturnix* o Codorniz común, siendo estas aves procedentes de Asia, África y Europa.

La subespecie *Coturnix coturnix* luteína puede pesar entre 90 y 100 gramos, generalmente más que los machos; las hembras tienen un pecho extendido y un

vientre ancho, y son resistentes a cualquier tipo de temperatura. La codorniz produce principalmente huevos y carne. Esta codorniz genera aproximadamente 300 huevos anuales (Carranza & Ortiz, 2019). En la tabla 1 se describe la taxonomía de la codorniz japónica.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la *C. coturnix japonica*

Clasificación Taxonómica de la <i>C. coturnix japónica</i>	
Reino:	Animal
Tipo:	Vertebrado
Clase:	Ave
Subclase:	Carenadas
Orden:	Gallináceas
Familia:	Phasianidae
Género:	<i>Coturnix</i>
Especie:	<i>C. coturnix</i>
Nombre común:	Codorniz

Fuente: Grimaldos (2020).

2.2. Sistema de crianza de la codorniz

Pushug (2017), menciona que el proceso de crianza de codornices de postura se lleva a cabo desde la semana cinco de vida de estas, esto debido a que es el tiempo en el que las codornices empiezan su periodo de postura. Además, el lugar donde estas van a ser instaladas se deberá desinfectar con dos semanas de anticipación antes de recibir las codornices, esto con la finalidad de eliminar todos aquellos agentes patógenos o bacteriológicos que pudieran encontrarse en el lugar.

La coturnicultura está basada en una serie de conocimientos en lo que corresponde a instalaciones, manejo, bioseguridad, programas de desinfección y prevención de enfermedades, al igual que un buen conocimiento sobre la alimentación equilibrada; buscando optimizar la producción de huevo y carne (Ramos, 2008).

Conforme a Pushug (2017), el cuidado de las codornices debe ser muy riguroso, principalmente lo que corresponde al suministro de los alimentos. Esta actividad debe ser realizada en el mismo horario todos los días, además de que la persona que sea

la encargada de esta actividad debe procurar llevar siempre la misma ropa, siendo en este caso mejor el uso de un uniforme; se debe evitar realizar movimientos bruscos dentro del recinto en donde estén las codornices, esto con la finalidad de acostumbrar a las mismas y así también evitar el mínimo de estrés.

2.3. Características de la codorniz

Valle-Muñoz & Bustamante-Castro (2015), detallan que la codorniz brinda a la vista un conjunto armónico delimitado por una elipse cuyas terminales pertenecen a la cabeza y cola. Esta distribución corporal corresponde a las aves terrestres voladoras, y les facilita la búsqueda de refugio en el terreno, confundiendo con su hábitat.

Otra de las características que presenta la codorniz, según Martínez (2013), es que esta presenta un vuelo corto, bajo y rápido, utilizado por esta ave como método de escape por sus depredadores y cazadores; además, son hábiles movilizándose en tierra en distancias medias y largas.

Pazmiño (2012), alude que la conducta que suelen presentar estas aves a nivel social es una organización en pequeñas parvadas, siendo este comportamiento más común en temporada de apareamiento. Estas aves, además, emiten sonidos muy similares a vocalizaciones y llamadas distintivas que son muy relacionadas a un tipo de comunicación primitiva.

Estas aves, en cuanto al tema de la reproducción de acuerdo con Tapia (2018), suelen ser consideradas aves sexualmente maduras a una muy corta edad, siendo alrededor de las 5 a 6 semanas de vida; su temporada de apareamiento siempre coincide con las épocas de primavera y verano.

Al ser animales bastante precoces, suelen llegar a una madurez sexual a partir de las 6 y 8 semanas desde su nacimiento, es decir, que ya suelen estar listas para la reproducción; sin embargo, esto puede verse frenado debido a condiciones negativas como es un medioambiente malo o problemas genéticos (Cori *et al.*, 2009).

2.4. Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales son un factor muy importante para el desarrollo de una buena producción y a la vez disminuir el riesgo de la pérdida de animales, siendo estas condiciones la temperatura, humedad, luz (Rodríguez, 2014). La codorniz es muy adaptable a diversos climas, pero al ser utilizada en explotaciones domésticas se atribuye a que tiene mejores niveles de producción en temperaturas que oscilan entre los 18° y 30° C con ambiente seco. Al establecer una explotación coturnícola la ubicación de esta debe ser en lugares frescos con buena iluminación; es conveniente que las codornices reciban luz natural en las mañanas, ya que ayuda para la fijación de vitamina D y calcio. Noe (2015), sugiere que es ideal que las codornices se mantengan a una temperatura de 22° C, ya que temperaturas muy bajas inducirían a estas aves a una muda artificial, ocasionando una disminución y hasta la deterioración de la postura.

2.5. Alimentación en fase de recría

Las raciones de inicio deben contener 26 a 30% de proteínas, sobre todo si se trata de los polluelos dedicados a carne, para obtener un desarrollo precoz. Las exigencias del polluelo de codorniz, en cuanto a la composición de la ración, son iguales a las de la gallina, en la tabla 2 se muestran los requerimientos nutricionales de estos polluelos. Se cuidará que los valores de cistina no bajen del 0.3% y la suma de metionina y cistina no debe ser menor de 0.75 g. (Valle *et al.*, 2015).

Tabla 2. *Requerimientos nutricionales de codornices japonesas en la fase de recría (%)*

Requerimientos Nutricionales de Codornices Japonesas en la Fase de Recría (%)		
Requerimiento		Fase Recría
<i>Peso Medio</i>	<i>Gr</i>	158
<i>Ganancia</i>	<i>gr/día</i>	5.29
<i>Energía</i>		
<i>Metabolizable</i>	<i>kcal/kg</i>	2900
<i>Proteína Cruda Total</i>	<i>%</i>	23.01
<i>Calcio</i>	<i>%</i>	0.911

<i>Fósforo</i>	%	0.428
<i>Lisina</i>	%	1.15
<i>Metionina</i>	%	0.437
<i>Treonina</i>	%	0.77

Fuente: Rostango *et al.*, (2017)

2.6. Alimentación en fase de postura

Vásquez & Ballesteros (1996), indican que las codornices al ser animales muy precoces y de alto rendimiento, necesitan un alimento que sea rico en proteínas, siendo el consumo promedio de estas aves de 25 g por día. En la tabla 3 podemos observar los requerimientos nutricionales que exigen estas aves en la fase de postura.

Tabla 3. *Requerimientos nutricionales de las codornices en la fase de postura*

Requerimientos de las codornices en postura	
Proteína Bruta %	17 – 24
Grasa %	0.7 – 4.0
Fibra Bruta %	4.0 – 5.0
Calcio %	2.9 – 3.15
Fósforo %	0.35 – 0.45
Sodio %	0.12 – 0.18
Cloro %	0.14 – 0.15
Potasio %	0.65 – 0.8
E.M. Mcal	2.75 – 2.9
Lisina %	0.8 – 1.1
Metionina %	0.41 – 0.53
Treonina %	0.58 – 1.1

Fuente: Buenaño-Buenaño *et al.*,
(2016)

Rodríguez (2014), señala que las codornices que se encuentran en etapa de postura requieren altos niveles de proteína, debiéndose utilizar dietas con 22 a 24% de proteína. El manejo que se les brinda debe evitar el estrés, para prevenir que se lastimen y disminuyan la producción de huevos. Es indispensable que dispongan de agua limpia y fresca durante todo el tiempo. Los complejos vitamínicos y proteínicos son de suma importancia para el desarrollo y crecimiento. Estos animales son susceptibles a que sufran de canibalismo al estar en espacios reducidos, por lo que se recomienda que las jaulas y corrales no tengan sobrepoblación.

2.7. El huevo de codorniz y su correcta recolección

Vargas *et al.* (2014), menciona que los huevos de codorniz tienen un peso promedio de 10g, midiendo alrededor de 3.14 cm en su diámetro longitudinal y 2.41 cm en su diámetro transversal. El peso de los huevos puede ser variable, ya que al inicio y terminación del ciclo de postura el tamaño se puede ver más reducido. La composición del huevo de codorniz se encuentra detallada en la tabla 4.

Tabla 4. *Composición proximal de los huevos de codorniz*

Características (g/100g)	Clara	Yema	Huevo entero
Humedad	86 ± 1.4	51 ± 7.4	69.49 ± 4.0
Proteína	11.63 ± 2.6	15.63 ± 1.9	13.63 ± 2.1
Colesterol	—	1.13 ± 0.2	—
Lípidos	—	33.61 ± 2.2	12.59 ± 2.2
Ácido Graso Mirístico	—	0.75 ± 0.11	—
Ácido Graso Palmítico	—	28.04 ± 0.26	—
Ácido Graso Palmitoleico	—	5.91 ± 0.55	—
Ácido Graso Esteárico	—	8.71 ± 0.49	—
Ácido Graso Oleico	—	44.68 ± 0.88	—
Ácido Graso Linoleico	—	11.91 ± 1.34	—

Fuente: González *et al.* (2011)

La recolección de los huevos de codorniz de acuerdo con Sánchez (2004), se debe realizar dos veces por día, siendo lo más recomendable realizar una recolección en la mañana y otra en la tarde. Al ser huevos pequeños y frágiles de cascara, su manipulación debe ser minuciosa, por lo que al momento de recolectarlos es más factible descartar huevos muy sucios o contaminados con heces y no lavarlos, además de descartar los huevos agrietados o rotos.

2.8. Color de la yema

En realidad, el color de la yema no tiene un impacto en el valor nutricional de los huevos. El color es una característica que se puede modificar al agregar colorantes al alimento de las gallinas, pero estos pigmentos no alteran la calidad nutricional de los huevos, sino que aumentan los costos de las dietas. La coloración de la yema de huevo

guarda una estrecha relación con la presencia y distribución de carotenoides en el alimento y su absorción en el intestino (Rojas *et al.*, 2015).

2.9. Pigmentos

En la avicultura no es la excepción al igual que en los productos avícolas, en donde, se considere el color de la yema fundamental (Hernández, 2018). Pérez-Vendrell *et al.* (2001), señala que la inclusión de pigmentos en la dieta por parte de los productores tiene como objetivo mejorar la tonalidad de la yema del huevo, viéndose que la inversión hecha por los productores tiene un incremento positivo en los retornos monetarios. El autor señala que los pigmentos son partículas químicas que pueden reflejar la luz visible, atravesarla o ambas a la vez. Lo que da color es la cuidadosa absorción de algunas longitudes de onda de luz y el reflejo de otras. La función principal del pigmentante es acelerar las reacciones químicas.

2.9.1. Pigmentos naturales

El término colorantes naturales se aplica a aquellos productos alimenticios de origen animal, vegetal o incluso mineral en los cuales se encuentra de forma también natural, Martínez & Muentes (2019), comentan que los pigmentos naturales que se obtienen a partir de materias primas que contienen colorantes amarillos, como las xantofilas, así como colorantes rojos. Según Miniguano (2020), los carotenoides tienen cualidades antioxidantes e inmunomoduladores que favorecen la producción.

Los carotenoides pertenecen a una clase de colorantes liposolubles que varían en color desde amarillo menos intenso hasta rojo o naranja. Estos pigmentantes están conformados por dos grupos que son xantofilas (luteína, capsantina, zeaxantina) y carotenos (alfacaroteno, betacaroteno), y hoy en día en el mercado existen más de 600 tipos de carotenoides. Las mencionadas xantofilas tienen un efecto más importante en la coloración de la yema de huevo (Rojas *et al.*, 2015).

2.9.2. Achiote (*Bixa orellana*)

El achiote, es conocido científicamente como *Bixa orellana*, Scartepa *et al.* (2019), describen como un arbusto que crece en las zonas más calurosas de América, incluyendo áreas con climas más lluviosos. Este arbusto puede llegar a medir hasta los 10 m de altura; sus frutos poseen una forma semejante a una cápsula, la cual se abre de forma natural cuando esta está madura. Dentro de las cápsulas están ubicadas las semillas, que poseen un tamaño aproximado de 5 mm de longitud, y presentan una pigmentación rojiza. En la tabla 5 se describe la composición química del achiote.

Tabla 5. Composición química del pigmento de las semillas de achiote

Composición	g/100g
Proteínas	12.3 – 13.2
Pectina	0.23
Carbohidratos	39.91 – 47.9
Cenizas	5.44 – 6.92
Taninos	0.33 – 0.91
Pentosas	11.35 – 14.97
Carotenoides	1.21 – 2.3
B-carotenos	6.8 – 11.3 mg
g/100g: gramos por cada 100 gramos de pigmento de semilla de achiote.	

Fuente: Pineda *et al.* (2012)

Rincón *et al.* (2016), menciona que esta planta es rica en compuestos bioactivos como saponinas, alcaloides y flavonoides, además de que se le atribuyen efectos fisiológicos como actividad antibacteriana, antiinflamatoria, antialérgica, antiviral, antioxidante, de tal manera que puede ser utilizado como pigmentante natural o como fitobiótico.

2.9.3. Los carotenoides presentes en el achiote

De acuerdo con la FAO (2010), las fichas técnicas del achiote, en cuanto a la composición nutricional sus principales componentes son: resina, orellina (materia colorante amarilla), bixina (materia colorante roja), aceite volátil y aceite graso.

Howard *et al.* (1983), afirmaron que el pigmento más importante del achiote es la bixina, la cual representa el 80% de los pigmentos presentes. En la actualidad, este colorante ha generado gran interés debido a que este puede ser integrado fácilmente tanto en las industrias alimentarias, como las cosméticas y farmacéuticas a nivel nacional e internacional. La *B. orellana* contiene pigmentos naturales como el annatto (en forma de extracto crudo), bixia (soluble en lípidos) y norbixina (soluble en agua).

Alcívar-Alava (2007), menciona que la coloración amarilla de la yema de huevo se debe al consumo de dietas a las cuales se le añaden sustancias xantofilas; las aves no pueden sintetizar este tipo de pigmentos, por lo que deben ser añadidos en las dietas. Las xantofilas son esencialmente pigmentantes y no tienen valor nutritivo; a diferencia de estas los carotenos son precursores de vitaminas A y utilizados de esta manera por el ave. La adición de las xantofilas ocurre directamente en la sangre y su almacenamiento se ve en la piel, tejidos grasos, hígado y yema de los huevos, el aumento de la pigmentación de la yema de huevo se da paralelamente al aumento de las xantofilas en la dieta.

2.10. Objetivos del estudio

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la adición de harina de achiote en parámetros productivos y de bienestar animal de codornices japonesas (*Coturnix japonica*).

Objetivos específicos

- Determinar el nivel óptimo de inclusión de harina de achiote sobre la pigmentación del huevo.
- Evaluar el efecto de la inclusión de harina de achiote sobre parámetros productivos de las codornices.
- Analizar el efecto de la inclusión de harina de achiote sobre el bienestar de las codornices.

2.11. Hipótesis

Ho: La adición de la harina de achiote en la dieta de las codornices no influye en los parámetros productivos y de bienestar animal.

Ha: La adición de la harina de achiote en la dieta de las codornices influye en los parámetros productivos y de bienestar animal.

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, sede de Chiriquí de la Universidad de Panamá, en el corregimiento de Chiriquí, distrito de David, provincia de Chiriquí, localizado a 8°23'18" latitud norte y 82°19'49" latitud oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 33 metros, con temperaturas mínimas de 21.7 °C y máximas de 35.4 °C, una precipitación pluvial de 11.9 mm y humedad relativa de 73.8%.

3.2. Animales de estudio

Se utilizaron 131 codornices japónicas de 27 días de edad, con un peso aproximado de 80 a 90 gramos. Las cuáles fueron distribuidas en veinte jaulas, a razón de seis a siete aves por jaula.

3.3. Periodo de aclimatación

Los animales fueron aclimatados por un periodo no menor de siete días a las condiciones experimentales.

3.4. Periodo experimental

El ensayo tuvo una duración aproximada de tres meses.

3.5. Alimentación

El concentrado utilizado en el estudio fue balanceado específicamente para satisfacer las necesidades nutricionales de las codornices desde la fase de recría hasta la fase de postura. La tabla 6 muestra la formulación de las dietas utilizadas en el estudio.

Tabla 6. Perfil nutricional y costo total para cada fase de las codornices en estudio

Perfil Nutricional y Costo Total (Fase de Recría)					
Ingredientes	Recría Sin Achiote	Recría Con Achiote al 0.25%	Recría Con Achiote al 0.5%	Recría Con Achiote al 1%	Recría Con Achiote al 2%
MS	87.1	87.1	87.2	87.2	87.2
EM (Kcal/Kg)	2903.76	2905.33	2906.89	2910.02	2904.51
Proteína cruda %	23.1	23.12	23.15	23.19	23.25
Ca %	0.94	0.939	0.938	0.936	0.939
P %	0.47	0.46	0.46	0.47	0.47
Lisina	1.28	1.28	1.29	1.29	1.3
Metionina	0.44	0.44	0.44	0.45	0.45
Treonina	0.81	0.81	0.82	0.82	0.83
Costo Total B/.100Lb	26.09	24.59	27.09	28.1	30.14

Perfil Nutricional y Costo Total (Fase de Postura)					
Ingredientes	Postura Sin Achiote	Postura Con Achiote al 0.25%	Postura Con Achiote al 0.5%	Postura Con Achiote al 1%	Postura Con Achiote al 2%
MS	87.7	87.7	87.7	87.8	87.8
EM (Kcal/Kg)	2809.92	2805.68	2813.04	2810.37	2816.63
Proteína cruda %	18.94	18.95	18.98	19.02	19.11
Ca %	3.032	3.035	3.03	3.03	3.02
P %	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
Lisina	1.31	1.31	1.31	1.32	1.32
Metionina	0.58	0.57	0.58	0.58	0.58
Treonina	0.84	0.84	0.85	0.85	0.85
Costo Total B/.100Lb	24.35	24.82	25.36	26.32	28.33

Estas aves fueron alimentadas una vez al día, siendo esta alimentación realizada a las siete de la mañana.

3.6. Tratamientos

- **T0:** alimento concentrado sin harina de achiote desde el día 27 de las codornices hasta finalizar el ensayo.
- **T1:** alimento concentrado hasta 45 días + la adición de harina de achiote al 0.25% a partir del día 46 hasta los 90 días.

- **T2:** alimento concentrado + harina de achiote al 0.5% desde el día 27 hasta finalizar el ensayo.
- **T3:** alimento concentrado hasta 45 días + harina de achiote al 1% a partir del día 46 hasta los 90 días.
- **T4:** alimento concentrado + harina de achiote al 2% desde el día 27 hasta finalizar el ensayo.

3.7. Parámetros para evaluar

3.7.1. Consumo de alimento

Este dato fue tomado de manera diaria, para determinar la cantidad de alimento consumido por las codornices de manera voluntaria, este dato se adquirió pesando el alimento suministrado en el día y pesando el rechazo dejado a la mañana siguiente:

$$CD = gr \text{ de alimento suministrado} - gr \text{ de alimento de rechazo}$$

3.7.2. Ganancia de peso

Se obtuvo mediante la toma de dos pesos, peso inicial de las aves y el peso final de las mismas:

$$GP = \text{Peso final (gr)} - \text{Peso inicial (gr)}$$

3.7.3. Conversión alimenticia

Para determinar la conversión alimenticia se procedió a utilizar la siguiente formula:

$$CA = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{Ganancia de peso}}$$

3.7.4. Mortalidad (%)

La mortalidad fue medida al culminar la investigación, mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de mortalidad} = \frac{\text{Número de codornices muertas}}{\text{Número de codornices al inicio del estudio}} \times 100$$

3.7.5. Tasa de postura

Esta fue estimada después de una semana iniciada la postura, permitiendo así que la mayoría de las codornices estuvieran en sus inicios de postura. Después de este tiempo se procedió a tomar las mediciones de manera semanal hasta terminar el estudio, se realizó un conteo por jaula, para poder así obtener la tasa de postura semanal, aplicando la siguiente formula:

$$TS = \frac{\text{Número de huevos producidos}}{\text{Número de codornices por tratamiento}}$$

3.7.6. Peso del huevo

Este dato fue tomado de manera diaria, pesando los huevos por cada repetición de cada tratamiento.

3.7.7. Pigmentación de la yema

Fue medida mediante abanico colorimétrico de Roche (RYCF) la cual es una herramienta fácil de usar y útil para realizar las mediciones prácticas, estos datos fueron tomados una vez por semana para determinar las diferentes tonalidades que adquirirán los huevos con el paso de los días al adicionarles la harina de achiote en las dietas.

3.7.8. Pruebas de bienestar animal

Las pruebas de bienestar animal fueron realizadas mediante un protocolo modificado (tabla 7) de medición de bienestar animal para aves de posturas elaborado por el proyecto Welfare Quality®.

Tabla 7. *Protocolo modificado de la aplicación de Welfare Quality®*

Principio	Criterio	Parámetros	Puntuación	Descripción	Puntuación Total
Estado Sanitario	Ausencia de Lesiones	<i>Heridas en el cuerpo</i>	0: no hay lesiones		
			1: al menos una lesión <2 cm de diámetro o >3 picotazos o arañazos		
			2: lesiones con diámetro de lesión de >2 cm		
	Ausencia de Enfermedades	<i>Patologías oculares</i>	0: no hay aves afectadas con patologías oculares		
			1: menos de 3 aves con patologías oculares		
			2: 3 o más aves con patologías oculares		
		<i>Infecciones respiratorias</i>	0: no hay evidencia de infecciones respiratorias		
			1: menos de 3 aves con infecciones respiratorias		
			2: 3 o más aves con infecciones respiratorias		
Comportamiento social	Estado Emocional	<i>Prueba de objeto novedoso</i>	Número medio de aves dentro de la longitud del objeto		

3.8. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, con un factor de estudio. Se evaluaron cinco tratamientos, con cuatro repeticiones por cada tratamiento y de seis a siete codornices por repetición.

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = Variables de respuesta

μ = Media general

α_i = Efecto de i – ésimo adición de harina de achiote

ε_{ij} = Error experimental

3.9. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se tabularon en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Microsoft 365®). Se utilizó un paquete estadístico r . Se verificó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y posteriormente, la prueba de Levene para verificar la homocedasticidad de varianzas, antes de realizar cualquier análisis estadístico. Las variables consumo de alimento, ganancia de peso, peso del huevo y objeto novedoso fueron evaluadas mediante la prueba no paramétrica de kruskal-Wallis y corregidas con la prueba de Dunn's. La conversión alimenticia fue evaluada con ANOVA. La mortalidad fue evaluada con el estimador no paramétrico de Kaplan Meier. Tasa de postura se evaluó utilizando el Modelo Lineal Generalizado Mixto ajustado por la distribución de Poisson. Pigmentación de la yema se evaluó utilizando el Modelo Ordinal Mixto ajustado por la distribución de Poisson. Las variables de bienestar animal heridas en el cuerpo, patologías oculares e infecciones respiratorias se evaluaron con la prueba no paramétrica de Fisher. Los resultados de las figuras se expresaron como media $\pm$ EE (Error estándar). Se empleó un alfa de $p < 0.05$.

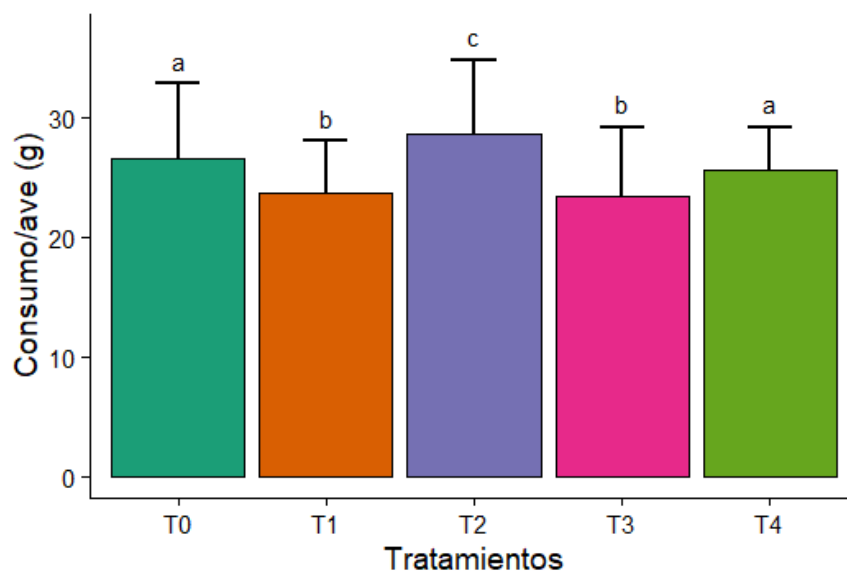
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Consumo de alimento

La prueba de Kruskal–Wallis mostro diferencias significativas entre los tratamientos ($H=166.34$, $p<0.001$). La prueba de Dunn´s (figura 1) indica que el T0 es diferente de T1 ($p<0.001$), T2 ($p<0.001$) y T3 ($p<0.001$), pero similar con T4 ($p>0.05$). T1 es diferente de T2 ($p<0.001$) y T4 ($p<0.001$), pero similar con T3 ($p>0.05$). T2 es diferente de T3 ($p<0.001$) y T4 ($p<0.001$), y T3 es diferente de T4 ($p<0.001$).

Figura 1. Media $\pm$ desviación estándar de consumo de alimento por ave en gramos de los tratamientos

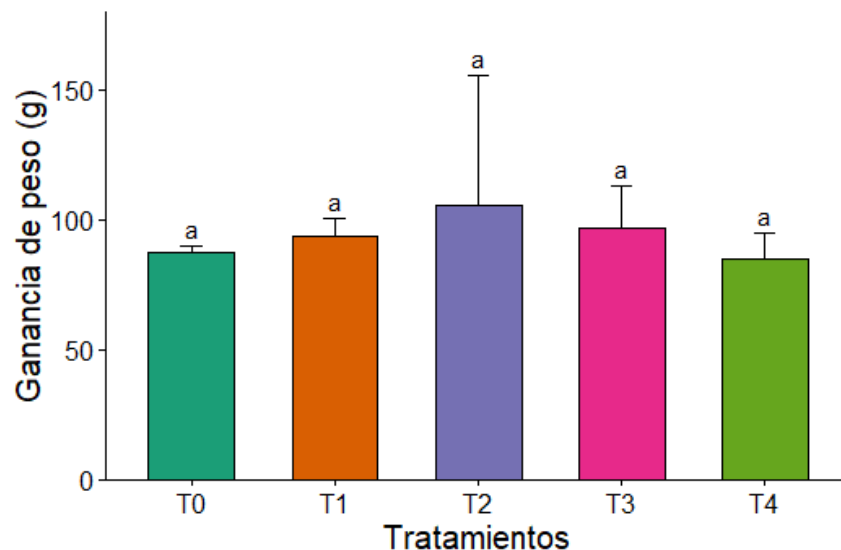


Letras diferentes entre tratamientos difieren estadísticamente ($p<0.05$)

4.1.2. Ganancia de peso

No se detectaron diferencias significativas (figura 2) entre los tratamientos en la ganancia de peso ($H=3.75$, $p>0.05$).

Figura 2. Media $\pm$ desviación estándar de ganancia de peso en gramos

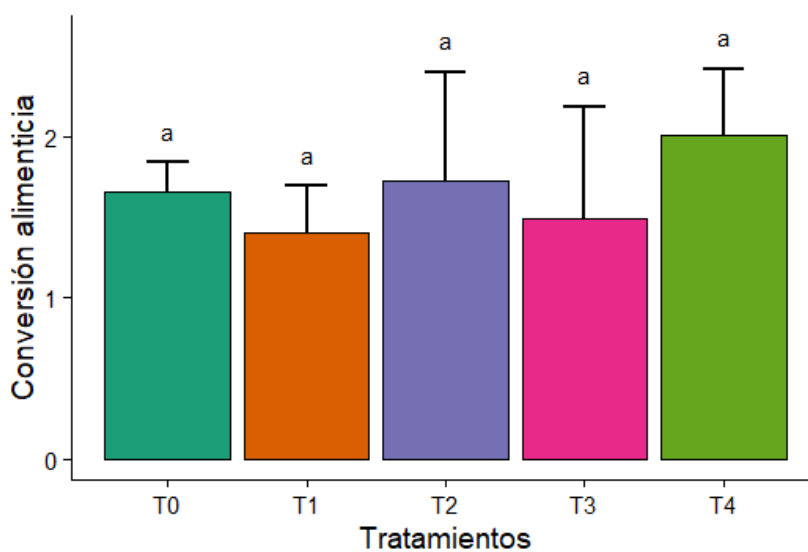


Letras iguales entre tratamientos no difieren estadísticamente ($p > 0.05$)

4.1.3. Conversión alimenticia

La prueba de ANOVA (figura 3) no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos para la conversión alimenticia ($F=0.89$, $p=0.495$).

Figura 3. Media $\pm$ desviación estándar de conversión alimenticia



Letras iguales entre tratamientos no difieren estadísticamente ($p > 0.05$)

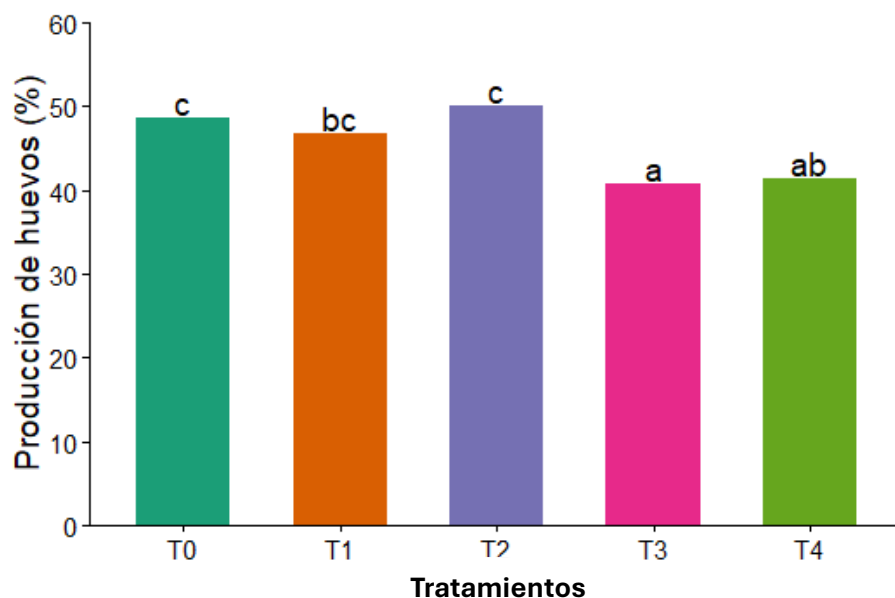
4.1.4. Mortalidad

El estimador no paramétrico de Kaplan–Meier mostró que no existen diferencias significativas en la supervivencia entre los tratamientos ($\chi^2_{(3)}=5.52$, $p=0.23$).

4.1.5. Producción de huevos

La producción de huevos mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p<0.001$). La prueba de Sidák (figura 4) indica diferencias significativas entre T0 con T3 y T4 ($p<0.05$), pero similar con T1 y T2 ($p>0.05$), T1 es diferente de T3 ($p>0.05$), pero similar con T2 y T4 ($p>0.05$), T2 es diferente de T3 y T4 ($p<0.05$) y T3 y T4 son similares ($p>0.05$).

Figura 4. Porcentaje de producción de huevos por tratamiento estudiado.



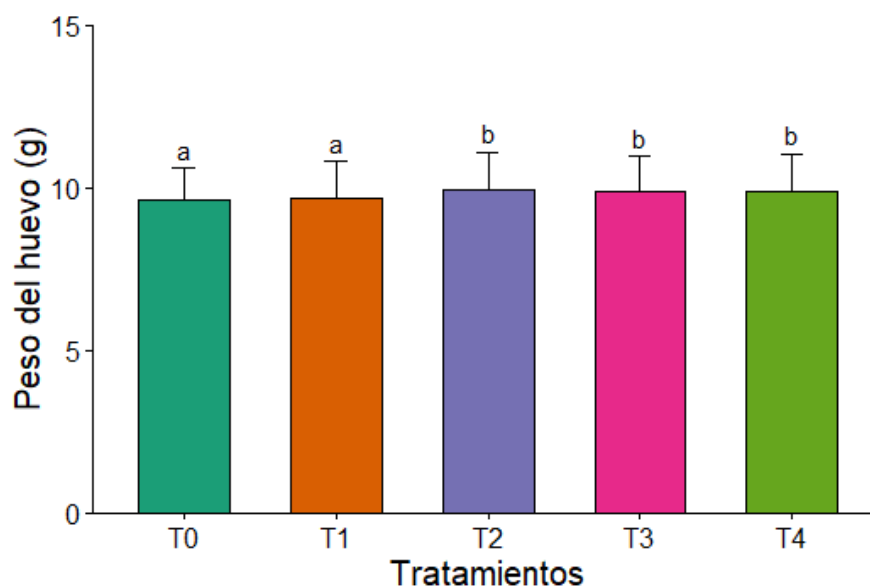
Letras diferentes entre tratamientos difieren estadísticamente ($p<0.05$)

4.1.6. Peso del huevo

Los resultados de Kruskal–Wallis indican diferencias entre tratamientos, ($H=34.09$, $p<0.001$). La prueba de Dunn's determinó (figura 5) que T0 es similar a T1 ($p>0.05$), pero es diferente de T2 ($p<0.001$), T3 ($p<0.01$) y T4 (0.001). El T1 es diferente a T2

($p < 0.05$), T3 ($p < 0.05$) y T4 ($p < 0.01$). El T2 no mostró diferencias con T3 y T4 ($p > 0.05$) y T3 no mostró diferencias a T4 ($p > 0.05$).

Figura 5. Media $\pm$ desviación estándar de peso del huevo en gramos de los tratamientos

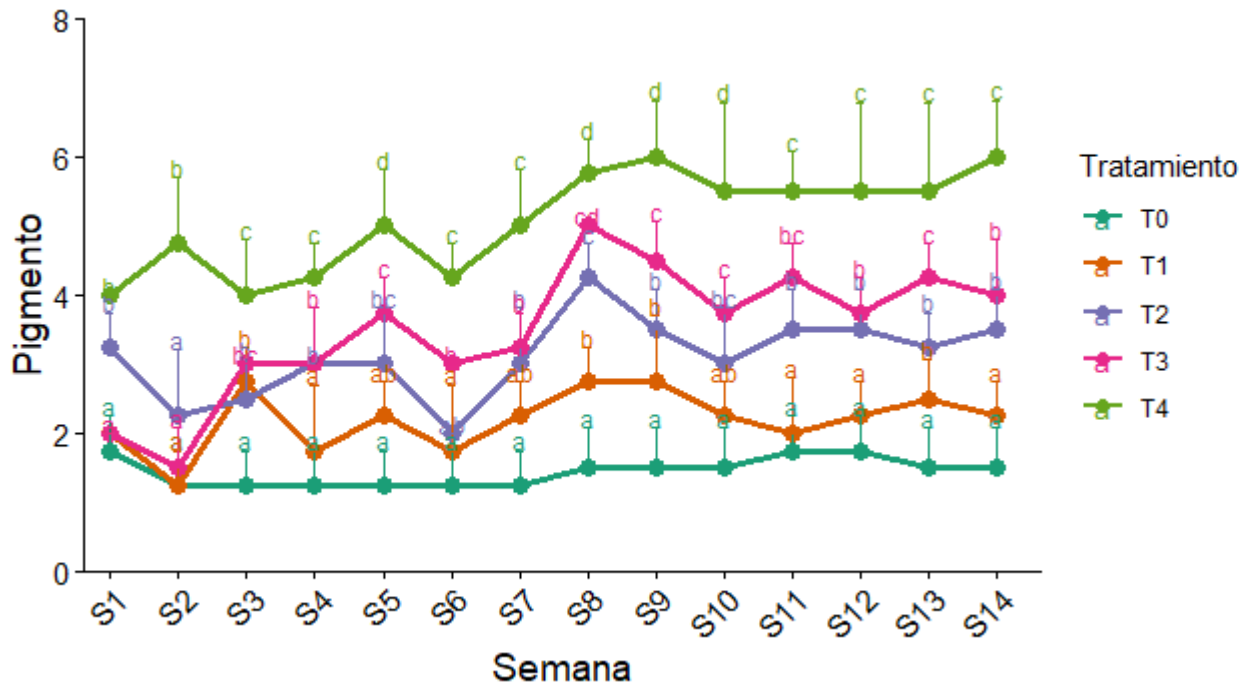


Letras diferentes entre tratamientos difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

4.1.7. Pigmentación de la yema

El modelo ordinal mixto mostró una interacción significativa entre tratamiento y semana ($p < 0.05$), indicando que el efecto del tratamiento sobre la pigmentación varió a lo largo del tiempo. En general, los tratamientos T3 y T4 presentaron mayores valores de pigmentación en comparación con el control (figura 6).

Figura 6. Media $\pm$ y desviación estándar de nivel de pigmentación por semana



Letras diferentes entre semanas difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

4.1.8. Pruebas de bienestar

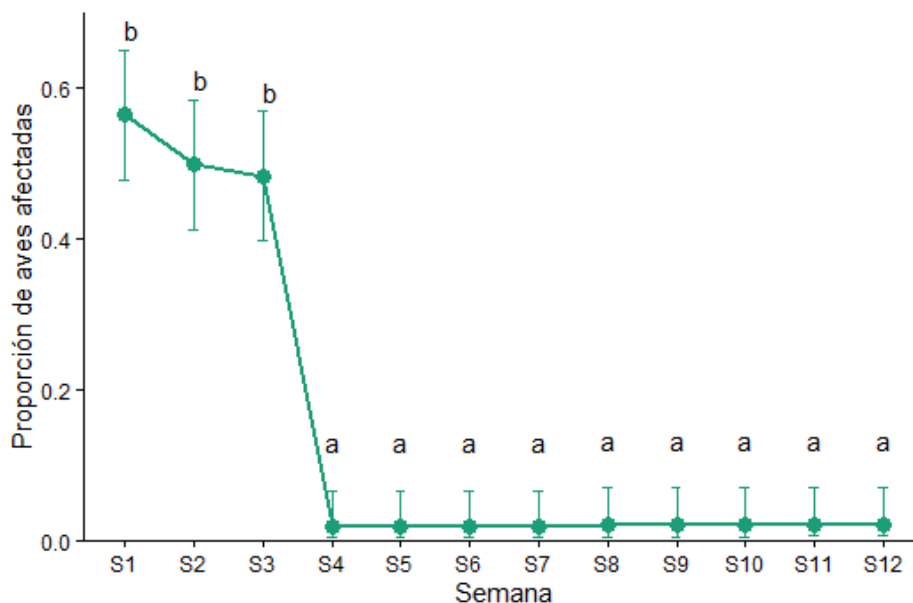
4.1.8.1. Heridas en el cuerpo

Los resultados muestran que no existe diferencias significativas entre tratamientos, semanas ni su interacción en el número de aves con heridas en el cuerpo donde no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$).

4.1.8.2. Patologías oculares

Las patologías oculares no fueron diferentes entre tratamientos ($p > 0.05$). Entre semana mostró diferencias significativas ($p < 0.001$). La prueba de Šidák (figura 7) indica diferencias significativas entre S1 es diferente de S4 hasta S12 ($p < 0.05$) y similar con S2 y S3 ($p > 0.05$). S2 es diferente de S4 hasta S12 ($p < 0.05$) y similar con S3 ($p > 0.05$). S3 es diferente de S4 hasta S12 ($p < 0.05$). S4 hasta S12 son similares ($p > 0.05$). La interacción entre los factores fijos fue similar ($p > 0.05$).

Figura 7. Media $\pm$ y desviación estándar de nivel de patologías oculares por semana



Letras diferentes entre semanas difieren estadísticamente ($p < 0.05$)

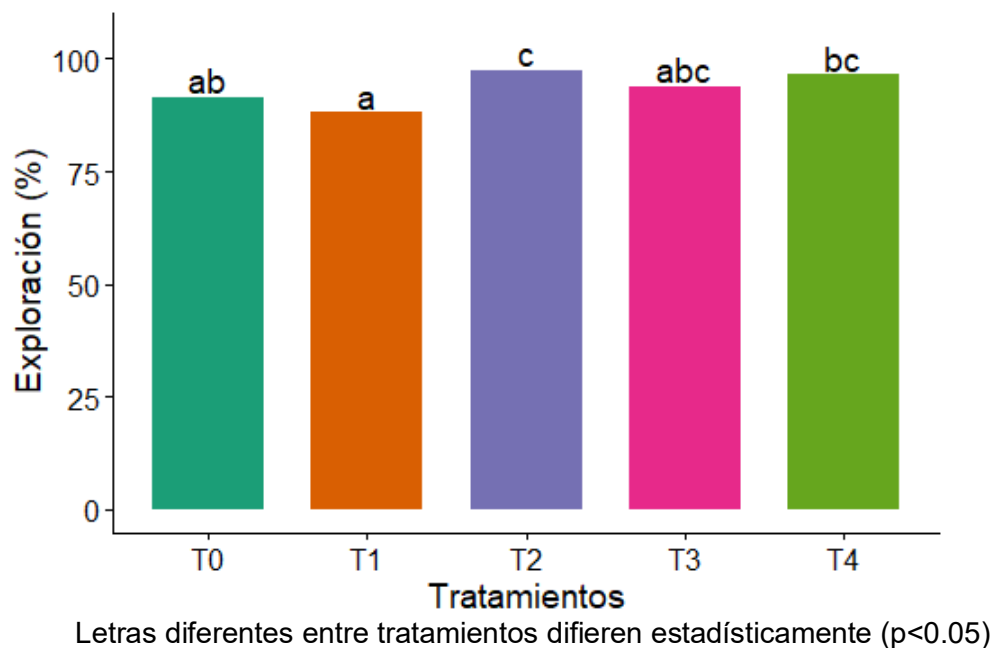
4.1.8.3. Infecciones respiratorias

No se encontraron diferencias en infecciones respiratorias entre tratamientos, semanas o su interacción ($p > 0.05$).

4.1.8.4. Prueba de objeto novedoso

Los resultados de la prueba de objeto novedoso indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.001$). La prueba de Šidák (figura 7) indica diferencias significativas entre T0 y T2 ($p < 0.05$), T1 es diferente de T2 y de T4 ($p < 0.05$), T0 es similar con T3 y T4 ($p > 0.05$), T2 es similar con T3 y T4 ($p > 0.05$), T1 es similar con T3 ($p > 0.05$) y T3 es similar con T4 ($p > 0.05$). No se encontraron diferencias significativas entre semanas ($p > 0.05$), ni en la interacción tratamiento-semana ($p = 1$).

Figura 8. Media $\pm$ y desviación estándar de nivel de prueba de objeto novedoso



4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia

Para la variable consumo de alimento se registraron valores promedio por ave de 24.38 g, 22.00 g, 26.62 g, 22.22 g y 25.31 g en los tratamientos con inclusiones de 0%, 0.25%, 0.5%, 1% y 2%, respectivamente, valores que están dentro del rango de consumo establecido por la literatura. Estos resultados difieren de lo reportado por Ordóñez *et al.* (2024), con consumo promedio de 44.23 g por ave cuya inclusión era de 7.5% en la dieta de las codornices doble propósito, mientras que Leeson & Summers (2005), reportaron consumos de 34 g en codornices japonesas, tanto hembras como machos, hasta las diez semanas de edad.

En cuanto a la ganancia de peso, se observó que el tratamiento con inclusión 0.5% presentó numéricamente el mayor valor (105.25 g) en comparación con el tratamiento control (87.67 g) y 2% de inclusión (84.69 g); sin embargo, estas variaciones no fueron suficientes para establecer un efecto atribuible al nivel de inclusión del aditivo.

Por otro lado, de forma numérica se observó que el tratamiento con nivel de inclusión de 1% presentó la mejor conversión alimenticia (1.61), seguido de 0.25% (1.65), mientras que el tratamiento de 2% de inclusión mostró el valor más alto (2.05), lo que indica una menor eficiencia en el aprovechamiento del alimento en este grupo. Sugiriendo esto que niveles de inclusión intermedios favorecen la eficiencia alimenticia.

Los resultados observados en las variables de desempeño zootécnico pueden estar relacionados a lo que sugieren Raddatz–Mota *et al.* (2017), que la inclusión de harina de achiote (*B. orellana*) en la alimentación de las codornices no solo actúa como pigmentante natural, sino que también aporta carotenoides, flavonoides y tocotrienoles, los cuales presentan propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Estos compuestos pueden contribuir a la mejora de la salud intestinal mediante la modulación de la microbiota y la protección de la integridad de la mucosa digestiva. Como resultado, se favorece una mejor utilización de los nutrientes, lo que podría reflejarse en mejoras en el consumo de alimento, la ganancia de peso y la conversión alimenticia, dependiendo de factores como el nivel de inclusión y las condiciones de manejo.

La inclusión de 0.5% podrían favorecer el consumo de alimento y la ganancia de peso en las codornices, lo cual puede ser atribuido a la mejora en la salud intestinal sin afectar la palatabilidad de la dieta. En contraste, la inclusión de 1% mostró una mejor conversión alimenticia, lo que denota una mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes, lo cual puede atribuirse a un efecto más marcado de los carotenoides y antioxidantes del achiote sobre la microbiota intestinal y la reducción de microorganismos patógenos.

4.2.2. Mortalidad

En el presente estudio, se registraron 16 defunciones atribuidas principalmente a factores externos. De estas, tres muertes estuvieron asociadas a causas de índole biológica y de manejo, incluyendo traumatismos derivados de la intensidad del macho durante la cópula y un individuo que presentó un desarrollo deficiente desde su

ingreso. Las 13 defunciones restantes fueron consecuencia de eventos de depredación por un factor externo, constituyendo una variable no controlada. En consecuencia, la mortalidad observada se encuentra mayormente influenciada por factores externos y de manejo, más que por los tratamientos evaluados.

4.2.3. Producción de huevos

En el presente estudio, la tasa de postura observada se encuentra estrechamente relacionada con la edad fisiológica de las aves, más que con un efecto directo de los tratamientos evaluados. Diversos estudios en codornices japonesas han demostrado que la producción de huevos incrementa progresivamente conforme avanza la edad del ave, especialmente durante las primeras semanas del ciclo productivo, cuando aún no se ha alcanzado el pico de postura. En este sentido, se ha reportado que tanto número de huevos como la tasa de postura aumentan a medida que las aves maduran y estabilizan su sistema reproductivo (Trillo *et al.*, 2021).

Vargas *et al.* (2014), indican que la edad al inicio de la postura constituye un indicador clave de la madurez sexual, siendo este el punto de partida de la actividad reproductiva, la cual inicialmente se caracteriza por una producción irregular y en ascenso progresivo. Por tanto, en aves que se encuentran en etapas tempranas de postura, como las utilizadas en nuestro estudio, es esperable obtener valores moderados de producción, los cuales tienden a incrementarse con el tiempo hasta alcanzar su máximo rendimiento.

En cuanto a los tratamientos evaluados, se observó que el tratamiento con inclusión de 0.5% de harina de achiote presentó la mayor tasa de postura, seguido por 0%, 0.25%, 2% y 1%, lo cual, de acuerdo con lo mencionado anteriormente este comportamiento productivo está fuertemente condicionado por la etapa inicial del ciclo de postura en la que se encontraban las codornices más que a los niveles de inclusión de harina de achiote en la dieta; autores como Windisch *et al.* (2007) y Khaksar *et al.* (2012), señalan que los aditivos naturales de origen vegetal requieren periodos más prolongados de inclusión para expresar plenamente sus beneficios fisiológicos y

productivos, requiriéndose de esta manera estudios que evalúen su efecto a lo largo de ciclos completos de producción para ver la influencia en la tasa de postura.

Demostrando los resultados que la tasa de postura estuvo principalmente influenciada por la edad y el estado fisiológico en las codornices, más que por los niveles de inclusión de achiote en la dieta,

4.2.4. Peso de huevo

El peso del huevo en codornices está influenciado por diversos factores, entre los que se encuentran la línea genética, la edad al inicio de la postura, el peso corporal, las condiciones ambientales, el manejo de la iluminación, la nutrición, el sistema de producción y el estado sanitario del animal (Cooper, 2007). De acuerdo con lo señalado por North (2003), uno de los factores que influye en el peso y tamaño del huevo es la edad de la codorniz al momento de comenzar la postura. Asimismo, Rakonjac *et al.* (2018), señalan que este parámetro está relacionado con el tamaño de la yema, la variación individual entre gallinas y las condiciones de alojamiento. Sin embargo, en el presente estudio este factor no tuvo incidencia, debido a que todas las aves utilizadas presentaban la misma edad.

Los pesos promedio del huevo fueron de 9.96 g, 9.89 g, 9.86 g, 9.65 g y 9.63 g para los tratamientos con inclusiones de 0.5%, 2%, 1%, 0.25% y 0%, respectivamente, observándose que el tratamiento con 0.5% de inclusión presentó mayor valor. Estos resultados coinciden parcialmente con los reportados por Guevara (2023), quien obtuvo valores de 10.72 g, 10.59 g, 11.5 g, 9.74 g, y 10.3 g para niveles de inclusión de 0%, 0.25%, 0.5%, 1% y 2%, respectivamente, destacándose igualmente el tratamiento con 0.5% como el de mayor peso de huevo.

Este comportamiento sugiere la existencia de un nivel óptimo de inclusión de harina de achiote, en el cual se maximizan los efectos positivos sobre el metabolismo del ave. La harina de achiote es una fuente de apocarotenoides (bixina y norbixina) y tocotrienoles, los cuales poseen propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Estos compuestos pueden contribuir a mejorar la salud intestinal, reduciendo la inflamación

y favoreciendo la absorción de nutrientes (Kurniawati *et al.*, 2010; Somacal *et al.*, 2015).

Resultados similares han sido reportados por Martínez *et al.* (2021), en gallinas ponedoras, quienes observaron que el peso del huevo está más influenciado por factores como la edad del ave, el tamaño de la yema y las condiciones de alojamiento que por la inclusión de aditivos en la dieta. Asimismo, Iqbal *et al.* (2016); Ketta y Tumova (2018) señalan que existe una relación directamente proporcional entre el peso y el tamaño del huevo, así como entre el grosor de la cáscara y otras características físicas del mismo.

Bajo esta perspectiva, el mayor peso del huevo observado en el tratamiento con 0.5% podría atribuirse a una mejor utilización de nutrientes, lo que favorece la formación de la yema y la albúmina.

4.2.5. Pigmentación

La calidad del huevo está determinada por una combinación de factores que estimulan su compra. Entre los factores que determinan las preferencias del consumidor se encuentran la frescura, que aparece como prioridad, y el color de la yema (Spada *et al.*, 2016).

El color de la yema está directamente correlacionado con los pigmentos administrados en la dieta y en menor medida con el estado fisiológico de las aves (Marounek & Pebriansyah, 2018). Esto determina la importancia de lograr una pigmentación adecuada de la yema del huevo, especialmente porque el consumidor moderno asocia la pigmentación de la yema de huevo con la salud de las aves en postura (Grashorn, 2016) y la naturalidad de los productos.

Martínez *et al.* (2021), demostraron que el uso de harina de achiote hasta 1.5% en la dieta de sus gallinas duplicó o triplicó el color de la yema en todas las semanas experimentales según el abanico colorimétrico de Roche (RYCF) en comparación con el grupo de gallinas que consumieron maíz amarillo. Siendo sus resultados similares a

la investigación realizada por Rojas *et al.* (2015). En línea con estos hallazgos Moraleco *et al.* (2019), encontraron el mismo efecto en el color de la yema al usar harina de extracto de achiote como aditivo en dietas para gallinas ponedoras.

Meza *et al.* (2018), enfocaron su estudio en la comparación de cuatro pigmentantes naturales en diferentes niveles de inclusión, achiote (1% - 2%), pimentón (1% - 3%), remolacha (1% - 2%) y moringa (3% - 5%), reportando que los pigmentantes con mejores resultados en cuanto a pigmentación de la yema fueron el achiote y pimentón, obteniendo puntuaciones hasta 9 y 10 según el abanico colorimétrico de Roche (RYCF). Mientras que nuestros resultados arrojaron niveles de pigmentación de acuerdo con el abanico colorimétrico de Roche (RYCF) de 6 y 7 para el nivel de inclusión de 2% de harina de achiote.

Por otro lado, los principales colorantes de las dietas convencionales para gallinas ponedoras son la zeaxantina y la luteína, proporcionadas por el maíz amarillo; sin embargo, este ingrediente puede presentar un bajo contenido de pigmentos carotenoides, lo que podría influir en la intensidad del color de la yema de huevo. En este sentido, Martínez *et al.* (2021), reportaron que el uso dietético de harina de achiote generó variaciones en la pigmentación de la yema de las gallinas en un rango de 3.20 a 6.53 con inclusiones de 0.5%, 1% y 1.5%, evidenciando su efecto sobre esta variable.

Otro aspecto relevante es la posible disminución de la coloración observada en determinadas semanas, lo cual podría estar asociado al tiempo de exposición del achiote en la dieta. Esto se debe a que el carotenoide bixina presenta una alta inestabilidad, siendo susceptible a factores como la luz, el oxígeno y la temperatura, así como a la acción de compuestos antioxidantes y prooxidantes. Estos elementos pueden acelerar su degradación, reduciendo su eficiencia pigmentante en la dieta (Najar *et al.*, 1988; Houssiau *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2005; Pérez-Monterroza *et al.*, 2018).

En este sentido, los resultados obtenidos evidencian un aumento en la pigmentación de la yema en función del nivel de inclusión de harina de achiote en la dieta de las

codornices. Este cambio en la coloración se atribuye a la presencia de los carotenoides bixina y norbixina contenidos en este pigmentante natural. Sin embargo, a lo largo de las semanas experimentales, la inestabilidad del color de la yema podría estar relacionado con el hecho de que el achiote está expuesto a las condiciones ambientales y, por lo tanto, los niveles de bixina disminuyen.

Considerando que el maíz constituyó el ingrediente principal de la dieta y presenta un bajo contenido de carotenoides, la disminución progresiva de la bixina podría no ser compensada, lo que explicaría la reducción en la intensidad de la pigmentación observada.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Samiullah *et al.* (2015), quienes señalan que la pigmentación de la yema depende no solo de la concentración de pigmentos en la dieta, sino también del metabolismo y deposición de carotenoides en la yema.

4.2.6. Pruebas de bienestar

Los avances en nutrición son esenciales para mejorar el bienestar de las codornices de acuerdo con Shastak & Pelletier (2023), ya que satisfacen las necesidades fisiológicas y conductuales; las dietas equilibradas que cubren las necesidades calóricas, proteicas y de micronutrientes de las codornices favorecen un crecimiento saludable y previenen deficiencias que podrían predisponerlas al estrés o a enfermedades. Shehata *et al.* (2022), señalan que los probióticos, prebióticos y fitogénicos son aditivos funcionales para concentrados que promueven la salud intestinal, fortalecen el sistema inmunitario y reducen el riesgo de infección, minimizando así la necesidad de antibióticos. Demostrando que estos arreglos en las dietas mejoran la salud fisiológica de las codornices, disminuyen la agresividad y la mortalidad, lo que resulta en un sistema de producción más humanitario.

En sistemas de producción intensivos, los problemas oculares en codornices suelen estar asociados a las exposiciones prolongadas de gases irritantes como lo es el amoníaco, el cual se genera a partir de la descomposición de compuestos

nitrogenados en las excretas (Miles *et al.*, 2004). Las exposiciones prolongadas a este gas pueden causar irritación ocular, conjuntivitis y daño en los tejidos epiteliales. En este sentido, la inclusión de harina de achiote podría contribuir indirectamente a la reducción de estas afecciones en las codornices, al mejorar la salud intestinal y modular la microbiota, lo cual favorece una menor producción de compuestos nitrogenados. Estudios que han realizado Windisch *et al.* (2008), han demostrado el uso de achiote el cual posee propiedades antimicrobianas que puede reducir la carga bacteriana intestinal y, por ende, la producción de amoníaco en el ambiente.

De manera similar, los problemas respiratorios están vinculados a la calidad del aire dentro del galpón, altas concentraciones de amoníaco afectan el epitelio respiratorio, disminuyen la capacidad de defensa del tracto respiratorio y aumentan la susceptibilidad a infecciones (Kristensen & Wathes, 2000). La posible reducción de emisiones de amoníaco asociado al uso del achiote, junto con su contenido de compuestos antioxidantes, podría contribuir a la protección de los tejidos respiratorios frente al daño oxidativo. Raddatz-Mota *et al.* (2017), destacan que el achiote posee una elevada capacidad antioxidante, lo cual puede favorecer la integridad de los tejidos y mejorar la respuesta fisiológica frente a factores estresantes.

Lo cual puede demostrar que en nuestro estudio la incidencia de los problemas oculares y de problemas respiratorios se presentaron al inicio de nuestro estudio, donde solamente se le estaba aplicando la inclusión de harina de achiote a dos tratamientos con niveles de inclusiones muy bajos.

En cuanto al comportamiento, el estrés en las codornices se manifiesta mediante conductas anormales como el picoteo, agresividad o inquietud excesiva, generalmente asociadas a condiciones ambientales desfavorables y desequilibrios fisiológicos (Estevez, 2007). La mejora de la salud intestinal y la reducción del estrés oxidativo, promovidas por los compuestos bioactivos del achiote, podrían contribuir a una mayor estabilidad fisiológica reduciendo la incidencia de estos comportamientos. Asimismo. Los carotenoides presentes en el achiote han sido relacionados con el fortalecimiento

del sistema inmunológico y la protección de tejidos epiteliales, lo que permite a las aves enfrentar de manera más eficiente los desafíos ambientales (Surai, 2002).

De acuerdo con estos planteamientos, en el presente estudio se observó una modificación progresiva en el comportamiento de las codornices frente a objetos novedosos. Inicialmente, las aves mostraron respuestas de alta intranquilidad, evidenciadas por inquietud excesiva e incluso episodios de agresividad. No obstante, a medida que avanzó el periodo experimental, se registró una conducta más dócil, con disminución de comportamientos atípicos. Este cambio podría estar asociado con la inclusión de harina de achiote en la dieta, posiblemente debido a sus efectos sobre la estabilidad fisiológica y la respuesta al estrés.

Además del componente dietario, es importante considerar el sistema de alojamiento empleado. El uso de cama en el suelo puede actuar como una forma de enriquecimiento ambiental, favoreciendo la expresión de comportamientos naturales y contribuyendo a la adaptación de las codornices. En este sentido se ha documentado que la restricción de conductas naturales genera estrés y afecta negativamente el bienestar (Laurence *et al.* 2014; Ramankevich *et al.*, 2022). Asimismo, ambientes enriquecidos han sido asociados con mejoras en la producción y calidad del huevo (Ramankevich *et al.* 2022).

Apajalahti & Vienola (2016), mencionan que la relación entre la salud intestinal y bienestar general en las codornices ha sido ampliamente documentada. Un tracto digestivo funcional y equilibrio no solo mejora la absorción de nutrientes, sino que también reduce la excreción de compuestos nocivos, contribuyendo a un ambiente más saludable dentro del galpón. En este sentido el uso de harina de achiote podría actuar como un modulador indirecto del bienestar animal, al mejorar las condiciones ambientales y fisiológicas del ave.

CONCLUSIONES

El nivel de inclusión de hasta 2% de harina de achiote mejoró sustancialmente la pigmentación de la yema. Indicando estos resultados una buena oportunidad para utilizar productos naturales, disminuyendo así el uso de pigmentantes artificiales de uso cotidiano en las industrias de producción avícola.

La inclusión de harina de achiote mejoró los parámetros productivos de las codornices, obteniéndose resultados positivos en cuanto a la conversión alimenticia, ganancia de peso y el peso de los huevos.

Aunque la inclusión de achiote en la dieta de codornices no generó efectos significativos sobre los parámetros de bienestar animal evaluados, los resultados sugieren que puede utilizarse como un aditivo natural sin afectar negativamente el desempeño y las condiciones fisiológicas de las aves.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el período experimental, realizando estudios durante ciclos productivos más largos evaluando los efectos desde la recría hasta el final de la postura.
- Estudiar como los compuestos bioactivos del achiote podrían influir sobre el sistema inmune de las aves.
- Realizar estudios económicos, costos de alimentación, rentabilidad por docena de huevos y retorno sobre la inversión.
- Comparar el achiote con otros pigmentantes naturales como la cúrcuma, páprika, flor de Jamaica, rábano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcívar-Alava, D. (2014). *Evaluación del pigmentante natural harina de achiote (Bixa orellana L.) en pollos en pie* [Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/2708>
- Apajalahti, J., & Vienola, K. (2016). Interaction between chicken intestinal microbiota and protein digestion. *Animal Feed Science And Technology*, 221, 323-330. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.004>
- Rostango, H., Teixeira, L., Hannas, M., Lopez, J., Sakomura, N., Guilherme-Perazzo, F., Saraiva, A., Teixeira de Abreu, P., Flávia de Oliveira, R., de Toledo, S., & de Oliveira-Brito, C. (2017). *Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos: Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales, 4ª Edición*. Universidad Federal de Viçosa.
- Buenaño-Buenaño, J., Nuñez-Torres, P., Barros-Rodríguez, M., Rosero-Peñaherrera, M., Lozada-Salcedo, E., Guishca-Cunuhay, C., & Zurita-Vásquez, H. 2018. "Efecto de la inclusión de Azolla en la dieta de codornices japonesas sobre el consumo voluntario, digestibilidad aparente y producción de huevos". *Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú*, 29(1), 161-168. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14081>
- Carranza, Á., & Ortiz, J. (2019). *Aplicación del huevo de codorniz (Coturnix coturnix) como sustituto del huevo de gallina (Gallus gallus domesticus) en la Pastelería* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/46751>
- Cordero-Salas, R. (2012). *Módulo Resumido Codornices*. <http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/handle/120809/530>
- Cori, M., De Basilio, V., Figueroa-Ruiz, R., Michelangeli, C., Galíndez, R., & García, J. (2009). Efecto de la edad de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) y del aturdimiento eléctrico al momento del beneficio sobre las características de la canal. *Revista Zootecnia Tropical*, 27(2), 175-185. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000200008&lng=es&tlng=es.

Díaz, J., Mateos, R., Martínez, P., Garcez-Mercado, N., Álvarez, E., Reyes, S., Hidalgo, B., & Elorza, O. (2016). Estudio de mercado para determinar la demanda existente de huevo de codorniz en Tuxpan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 4(2), 44-48. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v4i2.68>

Egbeyale, T., Fatoki, O., & Adeyemi, A. (2020). Effect of egg weight and oviposition time on hatchability and post hatch performance of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Nigerian Journal of Animal Production*, 40(1), 102–110. <https://doi.org/10.51791/njap.v40i1.652>

Estevez, I. (2007). Density Allowances for Broilers: Where to Set the Limits? *ScienceDirect. Poultry Science*, 86(6), 1265-1272. <https://doi.org/10.1093/ps/86.6.1265>

FAO. (2010). La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Editado por Barbara Rischkowsky y Dafydd Pilling. Roma (disponible en <http://www.fao.org/docrep/011/a1250s/a1250s00.htm>)

González, J., & Hernández, U. (2011). Evaluación sensorial de huevos de codorniz en conserva y composición nutrimental. *Redvet, Revista Electrónica de Veterinaria*, 12(8), 1-10. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63621920003>

Google Maps. (2025). Google Maps. https://www.google.com/maps/@8.3887246,-82.3303827,131m/data=!3m1!1e3?entry=tту&q_ep=EgoyMDI2MDQxMi4wIjKXMDSoA SAFQAw%3D%3D

Gordon, H., Bauernfeind, J., & Furia, T. (1983). Carotenoids as food colorants. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 18(1), 59-97. <https://doi.org/10.1080/10408398209527357>

Grashorn, M. (2016). Feed Additives for Influencing Chicken Meat and Egg Yolk Color. En Elsevier eBooks. Reinhold Carle (Ed.), *In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (283-302). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100371-8.00014-2>

Grimaldos, D. (2020). *Guía para la producción de huevos de codornices a nivel industrial* [Tesis de Licenciatura, Universidad Cooperativa de Colombia].

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/7f3cd388-29ba-49e3-9941-e7442820f221/content>

Guevara, R. (2023). *Pigmentación de huevos de codorniz japónica (Coturnix coturnix japonica) con diferentes niveles de extracto de achiote (Bixa Orellana L)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/4605/1/ULEAM-AGRO-0129.pdf>

Hernández, M. (2018). La Pigmentación de Huevos y Pollos de Engorda. *BM Editores*, 89. <https://bmeditores.mx/avicultura/la-pigmentacion-de-huevos-y-pollos-de-engorda-1254/>

Houssiau, L., Felicissimo, M., Bittencourt, C., & Pireaux, J. (2004). ToF-SIMS applied to probe bixin in *Bixa orellana* seeds. *Applied Surface Science*, 231-232, 416-419. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2004.03.152>

Iqbal, J., Khan, S., Mukhtar, N., Ahmed, T., & Pasha, R. (2016). Effects of egg size (weight) and age on hatching performance and chick quality of broiler breeder. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 54–64. <https://doi.org/10.1080/09712119.2014.987294>

Ketta, M., & Tůmová, E. (2018). Relationship between eggshell thickness and other eggshell measurements in eggs from litter and cages. *Italian Journal of Animal Science*, 17(1), 234–239. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1344935>

Khaksar, V., Van Krimpen, M., Hashemipour, H., & Pilevar, M. (2012). Effects of Thyme Essential Oil on Performance, Some Blood Parameters and Ileal Microflora of Japanese Quail. *The Journal Of Poultry Science*, 49(2), 106-110. <https://doi.org/10.2141/jpsa.011089>

Kristensen, H. H., & Wathes, C. M. (2000). Ammonia and poultry welfare: a review. *World's Poultry Science Journal*, 56(3), 235–245. <https://doi.org/10.1079/WPS20000018>

Kurniawati, P. T., Soetjipto, H., & Limantara, L. (2007). Antioxidant and antibacterial activities of Bixin pigment from Annatto (*Bixa orellana* L.) seeds. *Indonesian Journal of Chemistry*, 7(1), 88-92.

Laurence, A., Houdelier, C., Calandreau, L., Arnould, C., Favreau-Peigné, A., Leterrier, C., Boissy, A., & Lumineau, S. (2014). Environmental enrichment reduces behavioural alterations induced by chronic stress in Japanese quail. *ScienceDirect, Animal*, 9(2), 331-338. <https://doi.org/10.1017/s1751731114002523>

Leeson, S., Summers, J.D., 2005. Commercial Poultry Nutrition Third Edition, 3rd ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Maia, K, de Oliveira Grieser, D., Dourado, L., Benites, M., Paulino, M., & Marcato, S. (2020). Utilização de aditivos pigmentantes na alimentação de poedeiras. Dr. Darly Fernando Andrade (Ed.), *Elementos de Zootecnia*, 23(6), 23-31. <https://doi.org/10.36229/978-65-86127-25-6>

Marounek, M., & Pebriansyah, A. (2018). Use of carotenoids in feed mixtures for poultry: a review. *Agricultura Tropica Et Subtropica*, 51(3), 107-111. <https://doi.org/10.2478/ats-2018-0011>

Martínez, C. (2013). *Engorde de la codorniz (Coturnix coturnix japonica) sin Sexar con tres promotores de crecimiento en la zona de Mocache, Quevedo* [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/274>

Martínez, C., & Muentes, J. (2019). *Innovación, caracterización, fitoquímicos, alteración. Extracción y caracterización de un colorante a partir del sangorache (Amaranthus hybridus L.) aplicado en un yogur natural* [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8515>

Martínez, Y., Orozco, C., Montellano, R., Valdivié, M., & Parrado, C. (2021c). Use of achiote (*Bixa orellana* L.) seed powder as pigment of the egg yolk of laying hens. *The Journal Of Applied Poultry Research*, 30(2), 100154. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2021.100154>

- Meza, M., Hinojosa, F., & Lobo, R. (2018). Uso de pigmentantes naturales para la coloración de la yema de huevo y evaluación de parámetros productivos en aves de postura de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. *Revista Colombiana de Zootecnia*, 4(7), 38-42. <http://www.anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/28>
- Miles, D., Branton, S., & Lott, B. (2004). Atmospheric Ammonia is Detrimental to the Performance of Modern Commercial Broilers. *Poultry Science*, 83(10), 1650-1654. <https://doi.org/10.1093/ps/83.10.1650>
- Miniguano, V. (2020). *Efecto de la utilización de harina de zanahoria (Daucus carota) y alfarina (Medicago sativa) en la pigmentación y características organolépticas de la carne de pollo broiler* [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7060>
- Mnisi, C., Mlambo, V., Phatudi, K., & Matshogo, T. (2017). Exogenous carbohydrases do not improve the physiological and meat quality parameters of female Japanese quail fed canola-based diets. *South African Journal Of Animal Science*, 47(6), 923. <https://doi.org/10.4314/sajas.v47i6.20>
- Moncayo, T. & Ramírez, J. (2020). *Efecto nutracéutico del achiote (Bixa orellana) en los indicadores biológicos de pollos de engorde* [Tesis Doctoral, Universidad Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6792>
- Moraleco, D., Valentim, J., Silva, L., Lima, H., Bitencourt, T., & Dallago, G. (2019). Egg quality of laying hens fed diets with plant extracts. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 41(1), e43801. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.43801>
- Najar, S., Bobbio, F., & Bobbio, P. (1988). Effects of light, air, anti-oxidants and pro-oxidants on annatto extracts (Bixa orellana). *Food Chemistry*, 29(4), 283-289. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(88\)90043-x](https://doi.org/10.1016/0308-8146(88)90043-x)
- Noe, O. (2015). *“Manual de manejo para la cría y explotación de la codorniz” (Coturnicultura)* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara].

North, M. (2003). Manual de Producción Avícola. Tercera Edición, Editorial el Manual Moderno, S.A. de C.V.D.F. (pp. 287-325). <http://meran.fcv.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=67>.

Ordóñez, I. (2024). *Harina de achiote Bixa orellana L como pigmentante en el vitelo de huevo de codornices en el centro de apoyo Río Verde – UPSE* [Tesis de Licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12019>

Pazmiño, G. (2013). *Influencia de las horas luz en la producción de huevos de codorniz (Coturnix coturnix japonica) en la Parroquia Ascázubi, Cayambe–Ecuador 2012* [Tesis de Licenciatura, Universidad Politécnica Salesiana]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4061>

Pérez-Monterroza, E., Chaux-Gutiérrez, A., Franco, C., & Nicoletti, V. (2018). Encapsulation of Bixin with High Amylose Starch as Affected by Temperature and Whey Protein. *Food Biophysics*, 13(4), 343-352. <https://doi.org/10.1007/s11483-018-9540-9>

Pérez-Vendrell, A., Hernández, J., Llauradó, L., Schierle, J., & Brufau, J. (2001). Influence of Source and Ratio of Xanthophyll Pigments on Broiler Chicken Pigmentation and Performance. *Poultry Science*, 80(3), 320 – 326. <https://doi.org/10.1093/ps/80.3.320>

Pineda, J., & Calderón, L. (2012). Planta piloto para obtener colorante de la semilla del achiote (Bixa orellana). *Revista Universidad EAFIT #DescubreyCrea*, 39(131), 8–22. <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/899>

Pushug, J. (2017). *Desarrollo de un prototipo de criadero automático con ambiente controlado destinado a mejorar los índices de producción de huevos en la coturnicultura* [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14051>

Raddatz-Mota, D., Pérez-Flores, L., & Carrari, F. (2017). Achiote (Bixa orellana L.): a natural source of pigment and vitamin E. *J Food Sci Technol* 54, 1729–1741. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2579-7>

- Rakonjac, S., Petrović, M., Bogosavljević-Bošković, S., Škrbić, Z., Perić, L., Dasković, V., & Petričević, V. (2018). Effect of age and season on production performance and egg quality of laying hens from different rearing systems. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 28(6), 1602-1608 <https://scidar.kg.ac.rs/handle/123456789/20080>
- Ramankevich, A., Wengerska, K., Rokicka, K., Drabik, K., Kasperek, K., Ziemiańska, A., & Batkowska, J. (2022). Environmental Enrichment as Part of the Improvement of the Welfare of Japanese Quails. *Animals*, 12(15), 1963. <https://doi.org/10.3390/ani12151963>
- Ramos Vilchis, G. (2008). *Crianza y explotación de la codorniz (Coturnix coturnix)*. [Monografía para optar por Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6073/T16941%20VILCHIS%20RAMOS%2C%20GERARDO%20%20MONOG..pdf?sequence=1>
- Rincón, S., Tatiana, C., Gómez, C., Luz, G., & Zapata-Montoya, J. (2016). Extracción de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de hojas de Bixa orellana L. (achiote). *Revista Cubana Plant Med*, 21(2), 133-144. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962016000200002&lng=es.
- Rodríguez, W. (2014). *Evaluación técnica - económica de la producción de la codorniz a pequeña escala* [Monografía para optar por la Ingeniería, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2369>
- Rojas V., Callacna V., & Arnaiz P. (2015). Use of an additive canthaxanthin based and annatto extract in diets of laying hens and its effect on the color of the yolk and the egg shelf life. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 191–199. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.05>
- Rosario, J., & Nieves, D. (2015). Producción y calidad de huevos de codornices alimentadas con dietas con harina de residuos aserrados de carnicerías. *Revista Científica*, 25(2), 139–144. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95935857008>

Samiullah, S., Roberts, J., & Chousalkar, K. (2015). Eggshell color in brown-egg laying hens — a review. *Poultry Science*, 94(10), 2566-2575. <https://doi.org/10.3382/ps/pev202>

Sánchez, C. (2004). Crianza y Comercialización de la Codorniz: Coturnicultura. Guayaquil: Tecnilibro.

Scartepa, B., & Sánchez, L. (2019). *Investigación de mercados para la viabilidad de producción y comercialización del achiote en el departamento de risaralda (Bixa orellana)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Industrial].

Segura, W. (2021). Efecto de la infusión de achiote (Bixa Orellana L.) en la coloración de la yema de huevo en gallina de postura de la línea Isa Brown. *Apthapi*, 7(3), 2295–2298. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/116>

Sepúlveda, C., Ciro, G., & Zapata, J. (2016). Extracción de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de hojas de Bixa orellana L. (achiote). *Revista Cubana de Plant Med*, 21(2), 133-144. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962016000200002&lng=es&tlng=pt.

Shastak, Y., & Pelletier, W. (2023). Nutritional Balance Matters: Assessing the Ramifications of Vitamin A Deficiency on Poultry Health and Productivity. *Poultry*, 2(4), 493-515. <https://doi.org/10.3390/poultry2040037>

Shehata, A., Yalçın, S., Latorre, J., Basiouni, S., Attia, Y., Abd El-Wahab, A., Visscher, C., El-Seedi, H., Huber, C., Hafez, H., Eisenreich, W., & Tellez-Isaias, G. (2022). Probiotics, Prebiotics, and Phytogetic Substances for Optimizing Gut Health in Poultry. *Microorganisms*, 10(2), 395. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10020395>

Silva, M., Botelho, J., Conceição, M., Lira, B., Coutinho, M., Dias, A., Souza, A., & Filho, P. (2005). Thermogravimetric investigations on the thermal degradation of bixin, derived from the seeds of annatto (Bixa orellana L.). *Journal Of Thermal Analysis And Calorimetry*, 79(2), 277-281. <https://doi.org/10.1007/s10973-005-0049-3>

Somacal, S., Figueiredo, C., Quatrin, A., Ruviano, A., Conte, L., Augusti, P., Roehrs, M., Denardin, I., Kasten, J., da Veiga, M., Duarte, M., & Emanuelli, T. (2015). The

antiatherogenic effect of bixin in hypercholesterolemic rabbits is associated to the improvement of lipid profile and to its antioxidant and anti-inflammatory effects. *Mol Cell Biochem*, 403, 243–253. <https://doi.org/10.1007/s11010-015-2354-x>

Spada, F., Selani, M., Coelho, A., Savino, V., Rodella, A., Souza, M., Fischer, F., Lemes, D., & Canniatti-Brazaca, S. (2016). Influence of natural and synthetic carotenoids on the color of egg yolk. *Scientia Agricola*, 73(3), 234-242. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0337>

Surai, P. (2002). Natural Antioxidants in Avian Nutrition and Reproduction (Vol. 1). Nottingham: Nottingham University Press.

Tapia, M. (2018). *Creación, implementación y funcionamiento de una empresa productora de huevos de codorniz* [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica Particular de Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/22778>

Torre, M., & Fonseca, M. (2005). El huevo mitos, realidades y beneficios. *Hospitalidad ESDAI*, 5, 87-100. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Trillo, F., Ciriaco, P., Tafur, L., Rivadeneira, V., Fuentes, N., & Nuñez, J. (2021). Efecto de la etapa de levante sobre la producción y reproducción en codornices japónicas (*Coturnix coturnix japonica*) de postura. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 32(5), e21344. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.21344>

Vali, N. (2008). The Japanese Quail: A Review. *International Journal of Poultry Science*, 7, 925-931. <https://doi.org/10.3923/ijps.2008.925.931>

Vásquez, R., & Ballesteros, H. (1996). *La Cría de Codornices (Coturnicultura)*. Bogotá, DC, Colombia.

Valle, S., Bustamante, M., Argentina, R., Guillet, H., & Vivas, J. (2015). *MANUAL CRIANZA y MANEJO DE CODORNICES* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3323/1/tnl01v181.pdf>

Valle-Muñoz, S., & Bustamante-Castro, M. (2015). *Manual: Crianza y Manejo de Codornices* [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria, UNA]. <https://repositorio.una.edu.ni/3323/>

Vargas, D., Galíndez, R., De Basilio, V., & Martínez, G. (2014). Edad al primer huevo en codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) bajo condiciones experimentales. *Revista Científica Maracaibo*, 19(2), 181-186. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000200012&lng=es.

Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2007). Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal Of Animal Science*, 86(14), 140-148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0459>

ANEXOS



Anexo 1. Limpieza del área de trabajo para el proyecto





Anexo 2. Armado de jaulas, aplicación de cal en el área de trabajo, aplicación de cascarilla de arroz y colocación de bebederos y comederos



Anexo 3. Preparación del achiote (asoleado, molido, licuado y molido por segunda vez)



Anexo 4. Preparación del alimento



Anexo 5. Recepción de las codornices e instalación en sus jaulas con comida y agua



Anexo 6. *Manipulación de las codornices (pesaje inicial, observaciones de problemas en general y comportamiento ante objetos novedosos)*



Anexo 7. *Diferenciación entre hembras y machos*



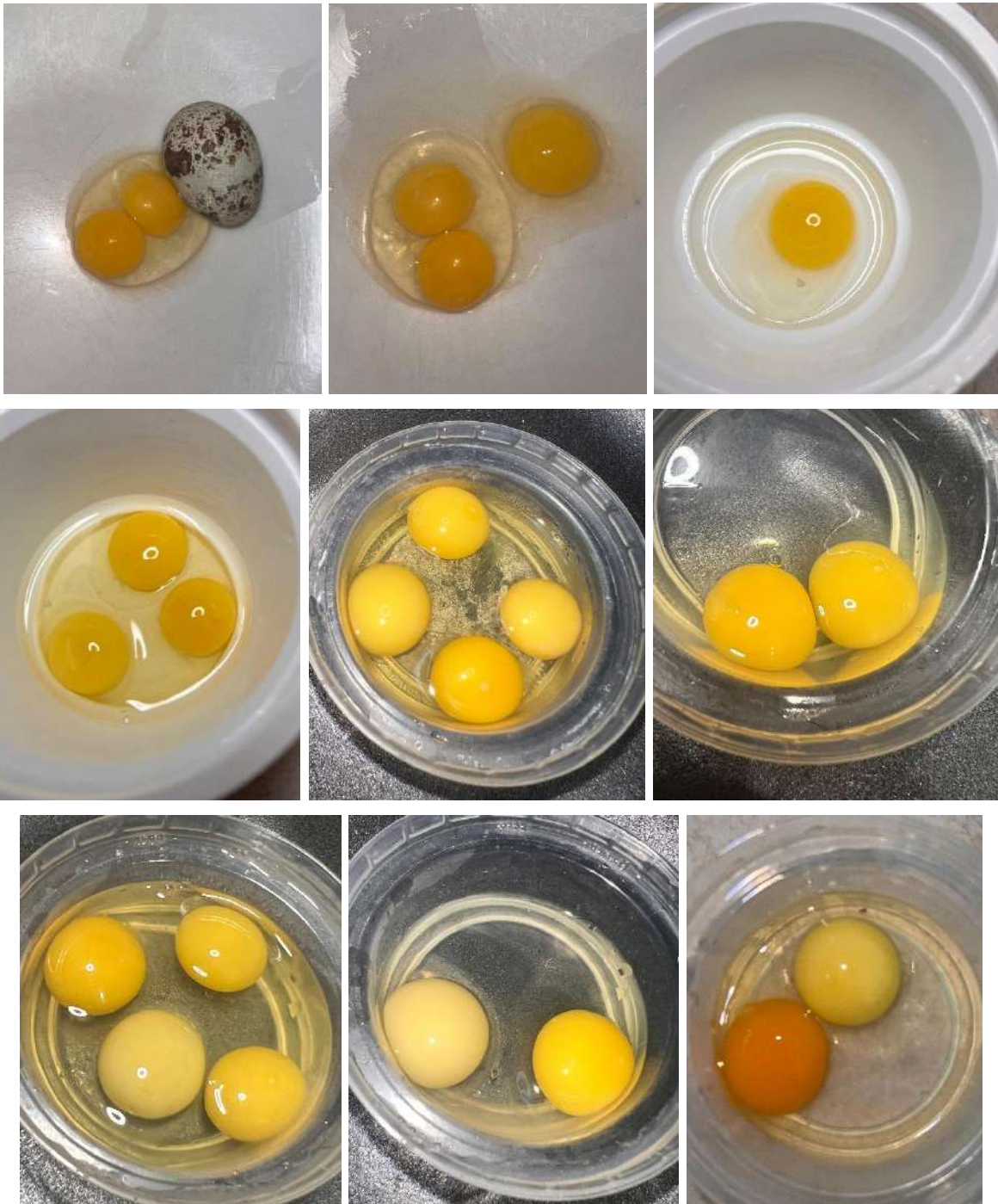
Anexo 8. *Recolecta de los huevos*



Anexo 9. *Observación de diferencias entre tamaños y formas*



Anexo 10. Pesaje de los huevos



Anexo 11. *Observación de diferentes niveles de pigmentación en la yema*