

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE ACHIOTE (*Bixa orellana* L.) EN LA DIETA DE
GALLINAS DE POSTURA (*Gallus gallus domesticus*) SOBRE LA
PIGMENTACIÓN DE LA YEMA DE HUEVO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE
COTA COTA**

ANAHI YERALDINI BERNAL CALLE

La Paz – Bolivia

2023

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EFFECTO DE TRES NIVELES DE ACHIOTE (*Bixa orellana L.*) EN LA DIETA DE GALLINAS DE POSTURA (*Gallus gallus domesticus*) SOBRE LA PIGMENTACIÓN DE LA YEMA DE HUEVO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA

*Tesis de grado presentado como requisito
Parcial para optar al título de
Licenciado en Medicina Veterinaria y Zootecnia*

ANAHI YERALDINI BERNAL CALLE

ASESORES:

M.Sc. Rubén Tallacagua Terrazas
Ing. Fernando Nahir Pérez Cruz

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. Ángel Fernando Jira Hernandez
Ing. Wilson Saúl Segura Ramírez
Ing. Eloy Hernán Huacani Rivera

Aprobado

Presidente tribunal examinador

La Paz – Bolivia

2023

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis está dedicado a mi mamá Rosmery Calle Osco por darme la vida y apoyo incondicional, a mis hermanos Daynor y Alejandra por acompañarme en todo este proceso, a mis tías, primas y por supuesto a mi amado esposo Wilmer Saúl Velásquez por fortalecer mi corazón, por el apoyo constante y fuente de inspiración.

Todo se los debo, con mucho amor para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de vivir, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante la etapa universitaria.

Doy gracias a mi familia por ser mi principal apoyo en este proyecto.

A la casa superior de estudios, la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia por el soporte institucional dado para la realización de este trabajo de investigación.

Le agradezco muy profundamente a mi tutor Ing. M.Sc. Rubén Tallacagua Terrazas por su dedicación y paciencia, sin él no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos.

Me gustaría expresar mi gran agradecimiento al Ing. Fernando Nahir Perez Cruz por sus valiosas y constructivas sugerencias durante la planificación y desarrollo de este trabajo de investigación. Su disposición a dar su tiempo tan generosamente ha sido muy apreciada.

A los honorables miembros del tribunal Ing. Ángel Fernando Jira Hernández, Ing. Wilson Saúl Segura Ramírez e Ing. Eloy Hernán Huacani Rivera quienes dedicaron paciencia y apoyo en el trabajo realizado.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. HIPÓTESIS	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
4.1 Importancia en la producción de aves.....	4
4.2 Situación de la avicultura en Bolivia	4
4.3 Población de gallinas en el departamento de La Paz	5
4.4 Producción de huevos a nivel nacional	7
4.5 Características de la línea Isa Brown	8
4.6 Morfología externa de la línea Isa Brown	8
4.7 Clasificación taxonómica zoológica.....	8
4.8 Principales características productivas	9
4.9 Ciclos de producción de las gallinas de Postura	9
4.10 La alimentación y sus bases de la línea Isa Brown.....	10
4.10.1 Restricción alimentaria	11
4.10.2 Comportamiento de curva de postura con otros insumos	11

4.11	Características nutricionales de la línea Isa Brown.....	11
4.11.1	Requerimiento nutricional de la línea Isa Brown	11
4.12	El agua en gallinas ponedoras.....	13
4.12.1	Consumo de agua	13
4.12.2	Calidad del agua	14
4.12.3	Relación entre el consumo de agua y la producción de huevos.....	15
4.13	Influencia de la humedad y temperatura	16
4.14	Luz en la crianza de aves de postura	16
4.15	Anatomía y fisiología del aparato digestivo.....	17
4.15.1	Proceso de digestión.....	18
4.15.2	Metabolismo	18
4.16	Sistema reproductivo de la gallina ponedora	19
4.16.1	Partes y sus funciones del sistema reproductor	19
4.17	El huevo	20
4.17.1	Características del huevo	20
4.17.2	Formación del Huevo	20
4.17.3	Estructura y Composición del huevo.	22
4.17.4	Nutrientes que Aporta el Huevo	25
4.17.5	Clasificación del huevo de gallina	26
4.17.6	Características de la calidad del huevo	26
4.17.7	Calidad externa del huevo.....	27
4.17.8	Calidad interna del huevo.....	29
4.17.9	Anormalidades del huevo	31
4.18	Pigmento.....	32

4.18.1	Normas para productos orgánicos en Bolivia	32
4.18.2	Pigmentos usados como colorantes en alimentos	33
4.18.3	Pigmentos naturales.....	33
4.18.4	Carotenoides	34
4.19	Achiote	36
4.19.1	Morfología de la planta	36
4.19.2	Ventajas de su producción	36
4.19.3	Características Fisicoquímicas de la semilla del achiote.....	37
4.19.4	Importancia económica	38
4.19.5	Importancia farmacológica	38
4.19.6	Mercado de Achiote (<i>Bixa Orellana L.</i>).....	40
5.	LOCALIZACIÓN	41
5.1	Características Climáticas.....	41
6.	MATERIALES Y MÉTODOS	42
6.1	Materiales.....	42
6.1.1	Material Semoviente	42
6.1.2	Material Alimentos	42
6.1.3	Material de Campo	42
6.1.4	Insumos Veterinarios	42
6.1.5	Material de Gabinete	43
6.2	Metodología	43
6.2.1	Preparación del galpón.....	43
6.2.2	Bioseguridad.....	44
6.2.3	Construcción de Unidades Experimentales (UE).....	44

6.2.4	Recepción de las gallinas	45
6.2.5	Alimentación	45
6.3	Diseño experimental.....	47
6.3.1	Factor de estudio	47
6.3.2	Croquis experimental.....	47
6.3.3	Variables de respuesta	48
7.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	54
7.1	Determinación de la pigmentación / Colorimetría de la yema de huevo ..	54
7.2	Índice de Clara, Índice de Yema, Índice Morfológico	58
7.2.1	Índice de clara	58
7.2.2	Índice de yema	59
7.2.3	Índice morfológico.....	59
7.3	Peso promedio de las gallinas	60
7.4	Porcentaje de Postura.....	61
7.5	Conversión alimenticia	63
7.6	Peso promedio del huevo.....	64
7.7	Índice de Haugh	66
7.8	Estudio bromatológico de huevos enteros	68
7.9	Análisis Económico	69
7.9.1	Costos totales	69
7.9.2	Costos fijos	70
7.9.3	Costos variables	70
7.9.4	Ingresos.....	71
7.9.5	Relación beneficio costo.....	71

8. CONCLUSIONES.....	72
9. RECOMENDACIONES.....	73
10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de Granjas en el Departamento de La Paz, por Municipio y Rubro Avícola.....	6
Tabla 2. Producción de huevo de aves de postura departamentos de La Paz, Cochabamba, Tarija y Santa Cruz según años, 2010- 2022.....	7
Tabla 3. Taxonomía zoológica.....	8
Tabla 4. Estándares comerciales de las ponedoras Isa Brown.	9
Tabla 5. Requerimientos nutricionales de la línea Isa Brown.	12
Tabla 6. Manejo de ponedoras en la línea Isa Brown.....	13
Tabla 7. Relación entre el consumo de agua y el consumo de pienso en función de la temperatura.	14
Tabla 8. Parámetros de niveles químicos en la composición del agua.....	15
Tabla 9. Manejo de humedad y temperatura.	16
Tabla 10. Composición de la Yema.....	22
Tabla 11. Composición de Albumen.....	23
Tabla 12. Composición de la Cáscara.....	24
Tabla 13. Valor nutricional del huevo.	25
Tabla 14. Clasificación de los huevos. Estándar internacional (UE).....	27
Tabla 15. Clasificación de los huevos.	27

Tabla 16.	Fuentes naturales de carotenoides.....	35
Tabla 17.	Composición de la semilla de achiote.....	37
Tabla 18.	Composición del alimento para postura Disbal.....	46
Tabla 19.	Cantidad de achiote por gallina/día.	46
Tabla 20.	Comparación Duncan para la variable escala del abanico de Roche, medias y prueba de comparación de medias.....	54
Tabla 21.	Resumen de medias, error estándar y prueba de agrupación de medias por Duncan.58	
Tabla 22.	Resumen de medias, error estándar y prueba de comparación de medias según Duncan.....	60
Tabla 23.	Resumen de medias, error estándar y prueba de comparación de medias según Duncan.....	61
Tabla 24.	Comparación Duncan por tratamientos para conversión alimenticia en gallinas Isa Brown.	63
Tabla 25.	Comparación Duncan por tratamientos para peso del huevo en gallinas Isa Brown. 64	
Tabla 26.	Comparación Duncan por tratamientos para índice de Haugh en gallinas Isa Brown.	66
Tabla 27.	Tratamiento testigo vs Tratamiento 2	68
Tabla 28.	Costo total de la investigación, ajustado para 1200 gallinas ponedoras (11 meses) costos fijos y variables.....	69
Tabla 29.	Costos fijos en 1.200 gallinas en 11 meses.....	70
Tabla 30.	Costos variables por tratamiento con achiote	70
Tabla 31.	Ingresos totales en gallinas de producción con la adición de achiote	71
Tabla 32.	Relación de costos e ingresos en etapa de producción.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de producción de las gallinas ponedoras.	10
Figura 2. Aparato Digestivo de la Gallina.	17
Figura 3. Aparato reproductor de las gallinas de postura.	19
Figura 4. Estructura del huevo.....	22
Figura 5. Forma del huevo.....	28
Figura 6. Cámara de aire del huevo.	29
Figura 7. Índice de Clara.	31
Figura 8. Departamento de La Paz y ubicación del Centro Experimental Cota Cota, Facultad de Agronomía, U.M.S.A.....	41
Figura 9. Medidas de las Unidades Experimentales.....	44
Figura 10. Ubicación de Unidades Experimentales	48
Figura 11. Pigmentación promedio de la yema de huevo por tratamientos	55
Figura 12. Porcentaje de postura y pigmentación de la yema de huevo.	62
Figura 13. Conversión alimenticia vs pigmentación de yema de huevo.	63
Figura 14. Peso promedio del huevo y pigmentación de la yema de huevo.....	65
Figura 15. Índice de Haugh y pigmentación de la yema de huevo.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Gallinas en etapa de pre postura.	85
Anexo 2. Flameado del ambiente.	85
Anexo 3. Armado de nuevas jaulas.	86
Anexo 4. Vaciado de cascarilla de arroz.	86
Anexo 5. Conclusión del armado de jaulas.	87
Anexo 6. Traslado de gallinas.	87
Anexo 7. Construcción de nidales.	88
Anexo 8. Identificación de gallinas.	88
Anexo 9. Secado de achiote.	89
Anexo 10. Puesta de gallinas.	89
Anexo 11. Achiote 1%.	90
Anexo 12. Achiote 3%.	90
Anexo 13. Achiote 5 %.	91
Achiote 14. Pesaje de huevos.	91
Anexo 15. Variación de pigmentos de yema de huevo.	92
Anexo 16. Medición del huevo con vernier.	92
Anexo 17. Selección de huevos.	93
Anexo 18. Pesaje de gallinas.	93
Anexo 19. Bienestar animal.	94
Anexo 20. Toma de datos.	94
Anexo 21. ANVAS de las variables de respuesta.	95
Anexo 22. Bromatología de huevo entero para el tratamiento testigo.	97
Anexo 23. Bromatología de huevo entero para el Tto 3 (5% de achiote).	98

Resumen

Se realizó la siguiente investigación en el módulo de aves de postura, del Centro Experimental Cota Cota, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. El objetivo fue de evaluar el efecto de tres niveles de achiote (*Bixa orellana* L.) en la dieta de gallinas Isa Brown, sobre la pigmentación de la yema de huevo. Se empleó un diseño completamente al azar, donde se alojaron 120 gallinas, criadas en jaulas de piso. Los tratamientos fueron los siguientes: T0 (0% de achiote), T1 (1% de achiote), T2 (3% de achiote) y T3 (5% de achiote). Los resultados fueron no significativos estadísticamente para las siguientes variables: índice de clara 89,16 %; índice de yema 41,27%; índice morfológico 79,4%; el peso de gallinas 1.929 g, porcentaje de postura 97,5%; conversión alimenticia 2,19%; peso del huevo 54,11 g e índice de Haugh 93,99%. En cambio, la pigmentación de la yema de huevo fue altamente significativa estadísticamente, con un promedio de 14 T3; 13 T2; 11 T1 y 4 T0 según el abanico de Roche. La relación beneficio/costo para T1 (Achiote 1%) con 1,15. Lo que indica que es la mejor opción para implementar en la producción de huevos con yemas pigmentadas naturalmente.

Palabras clave: Achiote, gallinas, unidades experimentales, abanico de Roche.

Summary

The following research was carried out in the laying birds module, of the Cota Cota Experimental Center, Faculty of Agronomy, Universidad Mayor de San Andrés. The objective was to evaluate the effect of three levels of annatto (*Bixa orellana* L.) in the diet of Isa Brown hens, on egg yolk pigmentation. A completely randomized design was used, where 120 hens were housed, raised in floor cages. The treatments were the following: T0 (0% annatto), T1 (1% annatto), T2 (3% annatto) and T3 (5% annatto). The results were not statistically significant for the following variables: clearness index 89.16%; yolk index 41.27%; morphological index 79.4%; hen weight 1,929 g, laying percentage 97.5%; feed conversion 2.19%; egg weight 54.11 g and Haugh index 93.99%. In contrast, egg yolk pigmentation was highly statistically significant, with an average of 14 T3; 13 T2; 11 T1 and 4 T0 according to the Roche fan. The benefit/cost ratio for T1 (Achiote 1%) is 1.15. Which indicates that it is the best option to implement in the production of eggs with naturally pigmented yolks.

Keywords: Annatto, chickens, experimental units, Roche fan.

1. INTRODUCCIÓN

Según A.N.A. (2022), la producción anual de huevo en Bolivia, que llegó en 2021 a 2.232 millones, mantuvo una tendencia decreciente desde 2019, afectada por la crisis política de ese año y agravada por la pandemia del covid-19. En tanto, el consumo per cápita de la proteína es de 195 unidades, cinco más que en 2020, y la demanda per cápita de carne de pollo, de 44 kilogramos. El sector, sin embargo, enfrenta una severa escasez de su principal insumo, lo que podría afectar la producción en los próximos cuatro a siete meses.

El sector avícola departamental genera 100 mil empleos directos e indirectos; produce anualmente más 380 mil toneladas de alimento entre pollo y huevo; aporta anualmente \$ US 530 millones a la economía del país, y produce 124 millones de pollos y 1400 millones de huevos al año (Avicultura, 2022).

Según Alzate y otros (2011), el huevo es un ingrediente habitual en la alimentación del hombre desde su origen. Se caracteriza por su alta calidad nutritiva, una excelente relación calidad-precio y ser ingrediente básico y versátil a nivel culinario.

1.1 Antecedentes

Argoti y López (2022), encontraron en su estudio elevada pigmentación de la yema de huevo con la adición de achiote, donde la marcación en promedio llegó a subir a su tope máximo en la escala de Roche con un 16 en coloración, utilizando 40 g de achiote en 135 g de alimento balanceado.

El estudio realizado por Segura (2021), muestra que la pigmentación de yema de huevo según el abanico colorímetro de Roche fue 4, utilizando infusión de achiote en el agua de bebida (200 g de achiote molido en 4 000 ml de agua), haciendo hervir por 10 minutos, filtrar y repartido en 2 litros por día, durante 20 días.

1.2 Planteamiento del problema

La preferencia por las yemas doradas de color intenso de los huevos se encuentra muy arraigada en la historia. Las yemas pálidas han sido siempre señal de gallinas enfermas, infectadas por lombrices o con una alimentación precaria. Sin embargo, una yema de color amarillo dorado intenso indicaría que la gallina que ha puesto dichos huevos está sana, bien alimentada y consume carotenoides (Galiano, 2013).

1.3 Justificación

Los consumidores tienen la tendencia de preferir productos de colores vivos, como en el caso de los huevos, se observa mayor demanda por aquellos que tienen yemas de color anaranjado, esto incrementa el valor agregado dentro de la comercialización del huevo brindándole características visuales agradables, generando mayores ingresos económicos.

Por lo tanto, el siguiente trabajo de investigación propone evaluar el pigmento en la yema de huevo de gallinas de puesta Isa Brown con la implementación de achiote en el alimento, con el fin de pigmentar la yema de huevo, proporcionando características estéticas, visuales y sensoriales al consumidor, permitiendo generar mayores ingresos económicos por la venta de huevos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres niveles de achiote (*Bixa orellana L.*) en la dieta de gallinas de postura (*Gallus gallus domesticus*) sobre la pigmentación de la yema de huevo, Centro Experimental de Cota Cota.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la aplicación de achiote en sus tres niveles, sobre la pigmentación de la yema de huevo.
- Evaluar los índices de producción en la etapa de postura.
- Determinar el beneficio costo de producción con el uso de tres niveles de achiote.

3. HIPÓTESIS

H_a = A mayor nivel de achiote ofrecido en el alimento balanceado a gallinas de postura Isa Brown en etapa de postura, mayor será la pigmentación en la yema de huevo.

H_0 = A mayor nivel de achiote ofrecido en el alimento balanceado a gallinas de postura Isa Brown en etapa de postura, no habrá incremento de la pigmentación en la yema de huevo.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Importancia en la producción de aves

En la industria avícola, el color determina la elección o rechazo del producto por el consumidor, la preferencia por una totalidad de color difiere tanto como las culturas de distintos países (Maldonado, 2015).

La industria avícola boliviana se inició como un sector productivo organizado en los años 60 en el departamento de Cochabamba. Gracias a las bajas temperaturas proporcionadas por sus 2,650 m de altitud, al suministro local de granos y a la proximidad con la ciudad de La Paz, en ese entonces el principal centro de consumo de Bolivia, floreció la industria avícola en Cochabamba y durante algunas décadas, encabezó la producción avícola en el país (Nunes, 2010).

4.2 Situación de la avicultura en Bolivia

Bolivia es tradicionalmente un consumidor de carne roja, pero la población se va hacia la carne de pollo y sus productos en busca de una fuente de proteína saludable. Según informes de la ONU, el país ha ido mejorando año con año el Índice de Desarrollo Humano (Catedra, 2022).

En relación a la situación de Bolivia, el sector huevos ha transitado por dos años malos para el precio de este producto. Por lo cual, a inicio del año 2020, los productores tuvieron que disminuir la oferta en 5% coincidiendo con la cuarentena decretada por este país. En el mercado el huevo, bajo las actuales condiciones, se ha provocado que los intermediarios logren ganancias fuera de lo normal, debido a la excesiva especulación que existe (Avicultura, 2020).

Según consigna La Razón, Gutiérrez (2021), señala en la revista Avi News los siguientes puntos:

- El presidente de ADA Santa Cruz, Omar Castro, señaló que en los últimos años ha aumentado el consumo de pollo y huevo. Por lo cual, se espera que para esta gestión la producción de pollo tenga un crecimiento de 4% y la de huevo de 8%, en relación al 2021. Al respecto, el presidente de ADA

Cochabamba, Willy Soria, subrayó que tras este incremento en la producción de pollo evidencia para el sector un cierto grado de tranquilidad.

- Para Willy Soria, el sector avícola tiene dificultades para provisionarse de maíz, dado que este grano tuvo un aumento de hasta Bs 119 el quintal, al compararlo con la gestión pasada cuando se comercializaba a Bs 62.
- Cabe mencionar que el 21 de abril de este 2022, el Presidente de la Asociación Departamental de Avicultores, ADA, Santa Cruz, enfatizó que el gobierno boliviano debería terminar con la restricción a la importación de maíz y permitir que este proceso sea regular mensualmente. De manera tal de evitar la incertidumbre y garantizar la seguridad alimentaria del pollo en los mercados de este país.

4.3 Población de gallinas en el departamento de La Paz

La producción de huevo en Bolivia es de 2.230 millones de unidades al año y de esta cifra el 52% se genera en Santa Cruz, pero el departamento de La Paz el mayor consumidor de esta proteína animal. El sector avicultor reclama por el contrabando que provoca una caída de los precios al generar una sobreoferta en los mercados (AgroNews, 2021).

La Asociación de Avicultores de Santa Cruz (ADA) organizó una serie de eventos para aumentar el consumo de este producto a nivel nacional y en la misma dio a conocer que La Paz es uno de los principales consumidores, seguido de Santa Cruz y luego Cochabamba (El Diario, 2021).

El Departamento de La Paz cuenta con un gran potencial en la producción agropecuaria, sobre todo en la crianza avícola, ya que varias provincias que se encuentran en las cabeceras de valles presentan las condiciones ambientales adecuadas para realizar la producción avícola, ya sea para la explotación en carne o huevo. En la siguiente tabla se observa la cantidad de granjas que se encuentran en el Departamento de La Paz, por municipio y por rubro avícola según el Censo Avícola realizado (SENASAG, 2023).

Tabla 1. Número de Granjas en el Departamento de La Paz, por Municipio y Rubro Avícola.

Provincia	Municipio	Razón Social	Rubro
Omasuyos	Ancoraimes	Avícola Limachi	Ponedoras
Murillo	Palca	Avícola "Pollos Gordis"	Ponedoras
Murillo	Palca	Avícola Castillo	Ponedoras
Aroma	Patacamaya	Avícola "Condor"	Ponedora
Loayza	Sapahaqui	Avícola "Mia"	Ponedoras
Caranavi	Caranavi	Avícola "Norte Yungueño"	Ponedoras
Los Andes	Pucarani	Avícola "Santa Lucia"	Ponedoras
Nor Yungas	Coroico	Avícola Avilcar	Ponedoras
Caranavi	Caranavi	Avícola Avifer	Ponedoras
Murillo	Palca	Avícola Bautista	Ponedoras
Sud Yungas	Chulumani	Avícola Ecologico Criollin	Ponedoras
Los Andes	Laja	Avícola Florida	Ponedoras
Ingavi	Andrés de Machaca	Avícola Hmapru	Ponedoras
Caranavi	Caranavi	Avícola Huevo Feliz	Ponedoras
Sud Yungas	La Asunta	Avícola Las Posturas de Mamá	Ponedoras
Caranavi	Alto Beni	Avícola María	Ponedoras
Aroma	Calamarca	Granja Avícola "Ista"	Ponedoras
Abel Iturralde	San Buena Ventura	Granja Avícola Everest	Ponedoras

Fuente: (SENASAG, 2023).

Según los datos de la Asociación de Avicultores de La Paz, el año 2008 citado por la Red Alimentaria (2010), la producción de huevo fue de 395 millones de unidades, mientras que Santa Cruz alcanzó a 810 millones de unidades. Santa Cruz y Cochabamba tienen el control del 95% del mercado nacional en este año, el resto se reparten entre La Paz, Tarija y Chuquisaca.

4.4 Producción de huevos a nivel nacional

Desde que ADA inició su campaña de incentivo al consumo de huevo en 2019, la ingesta per cápita anual en Bolivia se incrementó de 172 a 203 unidades (Alvarez, 2022).

Cita en la Razón por Flores (2022), lo siguiente:

- El vicepresidente de la Asociación de Avicultores de Santa Cruz (ADA), Óscar Daza, informó que la producción anual de huevo en el país es de 2.700 millones; el departamento cruceño produce 1.500 millones, cifra que representa el 55% de la producción nacional.
- En Santa Cruz hay 162 granjas avícolas registradas dedicadas a la producción de huevo, con capacidad para alojar a 7,3 millones de aves, mientras que a nivel nacional hay 520 granjas con una capacidad de alojamiento de 14,5 millones de aves.

Tabla 2. Producción de huevo de aves de postura departamentos de La Paz, Cochabamba, Tarija y Santa Cruz según años, 2010-2022.

AÑO	LA PAZ	COCHABAMBA	TARIJA	SANTA CRUZ
2015	31402028,8	673272999	30616848,4	810206763
2016	35397622	755883580	35109421	937530264
2017	43530581	955817101	44300460	1198774970
2018(p)	42861592	941127860	43619639	1180351890
2019(p)	43504515	955244778	44273933	1198057169
2020(p)	43674123	956473169	44394772	1199979060
2022(p)	44259275	966293911	44871248	1212423209

(p) Preliminar

Fuente: INE, Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (Instituto Nacional de Estadística, 2022).

4.5 Características de la línea Isa Brown

Ubeda Rugama (2017), indica lo siguiente:

- Es una casta francesa que es una cruce entre el Rojo de Rhode Island entre la línea madre y los pollos blancos de Rhode Island entre las líneas padres. Esta línea se caracteriza por una alta producción de huevos de aproximadamente 300 huevos por gallina en su primer año de postura.
- Es una línea de aves semi pesadas, con excelente producción de huevo de buen tamaño y muy buena resistencia de cascaron, aproximadamente en edad productiva media se puede llegar a observar cierta variación en la coloración de las cascaras, siendo estas no muy uniformes

4.6 Morfología externa de la línea Isa Brown

Según Ojeda (2022), la Línea Isa Brown se caracteriza por ser colorada, con la cresta roja, son aves de tipo liviano son muy utilizadas en la producción de huevos.

4.7 Clasificación taxonómica zoológica

Tabla 3. Taxonomía zoológica.

Reino	Animal
Sub- reino	Metazoos
Tipo	Vertebrados
Clase	Ovíparo
Orden	Galliformes
Familia	Phasianidae
Género	Gallidos <i>Gallus gallus</i>
Especie	<i>domesticus</i>

Fuente: (Ojeda, 2022).

4.8 Principales características productivas

Isa Brown (2010), indica que las aves Isa Brown son una línea genéticamente mejorada para la producción de huevos, adaptadas en diversos pisos ecológicos como el altiplano, con las características de una ponedora como:

Livianas de cuerpo mediano.

- Color café con manchas blancas.
- Peso en la postura 1.850 - 1.900 g.
- Consumo de alimento de 125 g/ave/día, desde las 17 a 80 semanas el ciclo de la postura.
- Postura pico de 90 a 95%.

Tabla 4. Estándares comerciales de las ponedoras Isa Brown.

Periodo de puesta	18- 100 semanas
Viabilidad	93%
Edad al 50 % de puesta	145 días
Pico de puesta	96.5 %
Peso medio del huevo	63.0 g
Huevos por ave alojada	470
Masa de huevo por ave alojada	29.6 kg
Consumo medio de alimento	112 g/día
Índice de conversión acumulado	2.15 kg/kg
Peso corporal	1975 g
Resistencia de la cáscara	4100 g/cm ²
Color de la cáscara	14.0 Lab
Unidades Haugh	81

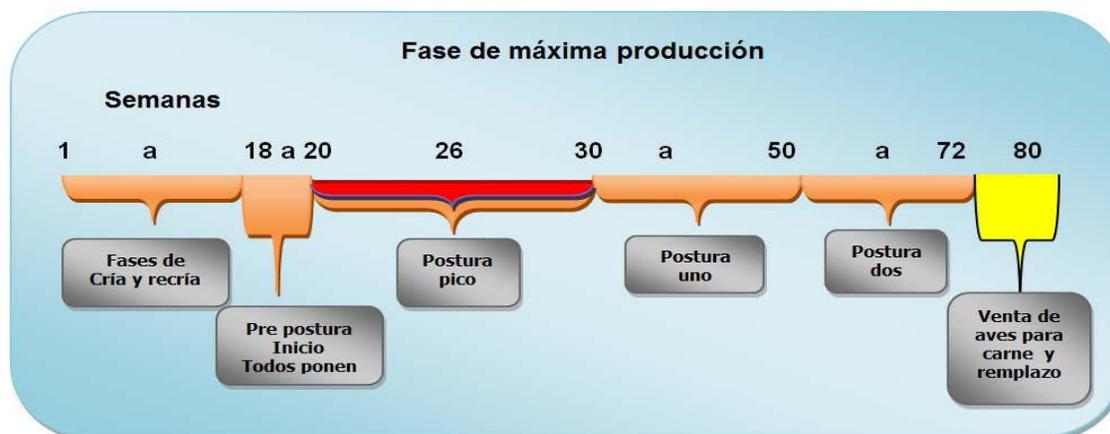
Fuente: (Isa Brown, 2023).

4.9 Ciclos de producción de las gallinas de Postura

Antezana (2011), manifiesta que en Bolivia la fase productiva comienza con la cría y la recria que comprende:

- 1 a 18 semanas en la fase de cría y recría.
- 18 a 20 semanas es la fase de pre-postura (todas las aves homogenizan la postura).
- 20–30 semanas se conoce como fase de postura pico en esta fase se produce el mayor porcentaje de postura.
- 30 a 50 semanas es la fase de postura uno que implica que las aves son jóvenes con todo su potencial productivo en esta fase se reduce tanto proteína como la energía en la alimentación.
- 50 a 72 semanas es conocida como la fase de postura dos en esta fase se adiciona calcio en el alimento por que las gallinas ya no generan calcio a través de los huesos modulares.

Figura 1. Ciclo de producción de las gallinas ponedoras.



Fuente: (Antezana, 2011).

4.10 La alimentación y sus bases de la línea Isa Brown

La guía de manejo de la nutrición de ponedoras comerciales, Isa Brown (2010), muestra que la alimentación de las aves debe ser simple a fin de reducir el riesgo de errores en los distintos niveles del proceso fabricación y distribución. Otra razón está relacionada con las aves, son sensibles a la presentación del alimento y a la introducción de nuevos insumos. Desde las 26-28 semanas hasta las 50 semanas o en el final de la puesta. Si es posible, sería bueno incrementar el nivel de

carbonato cálcico sobre las 50 semanas para reducir el porcentaje de huevos descalcificados.

4.10.1 Restricción alimentaria

Según Isa Brown (2010), indica que, una ligera restricción alimentaria puede usarse para controlar el peso del huevo hacia el final de la fase de puesta. También puede usarse cuando el ave alcanza el peso vivo estándar de las 28 semanas. Esta técnica puede aplicarse paulatinamente, evitando una fuerte restricción alimentaria que tendría consecuencias indeseables en el porcentaje de puesta.

- La distribución de los tiempos de reparto de pienso puede concentrarse paso a paso para reducir el consumo de pienso.
- La introducción de uno o dos periodos de oscuridad durante el día también es aplicable.

4.10.2 Comportamiento de curva de postura con otros insumos

Riveros (2012), demuestra que se obtienen mejores índices de postura cuando se trabaja en sistema de piso en la fase de postura uno, este resultado se le atribuye a que el alimento consumido se utilizó eficientemente en actividades productivas.

4.11 Características nutricionales de la línea Isa Brown

4.11.1 Requerimiento nutricional de la línea Isa Brown

Es muy importante conocer los requerimientos nutricionales de las gallinas en cada etapa productiva, para de esta manera establecer una dieta adecuada con ingredientes energéticos y proteicos que supla las necesidades, asegurándose que reciben todos los minerales y vitaminas necesarios para su desarrollo (Perdomo, 2018).

Evaluación de la eficiencia nutricional de dietas elaboradas a partir de recursos locales para la alimentación de gallinas criollas, criadas en un sistema productivo agroecológico en el municipio de Natagaima - Tolima

Una buena nutrición garantiza un rendimiento productivo positivo del sistema, en cuanto a ganancia de peso, producción de huevo y conversión alimenticia de las gallinas.

Los requerimientos dependen del nivel del consumo observado durante el periodo de arranque, crecimiento, pollitas, prepuesta y puesta (Isa Brown, 2010).

Tabla 5. Requerimientos nutricionales de la línea Isa Brown.

Programa de alimentación	Inicio 0-7 semanas	Crecimiento (8-17 semanas)	Postura de (19-52 semanas)
Energía kcal/kg	2,8	2,75	3
Proteína cruda(%)	20	16,5	16
Ácido linoleico(%)	1,5	1,2	14
Calcio (%)	1	0,9	3,5
Fosforo (%)	0,48	0,4	0,4
Sodio(%)	0,18	0,18	0,18
Lisina(%)	1,05	0,76	0,75
Metionina(%)	0,44	0,32	0,39

Fuente: (Isa Brown, 2010).

Los requerimientos nutricionales de las aves están en función a la etapa de producción, en la fase de inicio se debe proporcionar alimento con 20% de proteína a libre consumo y estimular el consumo moviendo los comederos, en la fase de crecimiento con 19% y para la etapa de pre-postura y postura de 16,5% de proteína.

Palomino, citado por Llusco (2015), indica que la carencia se produce cuando el ave no obtiene la cantidad requerida de un determinado nutriente. La carencia de algún nutriente en aves muestra pronto síntomas de:

- Mala salud
- Problemas en las patas
- Mal emplume
- Caída en la producción del huevo

- Huevos con cascara delgada
- Aves propensas a enfermedades

4.12 El agua en gallinas ponedoras

4.12.1 Consumo de agua

Isa Brown (2010), afirma:

- El agua es el nutriente más crítico en avicultura. Es esencial controlar su consumo diariamente. Si un animal no bebe, no comerá y por lo tanto no producirá.
- El consumo de agua depende de la temperatura ambiente (ver tabla 6). Más allá de los 20°C, el consumo de agua aumenta permitiendo a las aves exportar más calor bajo la forma de calor sensible (evaporación pulmonar). El consumo de agua depende de la temperatura y la higrometría del ambiente.
- La gallina puede sobrevivir a una pérdida total de su grasa y más del 50% de su proteína, sin embargo, una pérdida de 10% de agua en una ponedora, trae serios desórdenes fisiológicos, y una pérdida del 20%, la muerte.

Tabla 6. Manejo de ponedoras en la línea Isa Brown.

Temperatura	Relación agua/alimento	Agua en ml/día
15	1,7	210
20	1,8	205
25	2,1	230
30	3,1	320

Fuente: (Isa Brown, 2010).

El consumo de agua depende de la temperatura ambiente. Por encima de los 20°C, el consumo se incrementa para permitir al ave mantener su temperatura corporal (evaporación respiratoria) (Isa Brown, 2010).

La siguiente tabla muestra la relación entre el consumo de agua y el consumo de pienso en función de la temperatura:

Tabla 7. Relación entre el consumo de agua y el consumo de pienso en función de la temperatura.

Temperatura	Cría	Producción
15°C	1,6	1,70 (210 ml)
20°C	1,7	1,80 (205 ml)
25°C	2,3	2,10 (230 ml)
30°C	3	3,10 (320 ml)

Fuente: Guía de Manejo General de ponedoras comerciales (Isa Brown, 2010).

En épocas cálidas es fundamental suministrar a las aves agua fresca. En un clima cálido el agua fresca mejorará la productividad. Es fundamental proteger los depósitos de agua de la luz directa del sol (Isa Brown, 2010).

4.12.2 Calidad del agua

Una buena calidad del agua de bebida es muy importante para la producción animal. Cuando nos referimos a la avicultura, las aves deben siempre tener un fácil acceso al agua de bebida, y el agua debe ser fresca y limpia. El sabor y el olor parecen tener menos importancia para las aves, pero son indicativos de la calidad del agua (Isa Brown, 2010).

En épocas cálidas es fundamental suministrar a las aves agua fresca. En un clima cálido el agua fresca mejorará la productividad. Es fundamental proteger los depósitos de agua de la luz directa del sol. La calidad del agua puede variar según la fuente de abastecimiento y el tratamiento que se le haya dado, lo que puede tener un impacto significativo en la salud, crecimiento y producción de las aves. Los estándares para la calidad del agua deben incluir factores que afectan la

palatabilidad, la acumulación de sólidos dentro de los sistemas de agua y la toxicidad (Patiño, 2023).

Tabla 8. Parámetros de niveles químicos en la composición del agua.

Parámetro	Avicultura	
	Buena calidad	No usar
Ph	5-8,5	<4 y >9
Amonio mg/l	<2,0	>10
Nitritos mg/l	<0,1	>0,1
Nitratos mg/l	<100	>200
Cloro mg/l	<250	>2000
sodio mg/l	<800	>1500
Sulfatos mg/l	<150	>250
Hierro mg/l	<0,5	>2,5
Manganeso mg/l	<1,0	>2,0
Dureza	<20	>25
Materia orgánica oxidable mg/l	<50	>200
S2H	no detectable	detectable
Coliformes		
Ufc/ml	<100	>100
UFCs totales		
ufc/ml	<100.000	>100.000

Fuente: (Isa Brown, 2010).

4.12.3 Relación entre el consumo de agua y la producción de huevos

Una regla es que dentro del rango de la temperatura normal confortable para un ave de 20-25 °C, las aves consumen el doble de agua que de alimento. Las proporciones cambian en temperaturas más altas debido a que las aves consumen menos alimento, pero más agua (Isa Brown, 2010).

4.13 Influencia de la humedad y temperatura

Según Isa Brown (2010), a fin de asegurar que el galpón y la cama tengan una temperatura, humedad que facilite el desarrollo disminuyendo el estrés de las gallinas, recomienda los siguientes parámetros.

Tabla 9. Manejo de humedad y temperatura.

Edad	Temperatura de la crianza	T° Ambiental		Humedad relativa
(Días)	Jaula °C	Piso °C		Optimo-máximo en %
0-3	32-35	31	33-31	55-60
4-7	30-32	29	32-31	55-60
7-14	27-30	26	30-28	55-60
15-21	24-27	23	28-26	55-60
22-28	22-24	20	23-21	55-65
29-35	18-22	20	21-19	60-70
Después de 35	18	18	19-17	60-70

Fuente: (Isa Brown, 2010).

4.14 Luz en la crianza de aves de postura

Según la Guía de Manejo Comercial (2010), explica que la estimulación por medio de iluminación no debe proveerse hasta que las parvadas alcancen su peso óptimo de 1470 gr y las que tengan pesos corporales bajos indudablemente producirán huevos de tamaño más pequeño y sufrirán una producción baja y reducción en la producción después de la producción máxima.

El mismo autor indica que el programa de estimulación por medio de iluminación puede ser usado como una herramienta para ayudar a obtener el tamaño deseado del huevo. En general la estimulación de luz más temprana resulta en un numero de huevos un poco mayor por ave, pero a cambio de obtener un tamaño más pequeño del huevo. La estimulación de luz un poco atrasada resultara en el número de huevos más bajo por ave, pero con el tamaño del huevo un poco más grande

durante la producción. De esta manera los programas de iluminación pueden hacerse de acuerdo a las necesidades de un mercado particular para obtener el tamaño de huevo en demanda.

4.15 Anatomía y fisiología del aparato digestivo

La alimentación es continua, el proceso completo de transferencia se efectúa en 12 horas aproximadamente. La digestión es más rápida en una gallina ponedora (Reyes, 2010).

Figura 2. Aparato Digestivo de la Gallina.



Fuente: (Reyes, 2010).

Según Reyes (2010), describe el aparato digestivo de la Gallina:

- La boca posee pocas glándulas salivales, provista de lengua, reemplazados por una mandíbula cornea en cada maxilar y que forma el pico.
- El esófago o gástrico de forma tubular, está situado debajo de la boca y conectado al buche.
- El buche tiene la función de depósito del alimento desarrolla funciones de órgano de almacén y da paso al alimento hacia aparato digestivo

- El proventrículo o estomago glandular es aquí donde se produce el jugo gástrico y la secreción del ácido clorhídrico y pepsina.
- La molleja tiene la función de moler los alimentos y consta de tres tunicas: la interna gruesa y muy dura, con crestas y rugosidades, el medio formado por músculos potentes y la externa que es una débil envoltura.
- Intestino delgado, mide 1.5 m, función absorción y digestión. Dentro del asa duodenal está el páncreas, secreta el jugo pancreático, contiene las enzimas amilasa, lipasa y tripsina.
- Intestino grueso que mide 10 cm de largo, aquí se produce la absorción del agua y se extiende desde la parte final del intestino delgado hasta la cloaca.
- Cloaca. Se conoce como “alcantarilla común”. Parte inferior de la cloaca desembocan los conductos digestivo, urinario y reproductor.
- Páncreas, está alojada entre las dos ramas del asa duodenal; produce el jugo pancreático, dentro del asa duodenal del intestino delgado.
- Hígado, posee la vesícula biliar donde se acumula la bilis. Función secretar la bilis, contiene ácidos biliares. Estos ayudan a la digestión, de las grasas mediante la formación de emulsiones y neutraliza la acidez del duodeno.

4.15.1 Proceso de digestión

La absorción de los nutrientes se realiza mediante sistemas de transporte especializados y la presencia de las vellosidades, que aseguran una rápida y completa absorción de los nutrientes digeridos. La sangre transporta los nutrientes absorbidos del alimento al hígado y los nutrientes son utilizados en el metabolismo (Isa Brown, 2010).

4.15.2 Metabolismo

Es el proceso por el cual ocurren cambios fisiológicos, que experimenta los principios nutritivos después de ser absorbido a partir del tracto digestivo. Comprende: 1) procesos de estructuración en que los principios nutritivos absorbidos se utilizan para formar o reparar tejidos corporales, y 2) proceso de

degradación en que los principios nutritivos se oxidan para producir calor y trabajo (Sánchez, 2007).

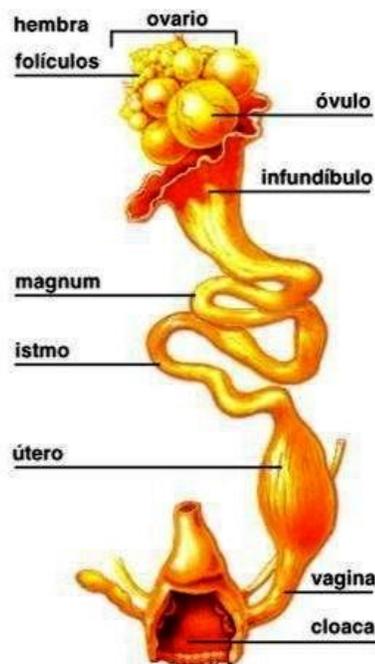
4.16 Sistema reproductivo de la gallina ponedora

4.16.1 Partes y sus funciones del sistema reproductor

Sánchez (2007), describe que el aparato reproductor se encuentra reducido a tal grado que las hembras presentan sólo un ovario y un oviducto izquierdo, el derecho involuciona; es la mayor inversión en una ponedora. Cuando nace hay alrededor de 3500 folículos, de los cuales van a ovular sólo 350.

El ovario tiene folículos en diferentes grados de maduración, que se diferencian por su tamaño, estos van a formar luego las yemas. En el aparato reproductor se pueden diferenciar 3 regiones, el Oviducto (constituido por el infundíbulo, el mágnun y el istmo) el útero y la vagina, que termina en la cloaca.

Figura 3. Aparato reproductor de las gallinas de postura.



Fuente: Manual de mejoramiento de Aves de Traspatio (Mejía, 2002).

- a) **Infundíbulo.** Es la primera parte y va a captar el folículo.
- b) **Magnum.** Aquí se va a incorporar la clara que se genera en esta zona, principalmente la albúmina.
- c) **Istmo.** Aquí se originan las membranas de la cáscara.
- d) **Útero.** Por último, aquí va a dar la cáscara del huevo o sea el estuche final.
- e) **Vagina.** Es la zona terminal de pasaje hacia la cloaca y salida final del huevo.

Las aves son ovíparas, es decir, el desarrollo de los embriones se lleva a cabo en una estructura protegida fuera del cuerpo de la madre, la cual se denomina huevo (Sánchez, 2007).

4.17 El huevo

4.17.1 Características del huevo

Según la Guía de manejo de la nutrición de ponedoras comerciales Isa Brown (2010), año tras año, las mejoras de la productividad vienen dadas por la reducción en el tiempo necesario para la producción de un huevo. Hoy día, el tiempo necesario para la producción de un huevo está cerca de las 24 horas, nos permite conseguir elevadas tasas de producción, siendo los huevos puestos temprano por la mañana.

Murillo (2008), manifiesta que el huevo en promedio pesa 58 g. y tiene un volumen de 53 cc. Del total, 39 g corresponden a agua (67%), 7 g de proteínas (12%), 6,2 g de lípidos (10,7%), 0,3 de hidratos de carbono (0,5%), 2 g de calcio (3,4%), y el resto a minerales, oligoelementos y otros. La totalidad de los lípidos que contiene el huevo se encuentran en la yema, la proteína está compartida entre la yema (3,3 g) y clara (3,5 g), prácticamente todos los minerales y calcio están presentes en la cascara.

4.17.2 Formación del Huevo

Antezana (2011), señala que el huevo de las gallinas consta de una pequeña célula reproductiva, comparada con la de los mamíferos, en las gallinas, esta célula está rodeada por yema, albumina, membranas del cascara y cutícula. El ovario es el

responsable de la formación de la yema, y el oviducto forma las partes restantes del huevo.

El mismo autor nos indica que la clara rodea a la yema, y su acción bactericida asume una verdadera función protectora, se pueden distinguir cuatro capas de claras:

- Primera es espesa y envuelve a la yema, que corresponde al 3% de la clara y a su vez envuelve a la chalaza membrana que mantiene a la yema en el centro del huevo.
- Segunda es fluida corresponde al 17%.
- Tercera es espesa con el 57%, y la cuarta capa es fluida es del 23% de la clara, que está envuelta por la membrana del huevo, le sigue la fáfara que se divide en dos la fáfara exterior que conforma la cámara de aire.

La Guía de Manejo General de ponedoras comerciales Isa Brown, (2010), indica:

- Ovulación tiene lugar en los 5 – 10 minutos que siguen a la expulsión del huevo previo.
- Entrada en el Útero Después de la secreción del albumen y de la membrana de la cáscara, el huevo entra en el útero alrededor de 5 horas después de la ovulación.
- Hidratación del Albumen Esta fase dura 6 horas.
- Depósito de Calcio 2 fases:

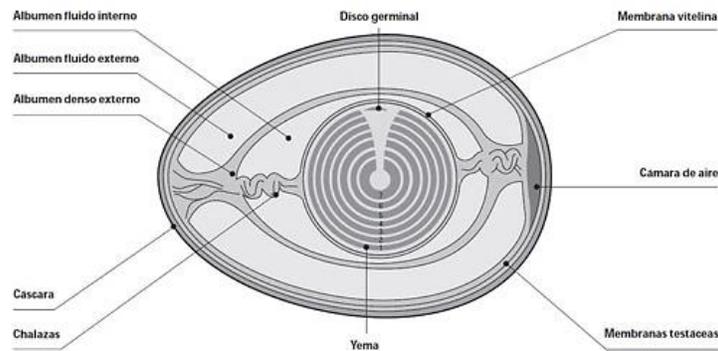
Primera Fase dura las primeras 5 horas siguientes a la entrada en el útero, los cristales de calcio empiezan a formarse.

Segunda Fase Empieza a las 10 horas de la ovulación y dura 12 horas. Durante este tiempo se deposita el 90% del calcio en la cáscara a un ritmo de 180 – 200 mg de calcio por hora.

- **Pigmentación.** Para ponedoras de huevo marrón, el depósito de pigmentos (ovoporfirinas) tiene lugar al final de la formación de la cáscara y al principio de las horas de formación de la cutícula.
- **Formación de la Cutícula.** Se deposita en las 2 horas siguientes

4.17.3 Estructura y Composición del huevo.

Figura 4. Estructura del huevo.



Estructura del huevo.

Fuente: (Avi- Vet, 2010).

El huevo está formado por tres constituyentes básicos: la cáscara, yema y clara. La cáscara representa en promedio alrededor del 10% del huevo, la clara alrededor del 57% y la yema alrededor de 1/3 (33%) (Araneda, 2022).

Di Marino (2008), citado por (Quispe, 2015), describe la composición del huevo:

A. Yema

Indica que la yema tiene aproximadamente un 50% de agua y es una fuente importante de ácidos grasos, vitaminas y minerales, incluyendo también carotenoides, proteínas y material inicial de embriogénesis.

Tabla 10. Composición de la Yema.

Agua	0,5
Proteína	0,16
Calcio	130mg/100gr
Hierro	6mg/100gr
Retinol	400mg/100gr
Vitamina E	5mg/100gr
Vitamina D	5mg/100gr
Vitamina B2	0,5mg/100gr

Fuente: Di Marino (2005), citado por (Quispe, 2015).

Araneda (2022), asegura lo siguiente, estructuralmente la yema se puede considerar como una dispersión que contiene una serie de partículas uniformemente distribuidas en una solución proteica o plasma. Las partículas varían en tamaño y composición; y representan entre un 19% y un 23% de los sólidos totales de la yema, y están compuestas en distintas proporciones por proteínas, grasas (incluyendo el colesterol y la lecitina) y minerales. El plasma está compuesto por proteínas globulares que al parecer proceden de la sangre de la gallina y por una fracción proteica de baja densidad (lipoproteínas de baja densidad). De forma más sencilla, la yema se puede apreciar como una bolsa de agua que contiene proteínas que flotan libres y agregados de proteínas-grasa-colesterol-lecitina, que son los que dan a la yema sus notables propiedades para emulsionar y enriquecer. El contenido de vitaminas y minerales es mayor en la yema. Los elementos minerales más abundantes son el calcio, fósforo y potasio; y entre las vitaminas destacan la vitamina A, ácido pantoténico y el tocoferol. El color anaranjado de la yema se debe principalmente a pigmentos carotenoides del tipo xantofilas (luteína y zeaxantina) (Araneda, 2022).

B. Albumen

Quispe (2015), nos indica que el albumen está compuesto básicamente por agua (90%) y proteínas cerca del (9%). Presenta más de 40 proteínas, que tienen propiedades nutricionales y funcionales específicas y algunas de ellas son únicas en la naturaleza.

Tabla 11. Composición de Albumen.

Agua	90%
Proteína	9%
Glúcidos	0%
Vitamina B12	0,4mg/100gr
Calcio	5mg/100gr
Ácido nicotínico	0,1mg/100gr

Fuente: Quispe (2015).

C. Cáscara

La cáscara es una matriz cálcica con un entre mano orgánico. La cascara se sitúa sobre las membranas testáceas (interna y externa) y está cubierta por la cutícula orgánica; tiene un grosor aproximado de 0,35 mm siendo 90% carbonato de calcio y presenta entre 7,000 a 15,000 poros que permiten el intercambio gaseoso con el exterior (Quispe, 2015).

Tabla 12. Composición de la Cáscara.

Calcio	98%
Magnesio	1%
Fosforo	1%

Fuente: Quispe (2015).

El mismo autor describe cada parte y sus funciones del huevo como se presenta a continuación:

a) Poros

En la cáscara hay pequeñas aberturas llamadas poros que permiten el intercambio de gases, aproximadamente cada huevo tiene 7500 poros de los cuales la mayoría se hallan en el polo ancho y algunos en el polo fino.

b) Cutícula

Esta membrana puede ser penetrada por gases, pero funciona como mecanismo de defensa para prevenir la entrada de bacterias.

c) Membrana de la cáscara

Cada huevo tiene dos membranas en la cáscara. Están colocadas adyacentes a cada una y a la cáscara. La membrana interior envuelve la albúmina. En el polo ancho del huevo las membranas están separadas, el interior de una sale hacia fuera para dejar un espacio de aire (cámara de aire). Estas membranas también protegen el huevo contra invasión bacteriana.

Durán (2006), señala que la cascara está formado de dos partes, una matriz orgánica, y una sustancia de relleno inorgánica que forma una capa esponjosa de

carbonato de calcio, la función de la cascara es la de aislar al huevo del medio ambiente, pero pese a su solidez tiene alrededor de 10.000 poros a unos 150 poros por cm^2 , que no deja penetrar ningún objeto, pero garantiza el intercambio gaseoso entre el embrión y el medio externo.

D. Clara

La clara es una disolución acuosa de proteínas, ligeramente amarillenta, formada por tres capas de diferente viscosidad. La interna y externa más fluida, y la intermedia, gruesa y densa. La clara aporta protección física y química a la célula germinal viva, y proteínas y agua para su desarrollo y transformación del pollo (Araneda, 2022).

4.17.4 Nutrientes que Aporta el Huevo

Contreras (2007), afirma que los huevos son una fuente barata y rica de proteína y vitaminas y de minerales esenciales, y en sus preparaciones son digestivos.

Tabla 13. Valor nutricional del huevo.

Valor nutricional por cada 100 g	
Energía 150 kcal 650 kcal	
Grasas	10.6 g
Proteínas	12.6 g
Agua	75 g
Vitamina A	140 ug (16%)
Tiamina (vit. B1)	0.66 mg (51%)
Riboflavina (vit. B2)	0.5 mg (51%)
Ácido pantoténico (B5)	1.4 mg (28%)
Ácido fólico (vit B9)	44 ug (11%)
Calcio	50 mg (5%)
Hierro	1.2 mg (10%)
Magnesio	10 mg (3%)
Fosforo	172 mg (25%)
Potasio	126 mg (3%)
Zinc	1.0 mg (10%)
Colina	225 mg
Colesterol	424 mg
Grasas	10.6 g

Fuente. (Contreras, 2007).

4.17.5 Clasificación del huevo de gallina

Sánchez (2007), menciona la clasificación de huevos por dígitos:

0 = para la producción ecológica

1 = para la producción campera

2 = para la producción en el suelo

3 = para la producción en jaulas

4.17.6 Características de la calidad del huevo

García y colaboradores (2010), indica que la calidad del huevo se mide por diferentes parámetros relativos a la cáscara, la clara o albumen, la yema, la cámara de aire y en su composición de nutrientes. Unos miden la calidad del proceso de producción y otros la conservación del huevo.

Silversides y Villeneuve (1994), mencionado por Llusco (2015), sostiene que es importante determinar la calidad de huevos para evaluar el deterioro que éstos sufren con el tiempo, en relación a las condiciones de almacenamiento; así como también, es útil para describir las diferencias en huevos frescos provenientes de ponedoras genéticamente distintas, o cuando son sometidas a diferentes condiciones medio ambiental y nutricional.

Castañón (2005), citado por Sangalli (2013), indica que actualmente en la producción animal ya no es suficiente producir cantidad, más por el contrario el mercado demanda calidad, en ese sentido al momento de producir huevos no solo debemos preocuparnos por el índice de postura sino también por la calidad del producto, debemos considerar algunos parámetros que se mencionan a continuación:

4.17.7 Calidad externa del huevo

a) Peso y tamaño

Scholtiyssek (1996), citado por Quispe (2015), indica que las gallinas ponedoras producen huevos de diverso tamaño y diferentes pesos ya que un huevo no se parece al otro, de ahí que en la comercialización de este producto se suele clasificar los huevos según su peso y tamaño, teniendo mejor precio los de mayor tamaño y peso es así que existe una variedad de clasificaciones.

Tabla 14. Clasificación de los huevos. Estándar internacional (UE).

Categoría	Peso
Huevo	S > 65
Huevo	A 65 – 60
Huevo	B 60 – 55
Huevo	C 55 – 50
Huevo	D 50 – 45
Huevo	E < 45

Fuente: Scholtiyssek (1996), citado por Quispe (2015).

Para Plaza de Vilane (2020), la clasificación del huevo es en función de su peso y el color de blanco a marrón, así como por el tamaño.

Tabla 15. Clasificación de los huevos.

Tamaño	Nombres	Peso (g)
Súper grandes	XL	Más de 73
Grandes	L	63-73
Medianos	M	53-63
Pequeños	S	Menos de 53

Fuente: Plaza de Vilane (2020).

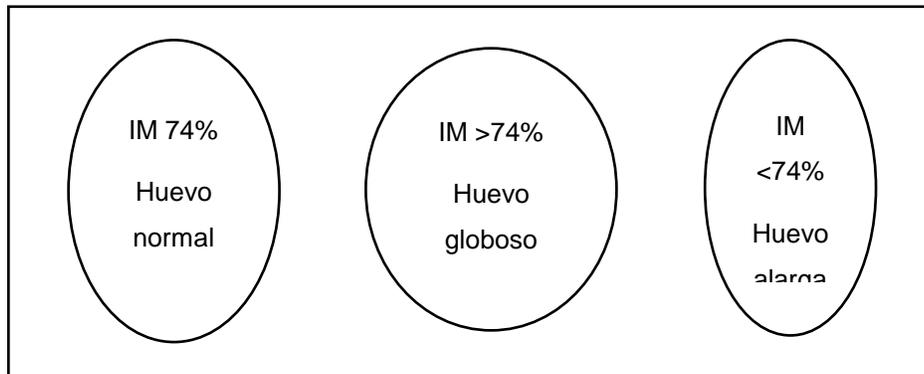
b) Forma del Huevo

La forma normal del huevo es elíptica, quedando representada por el índice morfológico, que tiene un valor promedio de 74%. Huevos con este valor presentan

un mayor porcentaje de viabilidad durante la incubación y además son huevos fáciles de transportar y embalar (Quispe, 2015).

Pero el mismo autor menciona que existen de diversas formas: puntiagudos, alargados, ovoides y esféricos.

Figura 5. Forma del huevo.



Fuente: Scholtyssek (1996), mencionado por Quispe (2015).

c) Consistencia de la cáscara

Dice Zamorano (2001), citado por Sangalli (2013), la cascara del huevo cumple la función biológica durante el desarrollo del embrión, se sirve como una cámara suficientemente sólida, capaz de contrarrestar los impactos físicos medioambientales propios de las condiciones naturales y conductas reproductivas de cada especie aviar. De igual manera debe ser lo suficientemente frágil al término de la incubación, para asegurar la salida del embrión.

d) Rotura de huevos

Isa Brown (2010), menciona que puede deberse a:

- **Causas intrínsecas de las aves**

Son aquellas que hacen que las aves pongan huevos con cascara delgada, quebradizas o con defectos tales propicien la rotura. Proviene de la edad, su patrimonio genético, la alimentación, el medio ambiente y las enfermedades.

- **Causas extrínsecas a las aves**

Son aquellas que van más allá de la calidad de cascara. Estas se dan por deficiencias en el lugar donde los huevos o bien en su recogida o manipulación.

4.17.8 Calidad interna del huevo

Meza (2010), indica que los parámetros que se emplean para valorar la calidad interna del huevo son los siguientes:

a) Variación del peso del huevo

El peso del huevo disminuye un promedio de 0.1gr/día en el caso que se mantengan refrigerados y 0.2gr/día si se mantiene a temperatura ambiente.

b) Variación en la cámara de aire

La cámara de aire se forma en las horas posteriores a la puesta cuando comienza a disminuir la temperatura del huevo.

Figura 6. Cámara de aire del huevo.



Fuente: Stévez (2014).

c) Calidad de la yema

La calidad de la yema se puede valorar desde tres puntos de vista:

Valorando en color de la yema en escala Roche, tomando en cuenta que el color está muy influenciado por la alimentación.

Valorando el porcentaje de la yema, este porcentaje se calcula pesando la yema y relacionando con el peso del huevo.

El porcentaje de la yema está correlacionado positivamente con el peso del huevo y con la edad de la ponedora.

d) Medición del pH de la yema

El pH inicialmente tras la puesta se encuentra comprendido entre 5,2 y 5,4, se incrementa en las siguientes tres semanas para estabilizarse con el tiempo en un valor próximo a 6,2.

e) Forma de la yema

Debería presentar las siguientes características:

- Abultada
- Uniformidad y color de la yema
- Ciertos niveles y balances de los principios nutritivos
- La exactitud del mezclado en los pigmentos contenidos en las materias primas Genética.

f) Índice y color de yema

Blas y González (1991), mencionado por Llusco (2015), explican lo siguiente:

El contenido de la ración, influye enormemente en la composición de la yema, el manipulando la nutrición, se puede modificar la estructura y color de ella.

Aves ponedoras poseen capacidad individual diferente para transportar pigmentos a la yema. Es por eso que existen variaciones en color de la yema entre huevos de una misma parvada.

Así también, huevos de cáscara color marrón, poseen un color de yema más intenso que huevos de cascarón blanco. Esto se debería, además de la influencia genética, a que aves de color marrón depositan más xantofilas que aves blancas, debido a un mayor consumo de alimento. Por la misma razón, huevos de aves viejas tienen mejor color que huevos de aves jóvenes.

Entre las causas de variación en el color de yema se puede mencionar: cantidad y tipo de xantofilas disponibles en la dieta, diferencias genéticas en las líneas de

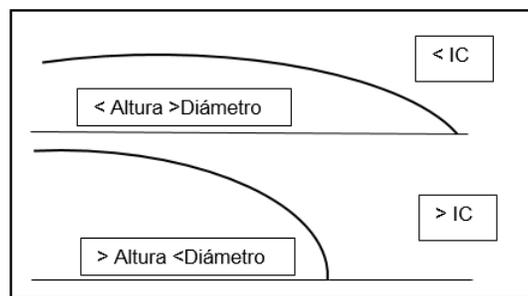
postura, variación individual por ave, alojamiento en jaula o en piso, enfermedades; estrés, presencia de grasa en dieta, oxidación de xantofilas y grasas poco digestibles.

g) Índice de clara

Indica London (1982), citado por Llusco (2015), el albumen cumple la función de proteger de daños físicos al embrión durante la incubación, además sirve como barrera biológica frente a la invasión de microorganismo.

Portsmouth (1965), mencionado por Llusco (2015), la altura de clara es un carácter hereditario que influye enormemente sobre los consumidores, debido a que prefieren claras consistentes ante claras acuosas.

Figura 7. Índice de Clara.



Fuente: (Scholtyssek, 1996), citado por (Quispe, 2015).

4.17.9 Anormalidades del huevo

Quintana (1999), citado por Sangalli (2013), menciona alguna de las causas por las que algunos huevos presentan anormalidades:

- **Con dos yemas o doble yema**

Ocurre en gallinas jóvenes en las que la estimulación hormonal es muy grande, de manera que llega a ovular dos veces al mismo tiempo. Algunos avicultores llaman a este tipo de huevos también huevos dobles.

- **Estratificados**

(De mayor tamaño), el exudado inflamatorio de la salpingitis puede ocasionar depósitos de fibrina en capas sobre los huevos, lo cual da como resultado que sobresalen por su tamaño y composición.

4.18 Pigmento

Martínez (2010), indica que los pigmentos generalmente son colores que se pueden observar durante toda la vida. Están presentes en todos los organismos del mundo, siendo las plantas los principales productores. Según el diccionario de la lengua española, pigmento se define como materia colorante que se encuentra en las células vegetales y animales.

4.18.1 Normas para productos orgánicos en Bolivia

Según Mamani (2004), se tiene las siguientes normas para productos orgánicos en Bolivia:

- En Bolivia la agricultura orgánica está definida por normas internacionales establecidas por IFOAM-Federación Internacional de Movimientos de la Agricultura Orgánica.
- Los aditivos colorantes se utilizan en los alimentos por muchas razones: 1) para compensar la pérdida de color que se produce por la exposición a la luz, aire, temperaturas extremas, humedad y condiciones de almacenamiento, 2) para corregir las variaciones naturales en color, 3) para realzar los colores naturales, y4) para proporcionar color a alimentos que carecen de color (Quiminet, 2006).

Martínez (2010), indica que los pigmentos son compuestos químicos que absorben luz en el intervalo de la longitud de onda de la región visible. La producción del color se debe a la estructura específica del compuesto (cromóforo), esta estructura capta la energía y la excitación que es producida por un electrón de una órbita exterior a una órbita mayor, la energía no absorbida es reflejada y/o refractada para ser

capturada por el ojo, y los impulsos neuronales generados serán transmitidos al cerebro, donde pueden ser interpretados como color.

4.18.2 Pigmentos usados como colorantes en alimentos

Durante la última década, en el mercado de la UE, se ha mantenido la demanda global de colorantes alimentarios, pero se detectado un incremento de aquéllos que por sus singulares características no requieren de tratamientos químicos, o éstos son escasos. Este es el caso del achiote y de la cúrcuma. Al margen de las consideraciones anteriores, el consumidor promedio europeo prefiere los productos naturales en oposición a los artificiales o de síntesis, motivada por la tendencia general al respeto medio ambiental, la pérdida de bioseguridad, la aparición de alergias y otros problemas de salud humana y animal, parcialmente atribuidos a la utilización de productos artificiales y al manejo químico de productos o ingredientes alimentarios (Instituto Boliviano de Comercio Exterior, 2009).

4.18.3 Pigmentos naturales

Martínez (2010), señala que hoy en día, la ventaja de los pigmentos naturales sobre los sintéticos ha aumentado debido a las propiedades biológicas de los pigmentos naturales que se han ido descubriendo. Además, algunos productos tienen un gran valor en el mercado solo la utilización de tintes naturales. Sin embargo, es necesario señalar que las ventajas de los colorantes sintéticos son muy conocidas como el alto poder de pigmentación, estabilidad, el almacenamiento, la facilidad del proceso de obtención y, además, son más baratos y están disponibles en cantidades ilimitadas.

Rivera (2005), hizo referencia sobre el uso de pigmentos naturales a:

- Maíz amarillo (*Zea mays L.*)
- Harina de alfalfa (*Medicago sativa L.*)
- Cempasuchil.
- Chiles (*Capsicum*).
- Microalgas (*Haemotococcus pluviales*).

- Crustaceos.
- Leucaena (*Leucocephala*)
- Achiote (*Bixa orellana* L.)
- Harina de camarón
- Zanahoria (*Daucus carota* L.)

El mismo autor indica que carotenos permitidos por la FDA y la OMS son:

Luteína, zeaxantina, cantaxantina, antoxantina, captaxantina. Hundon (1994), mencionado por Martínez (2010), indica que cuatro grupos principales de pigmentos son responsables de la coloración en mamíferos, aves, peces e invertebrados de importancia económica, como:

- **Porfirinas**, El color de la cáscara del huevo depende de la concentración de unos pigmentos denominados porfirinas que se depositan en ellas. Especialmente en aves (Veterinaria Digital, 2015).
- **Piridinas**, son responsables por mucho de los amarillos y rojos brillantes en peces, anfibios y reptiles según Dixon (1985), citado por Maldonado (2015).
- **Melaninas**, dan lugar a los negros, grises y marrones de vertebrados y muchos invertebrados, así como también de sus rojos como sus amarillos. Son polímeros heterogéneos compuestos de metabolitos de tirosina dicho por Hundon (1994), Maldonado (2015).
- **Carotenoides**, obtenidos de los animales por sus dietas, confieren la mayoría de los brillantes colores rojo, amarillo y naranja, muy apreciados no solo en la acuicultura, sino también en la industria avícola (Toyomizu, 2001).

4.18.4 Carotenoides

Sotelo (2014), indica que los carotenoides son pigmentos naturales responsables de los colores amarillo, naranja y rojo en muchos alimentos tales como frutas, verduras, yema de huevo y algunos pescados como el salmón, trucha y mariscos.

El mismo autor indica que alrededor de cincuenta de estos colorantes valiosos son importantes para los seres humanos como pro-vitamina A, lo que significa que se

pueden convertir en vitamina A. Algunas de las funciones biológicas de carotenoides son:

- Proteger a las células del cuerpo de influencias ambientales perjudiciales. (por ejemplo, los "radicales libres")
- Mejorar el rendimiento del sistema inmune
- Apoyar las funciones de desintoxicación
- Proteger la piel del daño por la luz ultravioleta
- Aumentar la fertilidad de los animales

4.18.4.1 Fuentes de carotenoides

Los Carotenos son unos pigmentos que se extraen de diversas fuentes vegetales, el caroteno natural es extraído de los frutos del árbol aceite de palma que ha sido utilizado tradicionalmente en las islas del pacífico en su cocina local, así como de la zanahoria y de diversos tipos de algas, la mezcla de los carotenos (Alfa, Beta y Gama Carotenos) es soluble en aceite y ayudan a la producción de vitamina A. Es el colorante natural de la mantequilla (Aromáticos S.A., 2012).

Tabla 16. Fuentes naturales de carotenoides.

Fuente	(mg/Kg)
Harina de flor de cempasúchil (<i>Tagetes erecta</i>)	6000 – 10000
Harina de chile (<i>Capsicum ssp.</i>)	500 – 10000
Microalga (<i>Chlorella sp.</i>)	4000
Harina de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	400 – 500
Harina de gluten de maíz (<i>Zea mays</i>)	330
Paprika española (<i>Capsicum annuum</i>)	274
Achiote (<i>Bixa orellana</i>)	265
Maíz amarillo (<i>Zea mays</i>)	10 – 25

Fuente: Mcoy (1999), citado por Flores (2022).

4.19 Achiote

4.19.1 Morfología de la planta

Fonnegra y Jiménez (2007), el achiote es un árbol perenne que puede alcanzar los nueve metros de altura con flores blancas o rosadas y frutos en forma de cápsulas ovoides globosas. Cada cápsula puede contener de 30 a 45 semillas ovoides o cónicas recubiertas por una fina capa de color rojo anaranjado o arilo viscoso.

El fruto es una cápsula ovoide a globosa, pardo-rojiza, de 3 a 5 cm de largo por 3 a 4.4 cm de diámetro, dehiscente por 2 valvas, erizado de pequeños agujijones delgados y blandos hasta de 6 mm, conteniendo aproximadamente 50 semillas, las cuales son rojas casi triangulares algo comprimidas y pequeñas, de 5 a 5.5 mm de largo por 4 a 5 mm de ancho, con una testa pulposa de color rojo y albumen carnosos, los cotiledones son planos (Bonilla, 2010).

4.19.2 Ventajas de su producción

Según el Centro de Promoción Bolivia (2004):

- El achiote es de fácil establecimiento y manejo agrícola.
- La primera cosecha se realiza en el 2do. año.
- En promedio, el achiote en grano rinde 6 qq/ ha en el 1er. año de producción; 20 qq/ ha el 2do. año; y 30 qq/ ha a partir del 3er. año.
- Su vida productiva es de 20 a 25 años.
- Sus mercados son nacionales y de exportación.
- En los últimos años, los precios han variado aproximadamente entre 130 a 350 Bs/ qq.
- La nueva tecnología de pos-cosecha con trilladora sencilla permite el procesamiento de 20 a 25 qq por día, con mejor calidad, lo cual ha mejorado en 10 a 15 veces el tiempo y calidad que manualmente lograba el productor antes de introducirse esta tecnología.

4.19.3 Características Fisicoquímicas de la semilla del achiote

Según Devia y Saldarriaga (2003), el principal constituyente colorante de la semilla del achiote es la bixina, que se encuentra en la cubierta exterior del fruto, y representa más del 80% de los pigmentos presentes, lo cual facilita su extracción; sus componentes principales son: resina, materia colorante amarilla denominada Orellina, aceite volátil, aceite graso, y en un 80% la materia colorante roja conocida como bixina.

Tabla 17. Composición de la semilla de achiote.

Composición química		Composición nutricional mg/100 g		Composición de pigmentos g/100g	
Humedad	8 - 13% 13 -	Calcio	7	Proteína	12,3 - 13,2
Proteína	14.24%	Fosforo	10	Pectinas	0.23
Celulosa	13.8%	Hierro	1.4	Carbohidratos	39.91 -47.9
Fibra Cruda	18.48%	Vitamina A	45	Ceniza	5.44 -6.92
Almidones	11.45%	Riboflavina	0.2	Taninos	0.33-0.91
Carbohidratos	39.91% 4.5 -	Niacina	1.46	Pentosanos	11.35-14.97
Ceniza	7.97%	Tiamina Ácido	0	Carotenoides	1.21-2.3
Energía	54 Kcal	Ascórbico	12.5	Bcarotenoides	6.8 – 11.3 mg

Fuente: Devia y Saldarriaga (2003).

Según el Centro de promoción Bolivia en (2004), nos indica lo siguiente:

- Los principales países productores de achiote son: Bolivia, Brasil, Colombia, República Dominicana, Ecuador, India, Jamaica, México y Perú. Muchos países utilizan este colorante en la industria de los derivados lácteos, cárnicos, grasas, helados, cosméticos, condimentos, cerámica, pintura, tintes, jabones, esmaltes, barnices, lacas, teñido de sedas, telas de algodón, en la medicina etc.
- El achiote se ha adaptado a distintos tipos de clima y suelos en la franja intertropical americana. Soporta temperaturas desde 24° hasta 35° C y, en

altitud, de 100 a 1.000 m., aunque prospera mejor en zonas relativamente bajas (100 a 500 m) y planas, con temperaturas entre los 25 y los 30° C y sin heladas; con tres meses de temporada seca, y precipitaciones anuales de 1.000 a 1.200 m.

- El Achiote en Bolivia también existe en condiciones silvestres, más su exportación comercial se encuentra en proceso de desarrollo.
- La producción tanto silvestre como la instalación de áreas cultivadas se encuentran localizadas principalmente en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba y Tarija, regiones que cuentan con las condiciones climáticas apropiadas para la producción de este colorante.

4.19.4 Importancia económica

Indica Lourido y Martínez (2010), hoy en día, el extracto de achiote tiene una gran importancia económica a nivel mundial y es uno de los colorantes naturales más utilizados en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica, ya que no altera el sabor y prácticamente no es tóxico.

Dada la creciente demanda de colorantes naturales en el mercado internacional y la excelente calidad de la bixina, el cultivo de achiote tiene la posibilidad de ser económicamente rentable (Centro de Promoción Bolivia, 2004).

4.19.5 Importancia farmacológica

Debido a la abundante evidencia etnomédica que apoya las potencialidades terapéuticas del achiote, se han realizado múltiples estudios para determinar su actividad biológica Laurido y Martínez (2010), a continuación, se describen los más representativos.

- Acción cicatrizante. Gonzáles y colaboradores (2003), utilizaron un extracto alcohólico de *Bixa orellana* en piel lesionada de conejos en Nueva Zelanda y se logró una recuperación de la lesión total a los 3 días de la aplicación del producto. También se empleó una crema al 5 y 10% en conejos y ratas con

heridas quirúrgicas o accidentales y se comprobó un fuerte efecto cicatrizante.

- Acción antioxidante. Se evaluó el efecto de la norbixina en la respuesta al daño del ADN inducido por radiación UV, peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y anión superóxido (O₂) sobre células de *Escherichia coli*, y se determinó que la norbixina era capaz de proteger a la célula ante estos agentes. La norbixina aumentó la supervivencia de la célula en al menos 10 veces (Júnior, y otros, 2005).
- Acción antimicrobiana y antiparasitaria. Se considera que la planta *Bixa orellana* puede ser una fuente potencial para la obtención de nuevos agentes antimicrobianos, se ha considerado que la 9-cis-norbixina y todo-trans-norbixina son los responsables de sus propiedades antimicrobianas, los resultados de varios estudios demostraron que el achiote tiene efectos inhibidores sobre varios patógenos. También se detectó actividad ante la *Neisseria gonorrhoeae*, *Trichomonas vaginalis*, *T. faecalis*, y *Leishmania*, siendo superior contra gérmenes gram positivos, aunque también se demostró en algunos gram negativos (Pérez, 2010).
- Acción como antiagregante plaquetario. Conjuntamente con otras 16 plantas medicinales, *Bixa orellana* fue investigada para demostrar su capacidad para prevenir la agregación plaquetaria. *B. orellana* inhibió la agregación inducida por la trombina de plaquetas humanas lavadas (Kroes & Verger, 2005).
- Acción como revelador de placa dentobacteriana. Un estudio realizado en perros Beagle demostró las potencialidades del achiote para la tinción de la placa dentobacteriana, con resultados muy similares a la tinción lograda con el revelador convencional (Placident), cuya formulación es totalmente sintética, el revelador elaborado a base de *Bixa orellana* (Bixadent), en cambio es una formulación natural (Gutiérrez, 2005).
- La bixina es un excelente colorante que presenta varias ventajas para ser utilizado en la industria. En primer término es un colorante completamente inofensivo; la Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce su nula

toxicidad tanto para el consumo humano como para su aplicación en la piel (Centro de Promoción Bolivia, 2004).

4.19.6 Mercado de Achiote (*Bixa Orellana L.*)

Según López, Gonzales y otros (2009), mencionan lo siguiente:

- De 2005 a 2009, el mercado mundial de colorantes naturales aumentó casi un 35%, situación que continuará si se tiene en cuenta que en el procesamiento de alimentos representa alrededor del 67%, seguido por las bebidas sin alcohol con un 28% y las bebidas alcohólicas con un 5%. Entre los demandantes de estas materias primas naturales, están Europa con el 36% del mercado mundial de colorantes, seguido por Estados Unidos (28%), Japón (10%), China (8%) y el 18% restante, corresponde a países con economías desarrolladas como Canadá y Australia, y a mercados emergentes como India y Brasil.
- Sin embargo, en información de Proexport (2011), el país con mayor participación en las importaciones mundiales de achiote en polvo sigue siendo Estados Unidos con un 49.35%, este país muestra un crecimiento en las importaciones de este producto entre el 2007 y 2009 del 82.33%; el segundo lugar lo ocupa Japón con un 13.3%. En Latinoamérica, México es el país con mayor participación en las importaciones con un 1.56%, seguido de Brasil con un 1.17%, Ecuador 0.56% y Perú con 0.063%. En las exportaciones de colorantes naturales de 2003 a 2007 China es el país con mayores volúmenes de colorantes naturales exportados; en la Unión Europea España, Alemania, Francia e Italia se destacan; en el continente Americano México, Perú, Brasil, Chile, República Dominicana; las exportaciones de Colombia solo se registran en el año 2006.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Materiales

6.1.1 Material Semoviente

- 120 gallinas de postura (Isa Brown).

6.1.2 Material Alimentos

- Alimento balanceado (ver tabla 18).
- Grano molido de Achiote (*Bixa orellana*).

6.1.3 Material de Campo

- Alambre de tejido, listones de madera, clavo, martillo y alicate para construir las unidades experimentales (12 UE).
- Viruta para cubrir el piso (cama), de 10cm de altura.
- 12 Comederos en forma de tolva de plástico.
- 12 Bebederos de plástico circular.
- Nidales de plástico de 40 cm de alto (30cm largo X 40cm ancho).
- Balanza analítica de 50 kg de capacidad.
- Termómetro de máximas y mínimas.
- Vernier (regla micrométrica metálica).
- 1 abanico de Roche.
- Planillas de registro.
- 2 termo-ventiladores.
- Escoba y recogedor para la limpieza.
- Maples para la colecta de huevos.

6.1.4 Insumos Veterinarios

- Amonio cuaternario.
- Cal e hipoclorito de sodio.

- Tintura de yodo.

6.1.5 Material de Gabinete

- Libreta de notas.
- Máquina de calcular.
- Cámara fotográfica.
- Computadora.
- Impresora.
- Papel bond (carta).
- Otros.

6.2 Metodología

El trabajo de investigación evaluó diferentes niveles de Achiote, 1%,3% y 5% mezclados en la dieta de las gallinas de postura Isa Brown, el estudio fue en fase de postura pico desde las semanas 26-31, haciendo un total de 33 días de observación.

Se utilizaron 120 gallinas de 26 semanas de edad, distribuidas en un diseño completamente al azar (DCA), con 3 repeticiones y 4 tratamientos. Se escogió de manera aleatoria huevos por cada repetición, los huevos fueron colectados de manera diaria todas mañanas desde el día cero, esto para poder comparar el pigmento antes de la adición de achiote

Para dicho trabajo de investigación se utilizó las siguientes técnicas y pasos procedimentales:

6.2.1 Preparación del galpón

Con el propósito de brindar las condiciones necesarias al galpón donde se sometieron a investigación a las 120 gallinas, se procedió a realizar distintos trabajos de reparación de ventanas, paredes, tumbado, puerta, además de incorporar un extractor de aire con el fin de mejorar la ventilación del galpón.

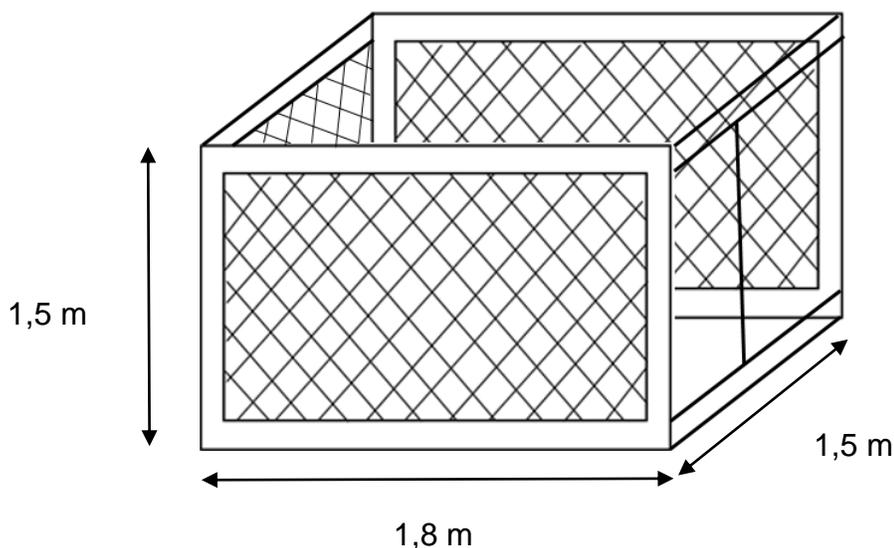
6.2.2 Bioseguridad

Con el fin de mantener el lugar de investigación aséptico, se realizó el lavado y desinfectado de paredes, piso y tumbado. Posteriormente se hizo el flameado, roseado con cal viva y amonio cuaternario en una dilución de 1:50, todo esto antes del traslado de las gallinas.

6.2.3 Construcción de Unidades Experimentales (UE)

Se procedió a la medición, construcción y armado de 12 unidades experimentales con materiales de: madera, alambre tejido, yute, bisagras, clavos y tornillos.

Figura 9. Medidas de las Unidades Experimentales



Distribuido en dos hileras sujetas a la pared y un pasillo central, se ubicó seis unidades experimentales en cada lado. También se construyó extra dos divisiones más para empezar una prueba piloto del experimento, que después sería usado para aislar gallinas que causen problemas y/o tratamiento como cuarentena, para observación.

Cada unidad experimental cuenta con una puerta que da al pasillo, para el piso se puso una cama de cascarilla de arroz y viruta con una altura de 10 cm, previamente soleada, desinfectada con amonio cuaternario, con el fin de eliminar todo tipo de

patógenos, entre ellas bacterias, hongos y virus, para que no afecten la salud de las gallinas y así de esta forma poder evitar problemas respiratorios, digestivos y otros.

Luego de realizar todo este procedimiento se distribuyó los comederos y bebederos colgantes, por unidad experimental para la alimentación de las gallinas.

Se construyó los nidales, con material de plástico y madera, un par de nidos para 10 gallinas, una unidad experimental. No permitiendo el aplastamiento de los huevos o saturación de nidales.

6.2.4 Recepción de las gallinas

Una semana antes del estudio se trasladó a las gallinas a las unidades experimentales, asegurando la adaptación correcta a los espacios asignados y de esta manera tener grupos de gallinas dóciles para la investigación.

Se acondicionó el galpón tres horas antes del traslado de las gallinas, calentando el ambiente con termo ventiladores, llegando a una temperatura de 18°C, contando con una ventilación adecuada, el traslado se realizó en la tarde para tenerlas en observación las siguientes horas.

Algunas gallinas presentaron un comportamiento agresivo, demostrando a las demás su dominancia. Se retiró a las gallinas agresivas y se trabajó con grupos de gallinas tranquilas.

La investigación inició cuando las gallinas tenían 26 semanas de edad y un porcentaje de producción de 70%

6.2.5 Alimentación

a) Suministro de alimento

Se brindó alimento dos veces por día, 40% en la mañana y 60% por la tarde añadiendo el achiote según el tratamiento y repetición ya establecido (9:00-15 :00), se suministró 120 g/gallina/día, con la finalidad que las gallinas puedan asimilar de gran manera el alimento.

El alimento para fase de postura se adquirió de Alimentos Balanceados Disbal con la siguiente composición:

Tabla 18. Composición del alimento para postura Disbal.

Insumo	%
Maíz	60
Sorgo	5
Soja Solvente	-
Soja Integral	-
Calcita	-
Fosforo	-
Aceite	-
Afrecho	-
Sal	-
Vitaminas	-
Minerales	-
Aminoácidos	-
Secuestrante de mico toxinas	-
Anti-coccidiostatos	-
Promotores de Crecimiento	-
Pigmentos	-

Fuente: Propia recolectada por la empresa Disbal.

Tabla 19. Cantidad de achiote por gallina/día.

T0	T1 (1%A)	T2 (3%A)	T3(5%A)
120g A.P.	118,8g A.P.+1,2g A.	116,4g A.P.+3,6g A.	114g A.P.+6g A.

A.P. Alimento de Postura **A.** Achiote

b) Suministro de agua

La dotación de agua fue *ad libitum*, a disposición, realizando cambios de 3 a 4 veces al día, esto dependía si el día fuera caluroso o se mantuviera nublado.

6.3 Diseño experimental

El trabajo de investigación utilizó un diseño completamente aleatorio (DCA), teniendo un modelo aditivo lineal según (Arteaga, 2016):

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

Donde:

γ_{ij} = Una observacion cualquiera

μ = Media de la poblacion

α_i = Efecto del i – esimo factor niveles de harina de achote

ε_{ij} = Error Experimental

Este diseño tuvo 4 tratamientos con 3 repeticiones, 12 unidades experimentales.

6.3.1 Factor de estudio

Se estudiaron 3 niveles de harina de achote implementados en el alimento balanceado (dieta) en gallinas de postura, los tratamientos son los siguientes:

T0= alimento balanceado (testigo)

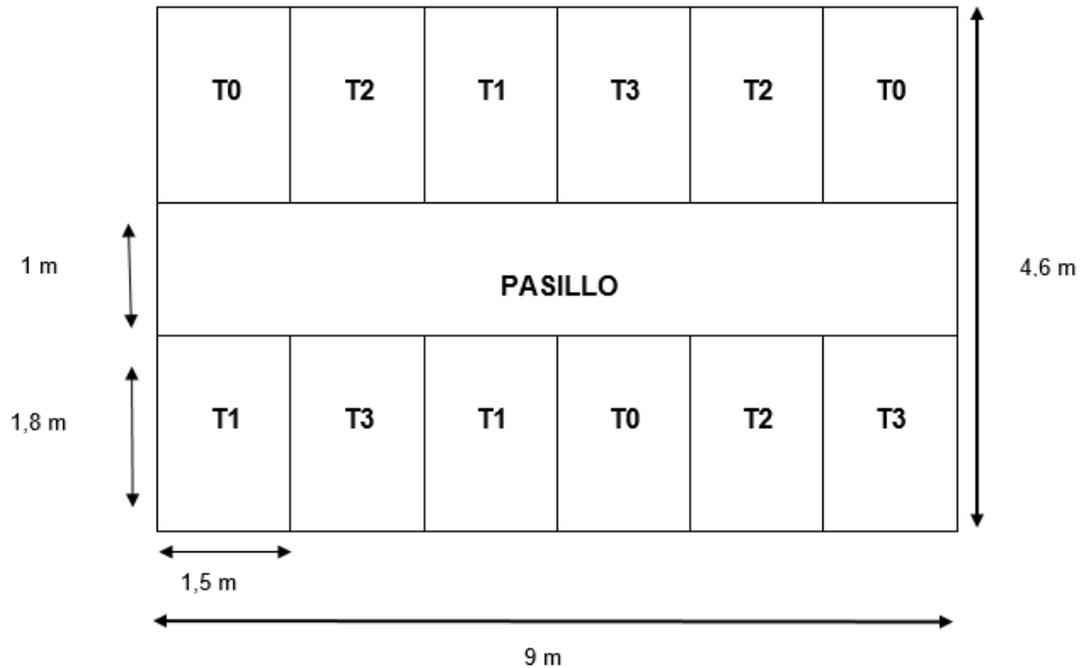
T1= alimento balanceado + 1% de harina de achote

T2= alimento balanceado + 3 % de harina de achote

T3= alimento balanceado + 5 % de harina de achote

6.3.2 Croquis experimental

Figura 10. Ubicación de Unidades Experimentales



6.3.3 Variables de respuesta

El registro de datos fue de manera diaria en todas las variables excepto en la variable peso promedio de la gallina, esta variable fue registrada semanalmente.

Se brindó achiote 5% durante la primera semana, achiote 3% la primera y segunda semana y achiote 1% las primeras tres semanas. Se dejó expresar el efecto sobre la pigmentación de la yema de huevo y luego se retiró el achiote.

6.3.3.1 Determinación de la pigmentación

Para la determinación de pigmentación en la yema de los huevos se usó como referencia la escala de colores “Abanico colorimétrico de Roche”

Según Maguregui (2020), dicha escala relaciona un tono determinado de yema con un valor numérico en una escala de 1-15, de menor a mayor intensidad de color, desde amarillo pálido hasta naranja rojizo, en el cual se eligió el valor de la escala o tonalidad más aproximada al color de la yema observada.

6.3.3.2 Índice de clara

Scholtyssek (1996), citado por Quispe (2015), indica para la determinación del índice de clara, con la ayuda de una regla o calibrador se ha medido el alto de la clara por el diámetro de superficie del huevo, obteniendo el grado de consistencia espesa, se empleó la siguiente formula.

$$\text{Índice de Clara (IC)} = \frac{\text{Altura de claa}}{\text{Diam. de la sup. del huevo vertido}} \times 100$$

Mehner (1969), citado por Zalapa (2016), expresa la relación entre diámetro (cm) y altura de clara (mm); se han encontrado valores promedio de 51%.

6.3.3.3 Índice de yema

Scholtyssek (1996), mencionado por Quispe (2015), dice con la ayuda de una regla y calibrador se realizó la medición del índice de yema, midiendo el diámetro y la altura de la yema, para determinar el grado de convección y altura de la yema, con la siguiente formula.

$$\text{Índice de Yema (IY)} = \frac{\text{Altura de la yema}}{\text{Diametro de la yema}} \times 100$$

El índice de yema normal aproximadamente es de 0.40- 0.42. Cuando se supera esta cifra significa que la yema ha descendido debido a que la membrana vitelina ha adquirido mayor elasticidad y ha perdido más agua o humedad (Gairal, 2019).

Cuando se obtienen índices mayores de 0.42 es porque la altura de la yema ha descendido, debido a que la membrana vitelina adquiere mayor elasticidad y además va perdiendo agua (Periago, 2011).

Asi mismo Mehner (1969), mencionado por Zalapa (2016), expresa la relación entre diámetro (cm) y altura de yema (mm); se mencionan valores de 32 a 58% con un promedio de 46%. En los huevos frescos se deben obtener valores de 40 a 42%.

Rosales y otros (2010), refieren que la yema es redonda y firme en un huevo recién puesto, una vez que el huevo envejece esta absorbe agua de la albúmina lo cual

incrementa su talla, además de causar un estiramiento y debilidad de la membrana vitelina, originando yemas más aplanadas con apariencia moteada.

6.3.3.4 Índice morfológico

Se observó las características externas de los huevos recolectados, para la toma de datos se utilizó el calibrador manual (vernier) para medir la longitud y el diámetro del huevo (Sánchez, 2007).

La forma del huevo se expresa calculando el índice morfológico:

$$\text{Índice Morfológico} = \frac{\text{diámetro}}{\text{longitud}} \times 100$$

Aclara Scholtyssek (1996), citado por Quispe (2015), que un huevo normal tiene una forma elíptica, siendo que las coordenadas cartesianas están fijadas trigonométricamente con exactitud constituyendo un ovalo. Para representar la forma basta expresarlas con el índice morfológico que tiene en cuenta los valores de longitud y anchura siendo su valor óptimo el de 74, en los huevos de forma alargada el índice morfológico es menor y en los de forma más redondeada el valor aumenta.

Por otra parte, Navarro (2000), señala que la forma normal del huevo es elíptica, quedando representada por el índice morfológico que tiene un valor promedio de 74%, huevos con este valor presentan un mayor porcentaje de viabilidad durante la incubación y además son huevos fáciles de transportar y embalar.

6.3.3.5 Peso promedio semanal por ave

Se pesó una vez por semana, como es complicado pesar a todas entonces se tomó una muestra significativa de cada tratamiento (Amaya, 2002).

$$PMSA = \frac{\text{Peso de las aves}}{\text{numero de aves pesadas}}$$

Según Sangalli (2012), en la fase de postura pico obtuvo como resultado óptimo pesos de 1.94 kg en aves de postura.

6.3.3.6 Porcentaje de postura

Scholtiyssek (1996), también citado por Quispe (2015), dice la toma de datos para esta variable empezó desde la semana 24, donde se utilizó un registro de producción diaria, la recolección se hará por tratamientos con el fin de obtener el índice de postura para cada tratamiento planteado con la siguiente formula.

$$\text{Porcentaje de Postura (PP)} = \frac{\text{Total de huevos}}{\text{Numero de gallinas}} \times 100$$

De la misma manera Morales (2003), indica que el porcentaje de postura pico se logró en la semana 26 con un 92.86%. Afirma que la producción en la postura pico, es atribuible a la calidad y cantidad de alimento, ración equilibrada, al buen aporte de nutrientes por el alimento, el tamaño de las partículas del alimento y finalmente a una mejor conversión alimenticia.

6.3.3.7 Conversión alimenticia

Se tomó los datos de acuerdo al alimento proporcionado y el peso de los huevos, para lo cual se utilizó la siguiente formula (Sánchez, 2007).

$$\text{Conversion alimenticia} = \frac{\text{total de alimento consumido}}{\text{peso total del huevo}}$$

Así mismo Ligeron (2014), obtuvo en cuestión de conversión alimenticia como resultado óptimo 2.31 kg/kg con una relación de densidad de 6 aves/m².

6.3.3.8 Peso promedio del huevo

Se realizó el pesaje de todos los huevos recolectado diario con la ayuda de una balanza por tratamiento y repetición, posteriormente se hizo registro para obtener el promedio semanal.

$$\text{Peso promedio del huevo} = \frac{\text{peso total de huevos en kg}}{\text{número total de huevos}}$$

Así mismo Isa Brown (2010), indica que entre más peso tenga la gallina al poner su primer huevo, los huevos subsiguientes serán más grandes durante toda la vida del ave, la tasa de madurez está relacionado con el tamaño corporal, pero en general

cuanto más temprano comience la producción de un lote, el tamaño del huevo será más pequeño, y de la misma manera entre más tarde se llegue a la madurez, los huevos serán más grandes.

Al respecto Vásquez (2010), indica a medida que envejecen las aves aumentan el peso de los huevos producidos. En las parvadas de aves, con una edad determinada, la producción de yema disminuye, y la de albumen aumenta, cuando se incrementa el peso del huevo.

6.3.3.9 Índice de Haugh

La unidad Haugh indica la calidad del huevo como fue descubierto por el Doctor Raymond Haugh en 1937. La altura de la albumina que rodea la yema, combinada con el peso, determina la puntuación de la unidad Haugh. A mayor puntuación, mayor calidad de huevo.

La unidad de Haugh es calculada mediante la siguiente fórmula: la altura de la albumina del huevo roto combinado con el peso del huevo.

$$HU = 100 \times \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.6)$$

Donde:

HU= Unidad Haugh

H= Altura de la albumina del huevo

W= Peso del huevo

Valores de 50 Unidades Haugh representan una calidad del huevo inaceptable para el consumidor, a partir de 70 ya es aceptable y valores entre 90 y 100 representan una calidad del huevo excelente (Gairal, 2019).

Rosales y otros (2010), la calidad interna se pierde muy rápido en 3-5 días cae de 90 UH a 70 UH si no se almacena adecuadamente, de aquí la importancia del control de la temperatura y humedad del cuarto frío.

6.3.3.10 Costo beneficio

Según Pérez et al. (2008), la relación costo-beneficio muestra la ganancia que se puede obtener al invertir una cierta cantidad de dinero y la ganancia neta que genera una granja de pollos, cuando el valor costo-beneficio es menor a uno, esto demuestra que no hay ganancia, muy baja en cambio, hay pérdidas de producción tanto en costos fijos como variables. Cuando es igual a uno, indica que se recuperan los costos de producción, pero que no hay beneficio neto.

$$B/C = \frac{\textit{Beneficio neto}}{\textit{Costo de inversión}}$$

Para su aplicación es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros de medición:

$B/C > 1$, existe beneficio

$B/C = 1$, no existe beneficio ni pérdida

$B/C < 1$, no existe beneficio

7. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las tomas de muestras fueron de manera diaria, para el análisis investigativo de la primera variable (determinación de la pigmentación de la yema de huevo) se tomaron tres muestreos importantes para su mejor estudio, para las siguientes variables se tomó en cuenta el primer muestreo, ya que no observó efecto significativo en el estudio. Cabe destacar que en el estudio no se registró mortalidad de gallinas.

7.1 Determinación de la pigmentación / Colorimetría de la yema de huevo

La tabla 20 a continuación muestra el promedio de pigmentación de la yema de huevo de gallinas Isa Brown, con la adición de achiote, durante el periodo de investigación (26 – 30 semanas de edad).

Tabla 20. Comparación Duncan para la variable escala del abanico de Roche, medias y prueba de comparación de medias.

Tto.	f1		f2		f3	
T0	4	C	4	C	5	D
T1	11	B	12	B	11	A
T2	13	A	14	A	9	B
T3	14	A	11	B	7	C
CV	8,06		5,59		12	
P	<0,0001	**	<0,0001	**	0,0002	**

(f1) Primer muestreo día 8

(f2) Segundo muestreo día 15

(f3) Tercer muestreo día 22

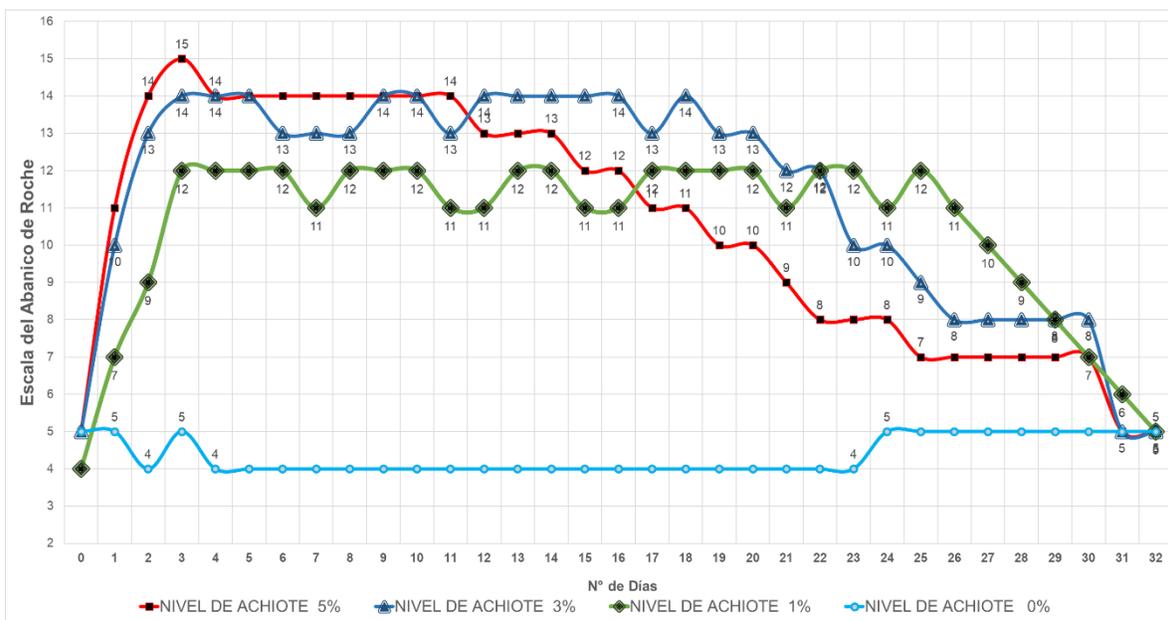
En los tres muestreos el p-valor fue menor a 0,05 existiendo diferencia altamente significativa estadísticamente y el CV fue de 8,06; 5,59; 12, para el primer, segundo y tercer muestreo respectivamente, esto quiere decir; que los datos sugieren que, a mayor nivel de achiote, aumenta la pigmentación de la yema de huevo según el Abanico de Roche.

Para la primera toma de muestra, el tratamiento con mayor promedio de pigmentación de la yema de huevo en la escala del Abanico de Roche es el tratamiento T3 (5% achiote) con un valor 14 y el tratamiento con menor promedio de pigmentación es T0 (0%) con un valor 4.

Para el segundo muestreo el tratamiento con mayor promedio de pigmentación según el Abanico colorímetro de Roche fue el tratamiento T2 (3% achiote) con un valor 14 y el tratamiento con menor pigmentación de la yema de huevo fue el tratamiento T0 (0% achiote) con un valor 4.

En el tercer muestreo el tratamiento con mayor promedio de pigmentación en la escala del Abanico colorímetro de Roche fue el tratamiento T1 (1%) con un valor 11 y el tratamiento con menor pigmentación de la yema de huevo fue el tratamiento T0 (0% achiote) con un valor 5.

Figura 11. Pigmentación promedio de la yema de huevo por tratamientos



La figura muestra que los tratamientos 1, 2 y 3 mostraron mayor pigmentación con respecto al tratamiento 0, con valores de 11,7: 13,7 y 14,1 respectivamente en la escala del Abanico de Roche.

Todos los tratamientos comenzaron con un valor de pigmentación de 4 y 5 en promedio de acuerdo al Abanico de Roche y expresaron su máximo valor de pigmentación de la yema de huevo al tercer día.

El T0 (0%), muestra en promedio la pigmentación en todo el periodo de investigación, el valor de 4 y 5 en el Abanico Colorímetro de Roche. Es decir, la pigmentación de la yema de huevo fue de color amarillo pálido.

El T1 (3%), muestra en promedio la pigmentación de la yema de huevo, el valor de 11 y 12 según el Abanico Colorímetro de Roche. Predominando el color de la yema naranja. Para este tratamiento se cortó el achiote de la dieta de las gallinas el día 25 y gradualmente el pigmento de la yema de huevo fue descendiendo hasta llegar a su valor inicial en el plazo de 7 días.

El T2 (3%), muestra en promedio la pigmentación de la yema de huevo, el valor de 13 y 14 según el Abanico Colorímetro de Roche, predominando el color de la yema naranja vivo. Para este tratamiento se cortó el achiote de la dieta de las ponedoras el día 18 y gradualmente el pigmento de la yema de huevo fue descendiendo hasta llegar a su valor inicial en el plazo de 14 días.

El T3 (5%), muestra en promedio la pigmentación de la yema de huevo, el valor de 14 y 15 según el Abanico Colorímetro de Roche, predominando el color de la yema naranja intenso. Para este tratamiento se cortó el achiote de la dieta de las ponedoras el día 11 y gradualmente el pigmento de la yema de huevo fue descendiendo hasta llegar a su valor inicial en el plazo de 21 días.

De igual manera Moreno (2018), utilizó harina de achiote 0 y 5%, en la primera etapa semana 34 a 38 el grado de pigmentación fue 12, en la segunda etapa semana 39 a 42 el grado de pigmentación fue de 13 y la tercera etapa en semana 43 a 46 un grado de pigmentación de 14 según el Abanico de Roche. El estudio demuestra resultados similares a la presente investigación en el nivel de 5% de achiote con un valor final de 14 en la escala del abanico de Roche y nuestro primer muestreo con un valor de 14.

Al respecto Rojas (2015), incorporó Cantaxantina y extracto de achiote en dieta de gallinas de postura de 34 a 45 semanas de edad, trabajo con: T0 (dieta control), T1(T0+ 30g de Cantaxantina y extracto de achiote) y T2(T0+ 60g de Cantaxantina y extracto de achiote) con resultados según el Abanico de Roche de 6,9 y 12 respectivamente. Los resultados se asemejan a los nuestros, siendo que se desconoce la cantidad de extracto de achiote que usaron en el estudio.

Bolaños (2012), evaluó la efectividad de la oleoresina de achiote (Montexibin), usada en diferentes dosis, para la pigmentación de yema de huevo. T1 o control (140 g por tonelada de alimento Texnatur), T2 (1kg de Montexibin por tonelada de alimento), tratamiento 3 (2 kg de Montexibin por tonelada de alimento y tratamiento 4 (3 kg de Montexibin por tonelada de alimento).

El estudio duró 21 días, se realizaron 4 muestreos (días 0, 8, 15 y 22), los resultados del primer muestreo fueron: todos iguales 1 en la escala de Roche, en el segundo muestreo: T2 12,67; T4 8,83; T3 6,5; T1 5,5, para el tercer muestreo T2 12,33; T4 11,33; T3 7,83 Y T1 6,17. Para el ultimo muestreo T2 12,39; T4 11,33; T3 6,83 y T1 5,83. Comparando la investigación de Bolaños (2012), los resultado obtenidos fueron 11 y 12 en la escala del abanico de Roche, a diferencia de nuestro estudio, el tratamiento 1 obtuvo valores de 11 según Roche.

De acuerdo a Yalta (2016), evaluó el efecto del achiote en los parámetros productivos y calidad del huevo en gallinas de postura línea Lohmann Brown se utilizaron 80 gallinas de 34 semanas de edad distribuidas en 4 tratamientos (0%, 1.5%, 3.0% y 4.5% de achiote), los cuales obtuvieron valores de 12, 13.6 y 14 en la escala del abanico de roche. Los resultados de Yalta tienen bastante similitud con nuestros resultados sobre la pigmentación de la yema de huevo, según el abanico de Roche.

7.2 Índice de clara, índice de yema, índice morfológico

Tabla 21. Resumen de medias, error estándar y prueba de agrupación de medias por Duncan.

Tto.	Índice de Clara		Índice de Yema		Índice Morfológico	
T0(0%)	88,76	± 3,96 A	39,56	± 3,11 A	78,41	± 2,46 A
T1(1%)	86,60	± 3,96 A	42,49	± 3,11 A	77,89	± 2,46 A
T2(3%)	90,59	± 3,96 A	39,65	± 3,11 A	79,49	± 2,46 A
T3(5%)	90,70	± 3,96 A	43,38	± 3,11 A	81,81	± 2,46 A
	CV	P	CV	P	CV	P
	4,67	0,61	7,25	0,35	2,8	0,22

La tabla 21 muestra que el análisis de varianza no es estadísticamente significativo para las siguientes variables: índice de clara, índice de yema e índice morfológico, quiere decir que la adición de achiote no influye en estas variables.

7.2.1 Índice de clara

El índice de clara tiene una media mínima de 86,61% para T1 y con una media máxima de 90,70% para T3. Con un coeficiente de variabilidad de 4,67 valor menor al 30%, lo que indica que los datos obtenidos son confiables y p-valor de 0,61 demuestra que existe alto nivel de confiabilidad de los datos.

Padilla (2008), evaluó el efecto nutricional de tres niveles de amaranto en la pre mezcla y observo la calidad del huevo, T1 (Alimento comercial), T2 (Alimento con 10 % de Amaranto en la pre mezcla), T3 (Alimento con 20 % de Amaranto en la pre mezcla) y T4 (Alimento con 30 % de Amaranto en la pre mezcla) señalando los siguientes valores 11.2, 10.09, 9.93 y 9.43 para los tratamientos T3, T4, T2 y T1, indicando que T3 obtuvo el mayor valor. En comparación con nuestros valores se realiza cambio de unidad antes de introducir a la formula y el Índice de Clara es mayor en este estudio, siendo que la adición de amaranto influye positivamente como menciona el autor.

Blas y González (1991), citado por Llusco (2015), indican que la edad (factor ligado al ave) así como, protección, tiempo y temperatura de almacenaje (factores ligados

al manejo de huevos), son entre otras, las principales causas que afectan la calidad del albumen.

7.2.2 Índice de yema

El índice de yema con una media mínima de 39,56% para T0 y con una media máxima de 43,39% para T3. El coeficiente de variabilidad es de 7,25 menor al 30 % por lo tanto los datos obtenidos son confiables y un p-valor de 0,35.

Padilla (2008) evaluó el efecto nutricional de tres niveles de amaranto en la pre mezcla y observo la calidad del huevo, T1 (Alimento comercial), T2 (Alimento con 10 % de Amaranto en la pre mezcla), T3 (Alimento con 20 % de Amaranto en la pre mezcla) y T4 (Alimento con 30 % de Amaranto en la pre mezcla) señalando el índice de yema con valores de 38.59, 38.15, 34.9 y 34.7 de los tratamientos T4, T2, T3 y T1, el índice de yema es menor a nuestros resultados, puede influir la edad, el clima, el manejo y la adición de amaranto.

Blas y otros (1991) mencionado por Llusco (2015), afirman que el contenido de la ración, influye enormemente en la composición de la yema, por lo tanto, manipulando la nutrición, se puede modificar la estructura y color de ella.

7.2.3 Índice morfológico

El índice morfológico con una media mínima de 76,88% para T1 y con una media máxima de 81, 80% para T3. El coeficiente de variabilidad es de 2,8%, valor menor al 30%, lo que demuestra que los datos obtenidos de los tratamientos son confiables y el p-valor de 0,22. Al tener valores de índice morfológico mayores a 74%, nos indica que la forma del huevo en todas las muestras recolectadas es redondeada y no así alargadas.

De igual manera Scholtissek (1996), citado por Quispe (2015), indican que la forma normal del huevo es elíptica, quedando representada por el índice morfológico, que tiene un valor promedio de 74 %. Huevos con este valor presentan un mayor porcentaje de viabilidad durante la incubación y además son huevos fáciles de transportar y embalar.

Padilla (2008), evaluó el efecto nutricional de tres niveles de amaranto en la pre mezcla y observo la calidad del huevo, T1 (Alimento comercial), T2 (Alimento con 10 % de Amaranto en la pre mezcla), T3 (Alimento con 20 % de Amaranto en la pre mezcla) y T4 (Alimento con 30 % de Amaranto en la pre mezcla) señalando valores de 76,5 y 74,99 para los tratamientos T1 y T2 respectivamente y valores de 73.6 y 72.5 para los tratamiento T3 y T4. Divididos en dos grupos, señalando que el primer grupo presenta una forma redondeada y el segundo grupo presenta una forma alargada.

7.3 Peso promedio de las gallinas

Tabla 22. Resumen de medias, error estándar y prueba de comparación de medias según Duncan.

Tto.	Peso de Gallinas		
0%	1904,44	± 80,26	A
1%	1996,67	± 80,26	A
3%	1896,78	± 80,26	A
5%	1918,11	± 80,26	A
	CV	P	
	3,91	0,2522	

La tabla 22, muestra que el análisis de varianza no es significativo estadísticamente para el peso de gallinas, quiere decir que con la adición de achiote no existe variación entre tratamientos, sobre el peso del huevo.

El CV fue de 3,91% y el p-valor fue de 0,25 demostrando confiabilidad en los datos obtenidos. El mayor promedio del peso de la gallina fue del T1 con un de 1996,67 g y el menor promedio del peso de gallina fue el T2 con 1896, 78 g con un error estándar de 80,26.

De acuerdo a Yalta (2016), evaluó el efecto del achiote en los parámetros productivos y calidad del huevo en gallinas de postura, se utilizaron 80 gallinas de 34 semanas de edad distribuidas en 4 tratamientos (0%, 1.5%, 3.0% y 4.5% de achiote), los cuales obtuvieron valores de 2,09 kg, 2,05 kg, 2,06 kg y 2, 09 kg respectivamente. El peso promedio total de las gallinas en los tratamientos fue de

2.07 kg, en las seis semanas de evaluación. La diferencia de peso es de, mas120 g aproximado de peso con las gallinas de nuestro estudio.

Rojas, Callacna y Arnaiz (2015), usaron un aditivo a base de cantaxantina y extracto de achiote (*Bixa orellana L.*) y su efecto sobre la coloración de la yema. Se utilizaron 864 gallinas postura de 34 a 45 semanas de edad. Los tratamientos fueron T0 (dieta control), T1 (T0 + 30 g de cantaxantina y extracto de achiote) y T2 (T0 + 60 g de cantaxantina y extracto de achiote). Se obtuvo 1,74 kg para el T0 y T1 respectivamente y 1,77 kg para el T2, encontrándose que no existe diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Los pesos de las gallinas de nuestro estudio a diferencia de esta investigación tienen una diferencia mayor de 178 g en promedio.

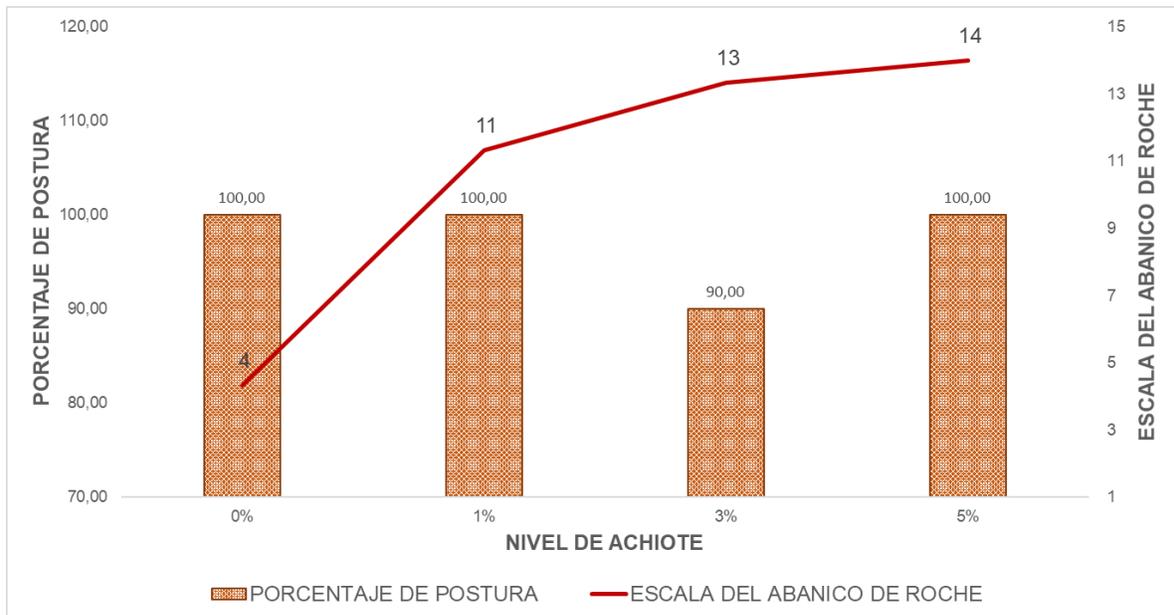
7.4 Porcentaje de Postura

Tabla 23. Resumen de medias, error estándar y prueba de comparación de medias según Duncan.

Tto.	Medias	E.E.	Agrupación de medias
T0 (0%)	100	4,08	A
T1 (1%)	100	4,08	A
T2 (3%)	90	4,08	A
T3 (5%)	100	4,08	A
	CV	P	
	7,25	0,29	

La tabla 23 muestra que el error estándar, es de 4,08, agrupación de medias no existe ninguna variación entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de 7,25 y p-valor es de 0,29. Esto quiere decir que hay una alta confiabilidad de los datos.

Figura 12. Porcentaje de postura y pigmentación de la yema de huevo.



Según la escala del abanico de Roche, parece ser que, a mayor nivel de achiote, aumenta la pigmentación de la yema de huevo, pero no existe relación al porcentaje de postura.

Los resultados obtenidos que se muestran en la figura 12 muestran que el porcentaje de postura para los tratamientos T0, T1 y T3 es de 100% en cambio para T2 este es de 90% de postura. También en esta figura realizamos una comparación con el grado de pigmentación de la yema de huevo en la escala del abanico colorímetro de Roche y no se observa influencia estadística sobre el porcentaje de postura.

De acuerdo a Yalta (2016), evaluó el efecto del achiote en los parámetros productivos y calidad del huevo en gallinas de postura línea Lohmann Brown se utilizaron 80 gallinas de 34 semanas de edad distribuidas en 4 tratamientos (0%, 1.5%, 3.0% y 4.5% de achiote), los cuales obtuvieron valores de 94.4%, 92.2% y 90.8% de postura respectivamente, donde no existió diferencia significativa entre los tratamientos. El porcentaje de postura promedio total de los tratamientos fue de

92.4%. De igual manera no se observó ninguna diferencia estadísticamente significativa.

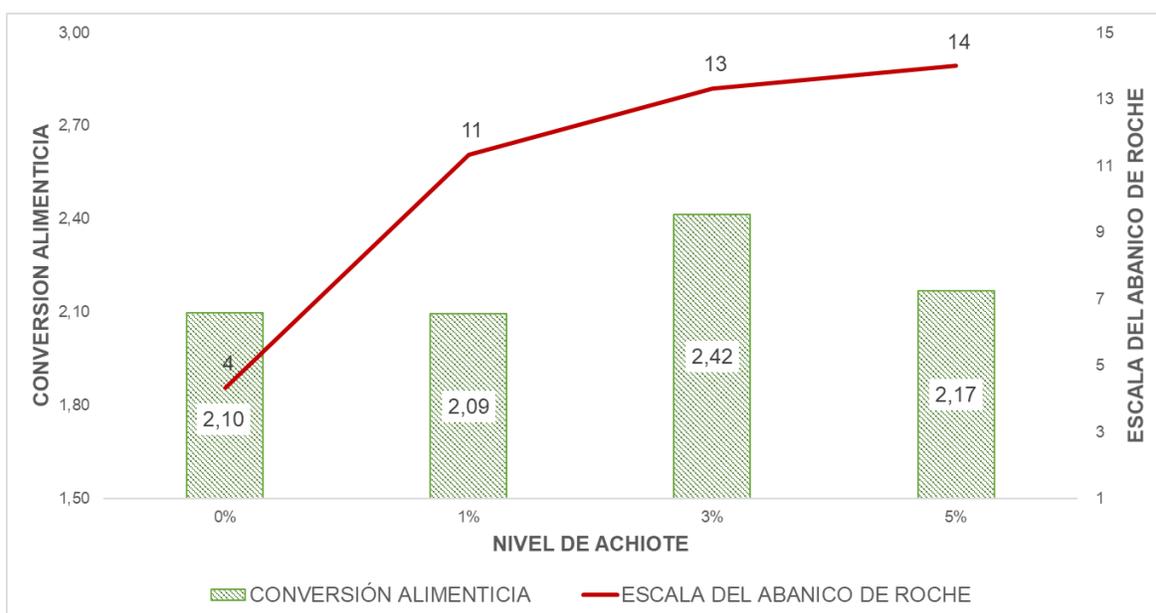
7.5 Conversión alimenticia

Tabla 24. Comparación Duncan por tratamientos para conversión alimenticia en gallinas Isa Brown.

Tto.	Medias	E.E.	Agrupación de medias
T0 (0%)	2,10	0,10	A
T1 (1%)	2,09	0,10	A
T2 (3%)	2,41	0,10	A
T3 (5%)	2,17	0,10	A
	CV	P	
	8,24	0,18	

La prueba Duncan (tabla 24) para el primer muestreo la conversión alimenticia muestra que el tratamiento 2 (3% de achiote) tiene una media de 2,41 mostrando un alto valor en la conversión alimenticia, seguido del tratamiento 3 (5% de achiote) con una media de 2,17, el tratamiento 0 (0% de achiote) con una media de 2,09 y por último el tratamiento 1 (1% de achiote) con una media de 2,09 de conversión alimenticia, estos últimos tuvieron valores menores.

Figura 13. Conversión alimenticia vs pigmentación de yema de huevo.



Según la escala del abanico de Roche, parece ser que, a mayor nivel de achiote, aumenta la pigmentación de la yema de huevo, pero no tiene relación con la conversión alimenticia. El tratamiento testigo alcanzó a un nivel de pigmentación de 4 según el abanico de Roche, el tratamiento 1 (1% de achiote) alcanzó un nivel de pigmentación de la yema de 11 según el abanico de Roche, de igual manera el tratamiento 2 (3% de achiote) obtuvo un nivel de pigmentación de la yema de huevo de 13 según el abanico y para el tratamiento 3 (5% de achiote) alcanzó la pigmentación de la yema de huevo a 14 según el abanico de Roche.

De acuerdo a Yalta (2016), evaluó el efecto del achiote en los parámetros productivos y calidad del huevo en gallinas de postura línea Lohmann Brown se utilizaron 80 gallinas de 34 semanas de edad distribuidas en 4 tratamientos (0%, 1.5%, 3.0% y 4.5% de achiote), los cuales obtuvieron valores de 2.23, 2.22, 2.45 y 2.28 respectivamente.

Rojas, Callacna y Arnaiz (2015), observó el efecto sobre la coloración de la yema. Se utilizaron 864 gallinas postura de 34 a 45 semanas de edad. Los tratamientos fueron T0 (dieta control), T1 (T0 + 30 g de cantaxantina y extracto de achiote) y T2 (T0 + 60 g de cantaxantina y extracto de achiote). Para la conversión alimenticia se obtuvo 1,94; 1,93 y 1,92 kg para el T0, T1 y T2 respectivamente, encontrándose que no existe diferencias significativas entre tratamientos.

7.6 Peso promedio del huevo

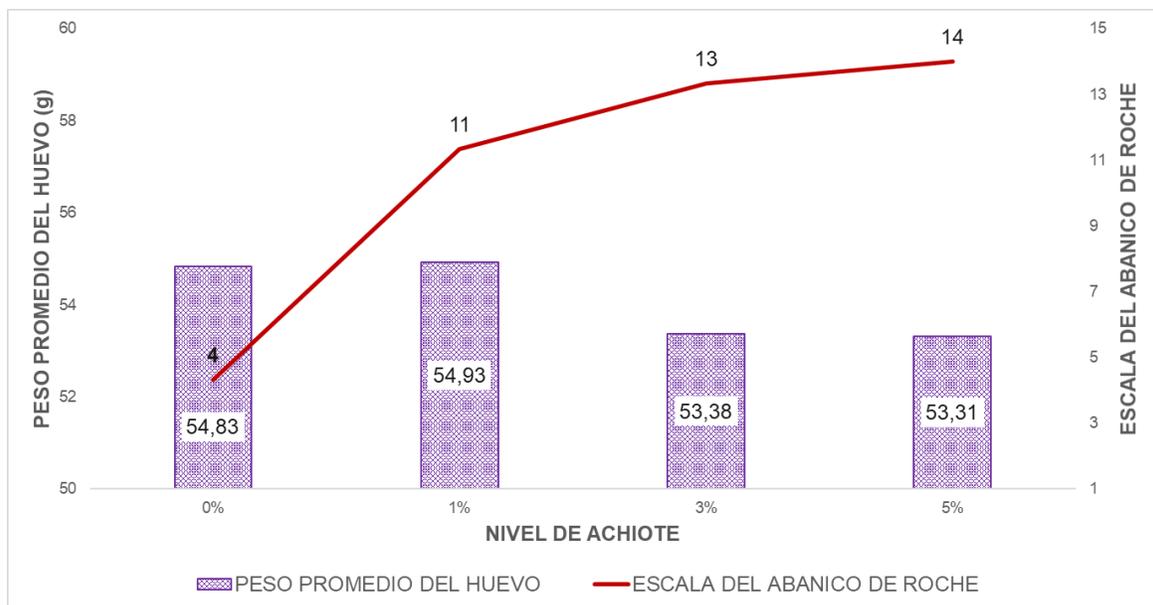
Tabla 25. Comparación Duncan por tratamientos para peso del huevo en gallinas Isa Brown.

Tto.	Medias	E.E.	Agrupación de medias
T0 (0%)	54,83	0,76	A
T1 (1%)	54,93	0,76	A
T2 (3%)	53,38	0,76	A
T3 (5%)	53,31	0,76	A
	CV	P	
	2,42	0,31	

La prueba Duncan al 5% de error (tabla 25) para el primer muestreo, el peso de huevo muestra que el tratamiento 1 (1% de achiote) tiene una media de 54,93 g mostrando un alto valor, seguido del tratamiento 0 (testigo) con una media de 54,83 g, el tratamiento 2 (3% de achiote) con una media de 53,38 g y por último el tratamiento 3 (5% de achiote) con una media de 53,31 g del peso de huevo, estos últimos tuvieron valores menores.

Según la prueba de comparación de medias no existe correlación directa del achiote con peso del huevo.

Figura 14. Peso promedio del huevo y pigmentación de la yema de huevo.



Según la escala del abanico de Roche, parece ser que, a mayor nivel de achiote, aumenta la pigmentación de la yema de huevo, pero no tiene relación con el peso promedio del huevo. El tratamiento testigo alcanzó a un nivel de pigmentación de 4 según el abanico de Roche, el tratamiento 1 (1% de achiote) alcanzó un nivel de pigmentación de la yema de 11 según el abanico de Roche, de igual manera el tratamiento 2 (3% de achiote) obtuvo un nivel de pigmentación de la yema de huevo de 13 según el abanico y para el tratamiento 3 (5% de achiote) alcanzó la pigmentación de la yema de huevo a 14 según el abanico de Roche.

De acuerdo a Yalta (2016), evaluó el efecto del achiote en los parámetros productivos y calidad del huevo en gallinas de postura línea Lohmann Brown se utilizaron 80 gallinas de 34 semanas de edad distribuidas en 4 tratamientos (0%, 1.5%, 3.0% y 4.5% de achiote), los cuales obtuvieron valores de 62,8 g, 61,8 g, 61,8 g y 63,0 g respectivamente. El peso promedio total del huevo en los tratamientos fue de 62.40 g, en las semanas de evaluación. Mostrando mayor peso de huevo comparando con nuestro estudio, puede deberse a los factores climáticos, altura y/o manejo.

Rojas, Callacna y Arnaiz (2015), usaron un aditivo a base de cantaxantina y extracto de achiote (*Bixa orellana L.*) en dietas de gallinas de postura y su efecto sobre la coloración de la yema y la vida de anaquel del huevo. Se utilizaron 864 gallinas postura de 34 a 45 semanas de edad. Los tratamientos fueron T0 (dieta control), T1 (T0 + 30 g de cantaxantina y extracto de achiote) y T2 (T0 + 60 g de cantaxantina y extracto de achiote). Para el peso de huevo se obtuvo 60,5; 61,6 y 61,5 g para T0, T1 y T2 respectivamente, encontrándose diferencias significativas entre tratamientos. Se obtuvieron mejores resultados que los nuestros, pero no especifica el gramaje o porcentaje exacto de achiote brindado. Entonces varias pueden ser las causas, así como el tiempo brindado pueden influir en esta variable.

7.7 Índice de Haugh

Tabla 26. Comparación Duncan por tratamientos para índice de Haugh en gallinas Isa Brown.

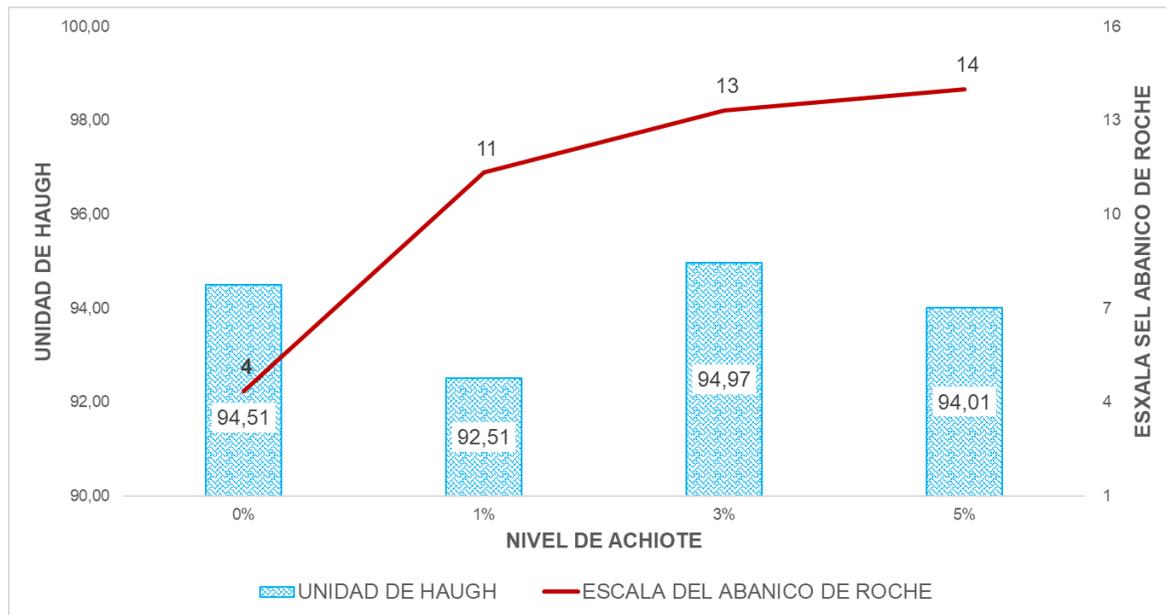
Tto.	Medias	E.E.	Agrupación de medias
T0 (0%)	94,50	1,14	A
T1 (1%)	92,51	1,14	A
T2 (3%)	94,97	1,14	A
T3 (5%)	94,00	1,14	A
	CV	P	
	2,11	0,49	

La prueba Duncan al 5% de error (tabla 26) para el primer muestreo se observa que el tratamiento 2 (3% de achiote) tiene una media de 94,97 mostrando la media más

alta entre tratamientos de la variable índice de Haugh, seguido del tratamiento 0 (testigo) con una media de 94,5; el tratamiento 3 (5% de achiote) con una media de 94 y por último el tratamiento 1 (1% de achiote) con una media de 92,51 del índice de Haugh, estos últimos tuvieron valores menores.

Según la prueba de comparación de medias, el achiote no tiene efecto sobre el índice de Haugh.

Figura 15. Índice de Haugh y pigmentación de la yema de huevo.



El tratamiento testigo alcanzó a un nivel de pigmentación de 4 según el abanico de Roche, el tratamiento 1 (1% de achiote) alcanzó un nivel de pigmentación de la yema de 11 según el abanico de Roche, de igual manera el tratamiento 2 (3% de achiote) obtuvo un nivel de pigmentación de la yema de huevo de 13 según el abanico y para el tratamiento 3 (5% de achiote) alcanzó la pigmentación de la yema de huevo a 14 según el abanico de Roche.

Rojas, Callacna y Arnaiz (2015), usaron un aditivo a base de cantaxantina y extracto de achiote en dietas de gallinas de postura y su efecto sobre el huevo. Se utilizaron 864 gallinas postura de 34 a 45 semanas de edad, distribuidas en un diseño completamente al azar con 6 repeticiones por tratamiento. Los tratamientos fueron T0 (dieta control), T1 (T0 + 30 g de cantaxantina y extracto de achiote) y T2 (T0 +

60 g de cantaxantina y extracto de achiote). Obteniéndose a temperatura ambiente promedio 78, 82 y 86 unidades Haugh (UH). Para el T0, T1 y T2 respectivamente. A temperatura refrigerada promedio se obtuvo 81, 86 y 90 UH para el T0, T1 y T2 respectivamente, en ambas temperaturas se encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Nuestros resultados son mayores a esta investigación los factores pueden ser ambientales, climáticos, manejo y/o alimenticio.

7.8 Estudio bromatológico de huevos enteros

Tabla 27. Tratamiento testigo vs Tratamiento 3

Tto.	Achiote	Proteína	Grasa	Calcio	Vitamina C
T0	0%	14,25 g/100g	11,6 g/100g	11,6 mg/100g	212,01 mg/100g
T3	5%	10,61 g/100g	8,46 g/100g	42,95 mg/100g	404,50 mg/100g

El tratamiento 0 testigo (0% Achiote), tiene la máxima cantidad de proteína entre tratamientos, con 14,25 g/100g, el tratamiento T3 (5% Achiote) presenta un nivel de proteína de 10,61 g/100g, según el estudio bromatológico, se observa menor cantidad de proteína en el tratamiento con la adición de achiote.

Moreno (2018), realizó el estudio bromatológico donde muestra el porcentaje de nutrientes de la dieta formulada con harina de achiote y sin harina de achiote, el resultado de cantidad de proteínas fue el mismo 17,55% en ambos casos, quiere decir que la adición de achiote no influye en la cantidad de proteína.

La cantidad de grasa en el estudio bromatológico del huevo entero del tratamiento 2 (3% Achiote) contiene 8,46 g/100g, menor cantidad de grasa que el tratamiento testigo con 11,6 g/100g, el Mercado de Alimentos Fen (2018), afirma que el nivel de lípidos o grasas del huevo entero es de 11,1 g/100g. Cabe recalcar que el huevo tiene grasas saturadas e insaturadas, el 65% de los lípidos son beneficiosos para la dieta.

El huevo no contiene hidratos de carbono, por lo que la energía procede fundamentalmente de su materia grasa. La calidad de la grasa presente en el huevo

es buena pues el contenido de AGM –ácidos grasos monoinsaturados- (3,6%) y AGP -ácidos grasos poliinsaturados- (1,6%) supera ampliamente al de grasa saturada -AGS- (2,8%). Contiene también AGP omega-3, como EPA -ácido eicosapentaenoico- y DHA -ácido docosahexaenoico- que han demostrado efectos beneficiosos sobre la salud (Carbajal, 2006).

La cantidad de calcio según el estudio de bromatología del huevo entero para el tratamiento testigo fue de 11,6 mg/100g y 42,95 mg/100g para el tratamiento 3 (5% Achiote).

Moreno (2018), realizó el estudio bromatológico donde muestra el porcentaje de nutrientes de la dieta formulada con harina de achiote y sin harina de achiote, el resultado de cantidad de calcio con harina de achiote fue de 57 g/100g.

7.9 Análisis Económico

Este análisis se realizó en 1200 gallinas en etapa de postura, para 11 meses de producción de huevo con la adición de achiote en la dieta de postura.

7.9.1 Costos totales

Tabla 28. Costo total de la investigación, ajustado para 1200 gallinas ponedoras (11 meses) costos fijos y variables.

Detalle	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo Parcial
Gallinas	Unidad	15	1.200	18.000
Agua	Mes	15	11	165
Energía eléctrica	Mes	30	11	330
Mano de obra	Hora	8	1.176	9.408
Alimento balanceado	Sacos	110	919,632	101.159,52
Achiote	Sacos	300	19,0512	5.715,36
Otros		1	4.000	4.000
Costo total				138.777,88

En la tabla 28 esta detallado, la compra de las 1.200 gallinas, los servicios básicos de los 11 meses de producción, mano de obra de este tiempo, la alimentación y por supuesto el achiote utilizado para los tres tratamientos.

7.9.2 Costos fijos

Tabla 29. Costos fijos en 1.200 gallinas en 11 meses

Detalle	Unidad	Costo Unitario	Cantidad	Costo Parcial
Gallinas	Unidad	15	1.200	18.000
Agua	Mes	15	11	165
Energía eléctrica	Mes	30	11	330
Mano de obra	hora	8	1.176	9.408
Otros		1	4.000	4.000

Los costos fijos son iguales en todos los tratamientos, no existe ninguna variación. Por lo tanto, en la tabla 29 se engloba para todos los tratamientos.

7.9.3 Costos variables

Estos costos se obtuvieron según el nivel de achiote de igual manera para 42 semanas de producción en gallinas Isa Brown.

Tabla 30. Costos variables por tratamiento con achiote

Detalle	T0 (0%)	T1 (1%)	T2 (3%)	T3 (5%)
Alimento balanceado	25.872	25.613,28	25.095,84	24.578,4
Achiote	0	635,04	1.905,12	3.175,2
Total	25.872	26.248,32	27.000,96	27.753,6

Ajustando los datos obtenidos para 1.200 gallinas total y por tratamiento 300 gallinas, en 11 meses de producción de huevo, la tabla 30 muestra que existe mayor costo con 1%, 3% y 5% de achiote en la dieta de las gallinas.

7.9.4 Ingresos

Tabla 31. Ingresos totales en gallinas de producción con la adición de achiote

Detalle	Costo Unit.	T0 (0%)	T1 (1%)	T2 (3%)	T3 (5%)
Huevos talla "S"	0,5	18.488,3	15.457,7	22.021,8	20.606,4
Huevos talla "M"	0,6	14.486,1	14.184,7	15.274,5	11.548,7
Huevos talla "L"	0,7	11.799,9	12.729,9	8.437,0	11.412,8
Huevos talla "XL"	0,8	8.178,3	12.366,2	5.316,8	9.148,3
Venta de gallinas		12.000,0	12.000,0	12.000,0	12.000,0
Ingreso Total		64.952,6	66.738,6	63.050,1	64.716,2

En la Tabla 31 se observa mayor ingreso del tratamiento 1 (Achiote 1%) con 66.738,6 Bs y menor ingreso para el tratamiento 2 (Achiote 3%) con 63.050,1 bs. También se puede observar que existen mayores ingresos para el tratamiento 3 (Achiote 5%) en comparación con el tratamiento testigo.

7.9.5 Relación beneficio costo

Tabla 32. Relación de costos e ingresos en etapa de producción

Tto.	Costo Bs	Ingreso Bs	Relación Beneficio/Costo
T0	57.775	64.952,63	1,12
T1	58.151,32	66.738,56	1,15
T2	58.903,96	63.050,11	1,07
T3	59.656,6	64.716,2	1,08

La tabla 32 muestra que todos los tratamientos obtienen ganancias en toda la etapa de producción, la mayor relación entre beneficio/costo es para el tratamiento T1 (Achiote 1%) con un resultado de 1,15 con mayor ganancia y el tratamiento con menor relación beneficio/costo fue el tratamiento 2 (Achiote 3%) con 1,07 teniendo baja ganancia.

8. CONCLUSIONES

- Las inclusiones de achiote en los tres niveles 1, 3 y 5% incrementan la pigmentación, según el Abanico colorímetro de Roche se obtuvieron resultados promedio de 12, 13 y 14 respectivamente, quiere decir que, a mayor nivel de achiote mayor es la pigmentación de la yema de huevo.
- De acuerdo al abanico de Roche los tres niveles de achiote expresan su máximo valor de pigmentación de la yema de huevo al tercer día, pero una vez cortado el achiote, el tiempo de retiro total de pigmentación en la yema de huevo varía según el porcentaje de achiote, 7, 14 y 21 días de despigmentación de la yema de huevo para el tratamiento T1 (1%), T2 (3%) y T3 (5%) respectivamente.
- La inclusión de achiote en la dieta de gallinas no es estadísticamente significativa sobre las siguientes variables: índice de clara, índice de yema, índice morfológico, peso de gallinas, porcentaje de postura, conversión alimenticia, peso promedio del huevo, índice de Haugh.
- Según el estudio bromatológico los niveles de calcio y vitamina C, con la adición de achiote en la dieta de las gallinas se elevan. Nutricionalmente este es un valor agregado extra al huevo.
- Se obtiene mayor ganancia según la relación beneficio/costo para T1 (Achiote 1%) con un resultado de 1,15.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar 1% de achiote en dietas de gallinas en etapa de postura para aumentar la pigmentación de manera natural, rentabilidad y calidad del huevo.
- Se recomienda realizar investigaciones con la inclusión de achiote en dieta de gallinas de pre- postura, postura y segunda postura por el aumento en el nivel de calcio y vitamina C.
- Se recomienda realizar investigaciones con mayor intervalo de tiempo con achiote en el alimento para evaluar las variables productivas.
- Se recomienda utilizar 0,5% de achiote en el alimento de gallinas Isa Brown para evaluar la pigmentación según el abanico de Roche y comparar con los resultados de este estudio.

10. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AgroNews. (2021). El 52% de la producción de huevos está en Santa Cruz y La Paz es el principal consumidor. *AgroNews*. Obtenido de <https://agronews.com.bo/produccion/pecuaria/209-el-52-de-la-produccion-de-huevos-esta-en-santa-cruz-y-la-paz-es-el-principal-consumidor>
- Alvarez, R. (2022). Bolivia incrementó el consumo de huevo de 172 a 203 unidades año. *Cámara Agropecuaria del Oriente*. Obtenido de <https://cao.org.bo/2022/10/11/bolivia-incremento-el-consumo-de-huevo-de-172-a-203-unidades-ano/>
- Alvarez Tamayo, L. M., Jiménez Cartagena, C., & Londoño, J. (2011). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para mejorar la calidad sensorial y nutricional de productos avícolas. *Producción + Limpia Vol.6, No.1*, 115.
- Antezana, F. (2011). Manual de crianza tecnificada de pollos parrilleros y aves de postura. *Compendio de elementos contables de costos y técnicas*, 4-11.
- Araneda, M. (2022). Huevos y derivados. Composición y propiedades. *Educación en Alimentación y Nutrición*. Obtenido de <https://www.edualimentaria.com/huevos-composicion-y-propiedades>
- Argoti, A., & López, L. (2022). *Estudio comparativo de la eficacia de dietas suplementarias con Daucus carota, Cucurbita máxima y Bixa orellana y su influencia en parásitos gastrointestinales en la producción de huevos de gallinas ponedoras Lohmann Brown de la granja Toribio Maya*. Universidad Antonio Nariño, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Popayán.
- Aromáticos S.A. (2012). Colorantes Naturales. *Flavorix*. Obtenido de <http://flavorix.com/productos/colorantes/colorantes-naturales/>
- Asociación Nacional de Avicultores. (2022). Bolivia: Producción de huevo es de 2.232 millones por año. *Correo del Sur*.

- Avicultura. (2020). Covid-19: Información del Sector de Avicultura en Latinoamérica. *AgroAvances*.
- Avicultura. (2022). Bolivia: La asociación de avicultores celebra su 51 aniversario con la mirada puesta en la exportación. *Avicultura.com Ayudando alimentar al mundo*. Obtenido de <https://avicultura.com/bolivia-la-asociacion-de-avicultores-celebra-su-51-aniversario-con-la-mirada-puesta-en-la-exportacion/#:~:text=El%20sector%20av%C3%ADcola%20departamental%20genera,millones%20de%20huevos%20al%20a%C3%B1o>.
- Blas, C., & G, G. (1991). Nutrición y alimentación de gallinas ponedoras. 1° Ed, *Ediciones Mundiprensa*.
- Bolaños, A. (2012). Evaluación de Oleorresina de Achiote como pigmentante natural para la yema de huevo de gallina de postura. *Scribd*.
- Bonilla, J. (2010). Manual del cultivo de achiote. *Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola*.
- Buxade, C. (2000). Zootecnia Bases de la producción animal “Avicultura Clásica y Complementaria”. *Ed. Mundi – Prensa Madrid – Barcelona*.
- Carbajal, A. (2006). Calidad nutricional de los huevos y relación con la salud. *Nutrición Práctica 2006;10:73-76.*, 2-4.
- Cátedra. (2022). Avícola Don Mario de Bolivia amplía planta incubadora. *Catedra Avicola Latam*. Obtenido de <https://catedralatam.com/avicola-don-mario-de-bolivia-amplia-planta-incubadora/>
- Centro de Promoción Bolivia. (2004). Achiote. *Sistema de Información y asesoramiento en comercialización para productores agrícolas CEPROBOL – IICD*. Obtenido de <https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/25652.pdf>
- Cuevas, B., Díaz, G., Molina, A., & Retamal, C. (2003). Pigmentos utilizados en raciones de gallinas ponedoras. *Biblioteca virtual Universal*.

- Devia, J., & Saldarriaga, L. (2003). Planta piloto para obtener colorante de la semilla de achiote (*Bixa orellana*). *Universidad EAFIT*.
- Di Marino, A. (2008). Fisiología de pequeñas y grandes especies de Manual moderno. 4-5-17.
- Duran, F. (2006). Manual de explotación de aves de corral. *Grupo Latino Ltda*.
- El Diario. (09 de 10 de 2021). La Paz, principal consumidor de huevos a nivel nacional. *Economía*. Obtenido de <https://www.eldiario.net/portal/2021/10/09/la-paz-principal-consumidor-de-huevos-a-nivel-nacional/>
- El Periódico. (23 de 06 de 2021). *Actualidad Avipecuaria*. Obtenido de <https://actualidadavipecuaria.com/bolivia-avicultores-mantienen-produccion-avicola/>
- Estremadoiro Flores, E. (19 de 04 de 2020). La cuarentena pone en "Terapia Intensiva" al sector avícola. *Dinero/Agropecuaria*.
- Flores, Y. (2022). Bolivia produce por año 2,700 millones de huevos. *La Razón*.
- Fonnegra, G. R., & Jiménez, R. (2007). Plantas medicinales aprobadas en Colombia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2003). A guide for the production and sale of eggs. *FAO Agricultural Services Bulletin 150*, 43-46.
- Gairal, M. (2019). Calidad interna del huevo. *Veterinaria Digital*. Obtenido de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/calidad-interna-del-huevo/>
- Galiano, C. (2013). Por qué la yema de huevo es más o menos amarilla. *Nutricion, organizacion y productividad en el hogar*, <https://cristinagaliano.com/2013/por-que-la-yema-de-huevo-es-mas-o-menos-amarilla/>.
- Garcia Trujillo, R., Berrocal, J., Moreno, L., & Ferrón, G. (2010). Produccion Ecologica. *Consejería de Agricultura, pesca y desarrollo Rural junta de Andalucía*, 71-74.

- González Y., Porta, T., Méndez, R., & Blanco, F. (2003). Estudio de la irritación dérmica primaria en piel dañada de conejos tras la exposición a un extracto alcohólico de *Bixa orellana* Lin. *Conferencia Internacional de Química*.
- Google Earth. (2021). Ubicación. Google. Obtenido de <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>
- Gutiérrez, M. (2005). "Bixadent", nuevo producto natural como revelador de placa dentobacteriana. *VI Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería*.
- Gutierrez, M. d. (26 de 07 de 2021). *aviNews*. Obtenido de <https://avicultura.info/bolivia-disminuye-produccion-avicola-6-primer-semester-2021/>
- Hundon, J. (1994). Showines carotenoids and captivity. 218-221.
- Instituto Boliviano de Comercio Exterior. (2009). Perfil de mercado colorantes naturales Arucú achiote. *IBCE*. Obtenido de https://ibce.org.bo/images/estudios_mercado/perfil_colorantes_naturales_uru_Cu_CB03.pdf
- Instituto Nacional de Estadística. (2022). Avicultura. *INE*.
- Isa Brown. (2010). Guía de Manejo Ponedora. *Instituto de Selección Animal*.
- Isa Brown. (2023). Estándares comerciales de las ponedoras ISA Brown. *Isa*. Obtenido de <https://www.isa-poultry.com/es/products-es/isa-brown-es/>
- Júnior, A., Asad, L., Oliveira, E., Kovary, K., Asad, N., & I., F. (2005). Antigenotoxic and antimutagenic potential of an annatto pigment (norbixin) against oxidative stress. *Genet Mol Res; 4 (1)*.
- Kroes, R., & Verger, P. (2005). Annatto Extracts, World Health Organization, Safety evaluation of certain food additives and contaminants. *World Health Organ Tech Rep Ser*.
- Ligeron, S. (2014). Efecto de cuatro niveles de pH'asa y dos densidades de aves de postura (Lohman Brown) en la producción de huevos. *Tesis de Grado, Facultad de Agronomía*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

- Llusco, E. J. (2015). Evaluación de tres niveles de calcita en producción de la calidad del huevo de la línea Isa Brown en la fase final, provincia Murillo. *Tesis de Grado*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz.
- London. (1982). Quality testing of eggs. Her majesty's stationery office. *Ministry of Agriculture Fisheries and Food*.
- López, L. F., González, D. M., Gómez, J. A., & Albarracín, C. (2009). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines con énfasis en ingredientes naturales para la industria cosmética en Colombia. *Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural*.
- Lourido, P., & Martínez, S. (2010). Labixa orellana L. en el tratamiento de afecciones estomatológicas, un tema aún por estudiar. *Granja Rev Cubana*.
- Maguregui, E. (2020). El color de la yema del huevo y los pigmentantes. *Veterinaria Digital*.
- Maldonado, M. S. (2015). Evaluación de tres niveles de harina de achiote (Bixa orellana L.) en la pigmentación de pie en pollos parrilleros ROSS 308 en el departamento de La Paz. (*Tesis de Grado*). Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz.
- Martínez, A. (2010). *Evaluación del Crecimiento Celular y de los Pigmentos obtenidos de la Microalga Haematococcus pluvialis (chlorophyta: volvocales) Cultivada en diferentes medios*. Universidad de México.
- Mcoy, M. (1999). Astaxanthin market a hard one to crack. *Chemical Enegineering*.
- Mehner, A. (1969). La gallina doméstica. *Escribia España*.
- Mercado de Alimentos Fen. (2018). Huevo de gallina. *Consenso de la Sociedad Española de la Nutricion Comunitaria*.
- Meza, R. (2010). El Albumen del Huevo, Factores que Influyen Sobre la Calidad y Consistencia. *Veterinaria en Praxis*.

- Morales, N. (2003). Evaluación de Tres Niveles de Harina de Haba (Vicia faba) en la Ración de aves de postura de la Línea Lohman Brown en la Zona de Bautista Saavedra. *Facultad de Agronomía*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.
- Moreno Moreno, K. P. (2018). Evaluación de la harina de Achiote (Bixa orellana L.) como pigmentante en el vitelo de huevo de las gallinas Lohmann Brown Classic de la avícola Marlito Parroquia Eloy Alfaro. *Proyecto de Investigación*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Latacunga- Ecuador.
- Murillo, E. (2008). Apuntes de alimentos y alimentación. *Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés*.
- Navarro Uribe, M. G. (2000). Estudio de factores de calidad de huevos en ponedoras Isa Brown y Shaver Cross sometidas a diferentes dosis de Esparteína y alcaloides totales del lupino. *Tesis de Grado*. Universidad Austral de Chile, Valdivia. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2000/fvn632e/doc/fvn632e.pdf>
- Nunes, F. (2010). Una mirada a la industria avícola de Bolivia. *News and analysis for the global poultry industry*.
- Ojeda. (2022). Taxonomía de aves. *Curso de pollos*. Obtenido de <https://pollosantacoa.blogspot.com/p/manual-practico-de-pollos.html?m=1>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2007). Programa de alimentación y nutrición para nuestra infancia, índices alimentarios. *Word- People*, 20.
- Padilla Rodríguez, M. R. (2008). Evaluación del efecto nutricional en tres niveles de amaranto (*Amaranthus* spp.) en la pre mezcla sobre la calidad de huevos en gallinas ponedoras criollas. *Tesis de Grado*. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, La Paz.

- Patiño, D. (2023). Aspectos prácticos en el manejo del agua en aves de corral. *Avipecuaria*. Obtenido de <https://actualidadavipecuaria.com/aspectos-practicos-en-el-manejo-del-agua-en-aves-de-corral/>
- Perdomo, C. A. (2018). Evaluación de la eficiencia nutricional de dietas elaboradas a partir de recursos locales para la alimentación de gallinas criollas, criadas en un sistema productivo agroecológico en el municipio de Natagaima - Tolima. *Título de Tesis*. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Facultad de Ingeniería, Bogotá - Colombia.
- Pérez, B., & Rivas, E. (2008). Diseño de un método para determinar el costo real de producción semanal en gallinas en etapa de cría y levante. *SciELO- Sucre*.
- Pérez, L. (2010). La Bixa orellana en el tratamiento de afecciones estomatológicas, un tema aún por estudiar. *Cubana de Farmacia*.
- Periago, J. (2011). Higiene, Inspección y Control de Huevos de Consumo. *Universidad de Murcia*. Obtenido de <https://www.um.es/documents/4874468/10812050/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf/c860b16b-6c2f-481a-9d52-542a2296d005>
- Plaza de Vilane. (2020). ¿Cómo se clasifican los huevos de gallina? *Plaza de Vilane*.
- Portsmouth. (1965). *Avicultura Practica. (Equipo de técnicos del Poultry World)(1º Ed.)*.
- Quiminet. (2006). Ingredientes y colorantes en los alimentos, Reproducido con el permiso de International Food Information Council Foundation, México. *Oficina Pacto Andino*.
- Quintana, J. (1999). Manejo de las Aves Domésticas más Comunes. *Tercera Ed. Trillas*.
- Quispe Cortez, V. (2020). *GANADO AVICOLA*. Obtenido de *GANADO AVICOLA*: <https://sites.google.com/site/ganadoavicola/>

- Quispe, F. (2015). Evaluación del Efecto de tres niveles de Phasa en la Alimentación de Gallinas en la fase de Postura Pico en la zona de Kupini del Departamento de La Paz. *Tesis de Grado*. Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz.
- Ramirez, C. (2021). El Achiote colorante natural y funcional. *TSILifeScience*. Obtenido de <https://tecnosolucionescr.net/blog/551-el-achiote-colorante-natural-y-funcional>
- Reyes, O. (2010). Manual de Crianza de Gallinas Ponedoras. *Universidad Francisco de Paula Santander*, 158.
- Rivera, W. (2005). Uso de Pigmentos en Producción Avícola. *diapositivas*, 20.
- Riveros, D. (2012). Evaluación del Comportamiento Productivo de Gallinas Isa Brown en Tres Sistemas de Producción en la Fase 1 de Postura, con Dos Niveles de Calcita en el Municipio de Chuma Dpto. de La Paz. (*Tesis de licenciatura*). Facultad de Agronomía, UMSA, La Paz.
- Rojas V, V., Callacna C, M., & Arnaiz P, V. (2015). Uso de un aditivo a base de cantaxantina y extracto de achiote en dietas de gallinas de postura y su efecto sobre la coloración de la yema y la vida de anaquel del huevo. *Scientia Agropecuaria* 6 (3), 1-9.
- Rosales, E., Fernández, S., & Ruiz, P. (2010). Calidad del huevo en reproductoras y su impacto en los nacimientos. *Avicultura*. Obtenido de Disponible en: <http://www.https://www.engormix.com/avicultura/articulos/calidad-huevo-reproductoras-impacto-t28405.htm>
- Sánchez, R. (2007). Crianza, razas y comercialización de gallinas ponedoras. *Ripalme*, 42-50.
- Sangalli, F. (2013). Efecto de tres niveles de harina de alfalfa (medicago sativa), en la alimentación de aves de postura en la línea Isa Brown en la fase de postura pico. *Tesis de Grado, Facultad de Agronomía*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz.

- Scholtiysek, S. (1996). Manual de Avicultura Moderna, Universidad Hohenhein Escuela superior de Agricultura. *Acribia Zaragoza*, 67-97.
- Segura, W. (2021). Efecto de la infusión de achiote (*Bixa Orellana* L.) en la coloración de la yema de huevo. *Apthapi* 7. Obtenido de file:///C:/Users/VeBe/Downloads/gladys_ch,+11-Efecto+infusi%C3%B3n+achiote.pdf
- SENASAG. (2023). Registro de Establecimientos Avícola. *El gran Paititi*. Obtenido de <https://paititi.senasag.gob.bo/egp/establecimientosAvicolas.html>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2022). Observatorio Nacional de Servicios Climáticos. *SENAMHI*. Obtenido de <https://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>
- Silversides, F., & Villeneuve. (1994). Is the Haugh unit correction for egg wright valid eggs at room temperature. 73.
- Sotelo. (2014). Fotosíntesis. *Universidad Nacional Argentina*, 5.
- Stévez, C. (2014). Trucos para saber si un huevo está en buen estado. *El Español*. Obtenido de https://www.elespanol.com/cocinillas/actualidad-gastronomica/20140504/trucos-saber-huevo-buen/4499554_0.html
- Toyomizu, M. (2001). Effects of dietary Spirulina on meat color in muscle of broiler chickens. *British poultry Science*, 197-202.
- Ubeda Rugama, L. H. (2017). Manual de manejo general para levante de ponedoras comercial en sistema de jaula en batería. *Centenaria del Agro*.
- Universidad de Murcia. (s.f.). Práctica - huevos - índice morfológico. *Unidad de Innovación*. Obtenido de <https://www.um.es/web/innovacion/plataformas/ocw/listado-de-cursos/higiene-inspeccion-y-control-alimentario/practicas/indice-morfologico#:~:text=Los%20huevos%20de%20gallina%20miden,un%20%C3%ADndice%20morfol%C3%B3gico%20de%2074>.

Yalta Valqui, M. (2016). Efecto de Achiote (*Bixa orellana* L.) en los parametros productivos y calidad del huevo en gallinas de postura linea Lohmann Brown-Classic. *Tesis de Grado*. Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas, Escuela Profesional de Ingenieria Zootecnista, Chachapoyas- Perú. Obtenido de [file:///C:/Users/SAUL/Desktop/Tesis/PDF/Efecto%20del%20achiote%20\(Bixa%20Orellana%20L.\)%20en%20los%20parámetros%20productivos%20y%20calidad%20del%20huevo%20en%20gallinas%20de%20postura%20línea%20Lohmann%20Brown-%20Classic%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/SAUL/Desktop/Tesis/PDF/Efecto%20del%20achiote%20(Bixa%20Orellana%20L.)%20en%20los%20parámetros%20productivos%20y%20calidad%20del%20huevo%20en%20gallinas%20de%20postura%20línea%20Lohmann%20Brown-%20Classic%20(1).pdf)

Veterinaria Digital. (2015). Despigmentación porfirínica de la cascara del huevo. *Veterinaria Digital*. Obtenido de https://www.veterinariadigital.com/post_blog/despigmentacion-porfirinica-de-la-cascara-del-huevo/#:~:text=El%20color%20de%20la%20c%C3%A1scara,gl%C3%B3bulos%20rojos%20que%20se%20destruyen.

Zalapa, A. (2016). Correlación gráfica entre el peso del huevo, la altura de la clara y las Unidades Haugh. *Avicultura*. Obtenido de <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/correlacion-grafica-entre-peso-t33028.htm>

ANEXOS

Anexo 1. Gallinas en etapa de pre postura.



Anexo 2. Flameado del ambiente.



Anexo 3. Armado de nuevas jaulas.



Anexo 4. Vaciado de cascarilla de arroz.



Anexo 5. Conclusión del armado de jaulas.



Anexo 6. Traslado de gallinas.



Anexo 7. Construcción de nidales.



Anexo 8. Identificación de gallinas.



Anexo 9. Secado de achiote.



Anexo 10. Puesta de gallinas.



Anexo 11. Achiote 1%.



Anexo 12. Achiote 3%.



Anexo 13. Achiote 5 %.



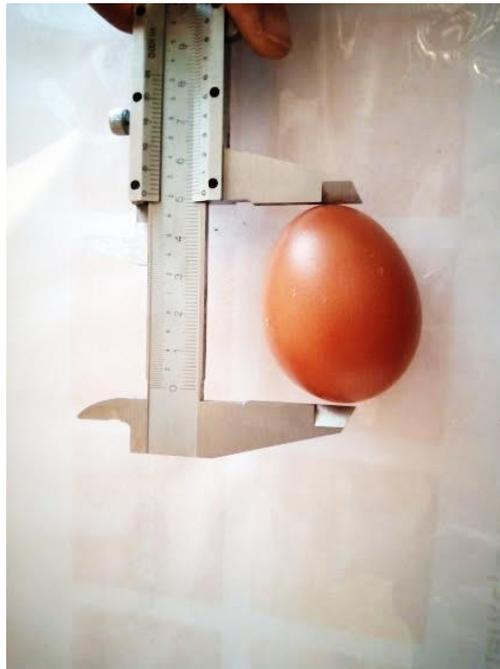
Achiote 14. Pesaje de huevos.



Anexo 15. Variación de pigmentos de yema de huevo.



Anexo 16. Medición del huevo con vernier.



Anexo 17. Selección de huevos.



Anexo 18. Pesaje de gallinas.



Anexo 19. Bienestar animal.



Anexo 20. Toma de datos.



Anexo 21. ANVAS de las variables de respuesta.

Índice de Clara

Tto.	Medias	n	E#E#	Columna5
0%	88,7640333	3	2,40638461	A
1%	86,6067333	3	2,40638461	A
3%	90,5872667	3	2,40638461	A
5%	90,6991	3	2,40638461	A

Índice de Yema

Tto.	Medias	n	E#E#	Columna5
0%	39,5606	3	1,72812209	A
1%	42,4875667	3	1,72812209	A
3%	39,6554333	3	1,72812209	A
5%	43,3829667	3	1,72812209	A

Índice Morfológico

Tto.	Medias	n	E#E#	Columna5
0%	78,4076	3	1,28226381	A
1%	77,8875333	3	1,28226381	A
3%	79,4877667	3	1,28226381	A
5%	81,8077	3	1,28226381	A

Índice de Haugh

Tto.	Medias	n	E#E#	Columna5
0%	94,51	3	1,14283997	A
1%	92,51	3	1,14283997	A
3%	94,97	3	1,14283997	A
5%	94,01	3	1,14283997	A

Escala del abanico de Roche

Tto.	Medias	n	E#E#	Columna5	Columna6	Columna7
0%	4	3	0,5			C
1%	11	3	0,5		B	
3%	13	3	0,5	A		
5%	14	3	0,5	A		

Peso promedio del huevo

Tratamiento	Medias	n	E#E#	Columna5
0%	54,83333333	3	0,75570048	A
1%	54,93333333	3	0,75570048	A
3%	53,3787	3	0,75570048	A
5%	53,3091	3	0,75570048	A

Peso de gallinas

Tto.	Medias	n	E#E#	Columna5
0%	1875,77777	3	42,671756	A
1%	1866,66667	3	42,671756	A
3%	1847,77777	3	42,671756	A
5%	1970,77777	3	42,671756	A

Anexo 22. Bromatología de huevo entero para el tratamiento testigo.

FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
 SALUD (SELADIS)
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
 Resolución Ministerial No.017 7 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS LABORATORIO DE BROMATOLOGIA	CODIGO: 106400	
Informe N°:	026/2021		
Producto:	HUEVO ENTERO DE GALLINA 0% DEACHIOTE		
Marca:	T0	Razón Social y/o Propietario	ANAHI BERNAL CALLE
Procedencia	GRANJA DE AVES DE COTACOTA CAMPUS UNIVERSITARIO , FACULTAD DE AGRONOMIA		
Muestreado	ANAHI BERNAL CALLE	FECHA: 2021/06/18	HORA : 09:00
Fecha de recepción muestra:	2021/06/18	Fecha de emisión de resultados:	2021/06/29
Fecha de inicio de ensayos:	2021/06/22		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIA	METODO DE ENSAYO
PROTEINA	g /100g	14,25.-	SVR	KJELDHAL
GRASA	g /100g	11,60.-	SVR	BARSHALL
CALCIO	mg /100g	11,60. -	SVR	VOLUMETRIA
VITAMINA C	mg /100g	212,01. -	SVR	VOLUMETRIA

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica /<LD menor al limite de detección (<0.01 mg/L),* Valores referenciales del agua potable NB-512

Analista: Limachi Nelly


 Dra. María O. Torrez T.
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma de Referencia AOAC: American Organization Analytical

Anexo 23. Bromatología de huevo entero para el Tto 3 (5% de achiote).

FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
 INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
 SALUD (SELADIS)
 LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
 Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
 Resolución Ministerial No.017 7 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS LABORATORIO DE BROMATOLOGIA	CODIGO: 106403	
Informe N°:	023/2021		
Producto:	HUEVO ENTERO DE GALLINA 5 % DEACHIOTE		
Marca:	T3	Razón Social y/o Propietario	ANAHI BERNAL CALLE
Procedencia	GRANJA DE AVES DE COTACOTA CAMPUS UNIVERSITARIO , FACULTAD DE AGRONOMIA		
Muestreado	ANAHI BERNAL CALLE	FECHA: 2021/06/18	HORA : 09:00
Fecha de recepción muestra:	2021/06/18	Fecha de emisión de resultados:	2021/06/29
Fecha de inicio de ensayos:	2021/06/22		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	VALOR REFERENCIA	METODO DE ENSAYO
PROTEINA	g /100g	10,61,-	SVR	KJELDHAL
GRASA	g /100g	8,46,-	SVR	BARSHALL
CALCIO	mg /100g	42,95. -	SVR	VOLUMETRIA
VITAMINA C	mg /100g	404,50. -	SVR	VOLUMETRIA

NSD: No Se Detecta / SVR: Sin Valor de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica / <LD menor al limite de detección (<0.01 mg/L). * Valores referenciales del agua potable NB-512

Analista: Limachi Nelly


 Dra. María O. Torrez T.
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio. NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical