



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

LICENCIATURA EN INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

TESIS

**INCLUSIÓN DE CÁLIZ DE JAMAICA EN LA ALIMENTACIÓN DE AVES DE
POSTURA Y SU EFECTO SOBRE PARAMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD
DE HUEVO Y PIGMENTACIÓN DE YEMA.**

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

ROBERTO CARLOS GONZÁLEZ ROJAS

ASESOR

DR. en CARN. HÉCTOR HUGO VELÁZQUEZ VILLALVA

CO - ASESOR

DR. en CARN. JOSÉ FERNANDO VÁZQUEZ ARMIJO

TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2022

CONTENIDO

CONTENIDO	II
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE GRAFICAS	XI
RESUMEN	XIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
III. JUSTIFICACION	4
IV. HIPÓTESIS.....	5
V. OBJETIVOS.....	6
5.1. <i>General</i>	6
5.2. <i>Específicos</i>	6
VI. MARCO TEÓRICO	7
6.1. <i>Historia de la gallina de postura</i>	7
6.2. <i>Producción mundial de huevo para plato</i>	8
6.2.1. Producción nacional de huevo para plato.....	8
6.2.2. Principales estados productores de huevo para plato	8
6.2.3. Producción regional de huevo para plato	9
6.3. <i>Consumo mundial per cápita de huevo para plato</i>	9
6.3.1. Consumo nacional per cápita de huevo para plato.....	9
6.3.2. Importación nacional de huevo para plato	9
6.3.3. Exportación nacional de huevo para plato.....	10
6.4. <i>Sistemas de producción de aves de postura en México</i>	10
6.4.1. Sistema extensivo (pastoreo)	11
6.4.2. Sistema semi- intensivo.....	12
6.4.3. Sistema intensivo	13
6.5. <i>Clasificación de las gallinas de postura</i>	13
6.5.1. Líneas ligeras	15
6.5.2. Líneas semipesados.....	15
6.5.3. Líneas pesadas	15
6.6. <i>Etapas de producción de la gallina de postura</i>	16

6.6.1. Inicio	16
6.6.2. Desarrollo	16
6.6.3. Pre- postura.....	16
6.6.4. Postura	16
<i>6.7. Sistema digestivo de la gallina de postura.....</i>	<i>17</i>
6.7.1. Cavidad bucal.....	17
6.7.2. Esófago	17
6.7.3. Buche	17
6.7.4. Proventrículo (estomago glandular).....	18
6.7.5. Molleja (estomago muscular).....	18
6.7.6. Intestino delgado	19
6.7.7. Intestino grueso	20
6.7.8. Cloaca	20
<i>6.8. Aparato reproductivo de la gallina.....</i>	<i>21</i>
6.8.1. Ovario	21
6.8.2. Oviducto	22
6.8.3. Infundíbulo.....	22
6.8.4. Magnum.....	22
6.8.5. Istmo.....	22
6.8.6. Útero.....	23
6.8.7. Vagina	23
<i>6.9. Formación del huevo en la gallina</i>	<i>23</i>
6.9.1. Composición del huevo de gallina	25
6.9.2. Cascaron.....	27
6.9.3. Clara o albumen.	28
6.9.4. Yema	29
<i>6.10. Nutrición y alimentación de las gallinas de postura</i>	<i>30</i>
6.10.1. Proteínas y aminoácidos	30
6.10.2. Carbohidratos	31
6.10.3. Vitaminas.....	31
6.10.4. Minerales	31
6.10.5. Agua	31

6.10.6. Alimentación por etapas en la gallina de postura	32
6.11. <i>Pigmentos</i>	33
6.11.1. Clasificación de los pigmentos	33
6.11.2. Pigmentos artificiales.....	33
6.11.3. Pigmentos naturales	34
6.12. <i>Métodos de extracción</i>	36
6.13. <i>Cáliz Jamaica (Hibiscus Sabdariffa L.)</i>	38
VII. ANTECEDENTES.....	40
VIII. MATERIALES Y MÉTODOS	41
8.1. <i>Localización del área de estudio</i>	41
8.2. <i>Instalaciones</i>	41
8.3. <i>Equipo para realización del experimento</i>	43
8.4. <i>Material biológico</i>	44
8.4.1. Recepción de las aves.....	44
8.4.2. Distribución.....	45
8.4.3. Alimentación	46
8.5 <i>Fases experimentales</i>	48
8.6. <i>Tratamientos</i>	49
8.7. <i>Diseño experimental</i>	50
8.7.1. Análisis de varianza (ANOVA) completamente al azar.....	50
8.7.2. Modelo estadístico ANOVA completamente al azar	50
8.8. <i>Variables analizadas</i>	51
8.8.1. <i>Variables productivas</i>	51
8.8.1.1. Consumo de alimento promedio por día.....	51
8.8.1.2. Producción de piezas de huevo por semana.....	52
8.8.1.3. Peso de gallinas promedio por semana.....	52
8.8.1.4. Producción huevo semanal	53
8.8.1.5. Consumo de alimento semanal	53
8.8.1.6. Conversión alimenticia.....	54
8.8.1.7. Eficiencia alimenticia	54
8.8.2. <i>Variables de calidad de huevo</i>	55
8.8.2.1. Promedio pigmentación de cascaron	55

8.8.2.2. Promedio pigmentación de yema	55
8.8.2.3. Peso huevo.....	56
8.8.2.4. Alto huevo.....	57
8.8.2.5. Ancho huevo.....	57
8.8.2.6. Peso de yema.....	57
8.8.2.7. Alto de yema.....	58
8.8.2.8. Ancho de yema.....	59
8.8.2.9. Volumen de clara.....	60
8.8.2.10. Peso de clara.....	60
8.8.2.11. Peso cascaron	61
8.8.2.12. Grosor de cascaron	62
8.9. <i>Análisis de resultados</i>	62
IX. RESULTADOS.....	63
9.1. <i>Variables productivas</i>	63
9.1.1. Consumo de alimento promedio por día.....	64
9.1.2. Producción de piezas de huevo por semana.....	64
9.1.3. Peso de gallinas promedio por semana	65
9.1.4. Producción de huevo semanal	66
9.1.5. Consumo de alimento semanal	67
9.1.6. Conversión alimenticia.....	68
9.1.7. Eficiencia alimenticia	69
9.2. <i>Variables de calidad de huevo</i>	71
9.2.1. Pigmentación de cascaron de huevo.....	72
9.2.2. Pigmentación de yema de huevo	72
9.2.3. Peso del huevo.....	73
9.2.4. Alto del huevo.....	74
9.2.5. Ancho del huevo.....	75
9.2.6. Peso yema.....	76
9.2.7. Alto yema.....	77
9.2.8. Ancho yema.....	78
9.2.9. Volumen de la clara de huevo	79
9.2.10. Peso clara.....	80

9.2.11. Peso cascaron.....	81
9.2.12. Grosor cascaron	82
X. DISCUSION.....	84
XI. CONCLUSIONES	89
XII. RECOMENDACIONES.....	90
XIII. BIBLIOGRAFÍA.....	91
XIV. ANEXOS	97

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. Composición química del huevo.....	26
CUADRO 2. Composición química del cascaron de huevo.....	27
CUADRO 3. Composición nutricional del cáliz de jamaica.....	39
CUADRO 4. Composición nutricional del alimento comercial campi huevo.....	47
CUADRO 5. Contenido de proteína del alimento comercial al incluirle los diferentes porcentajes de cáliz de jamaica.	47
CUADRO 6. Resumen de las variables de parámetros productivos de tratamientos con inclusión de cáliz de jamaica en el alimento	63
CUADRO 7. Resumen de las variables de calidad de huevo de tratamientos con inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	71
CUADRO 8. Análisis de varianza para consumo de alimento promedio por día...	97
CUADRO 9. Análisis de varianza para promedio de piezas de huevo por semana	97
CUADRO 10. Análisis de varianza para peso de gallinas promedio por semana .	98
CUADRO 11. Análisis de varianza para producción de huevo semanal	98
CUADRO 12. Análisis de varianza para consumo de alimento semanal	99
CUADRO 13. Análisis de varianza para conversión alimenticia.....	99
CUADRO 14. Análisis de varianza para eficiencia alimenticia	100
CUADRO 15. Análisis de varianza para promedio pigmentación de cascaron ...	101
CUADRO 16. Análisis de varianza para promedio pigmentación yema.....	101
CUADRO 17. Análisis de varianza para peso de huevo	102
CUADRO 18. Análisis de varianza para alto de huevo	102
CUADRO 19. Análisis de varianza para ancho de huevo	103
CUADRO 20. Análisis de varianza para peso de yema	103

CUADRO 21. Análisis de varianza para alto de yema	104
CUADRO 22. Análisis de varianza para ancho de yema	105
CUADRO 23. Análisis de varianza para volumen de la clara.....	105
CUADRO 24. Análisis de varianza para peso de la clara	106
CUADRO 25. Análisis de varianza para peso de cascaron	106
CUADRO 26. Análisis de varianza para grosor de cascaron	107

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Nave de aves de la posta zootécnica del centro universitario uaemex temascaltepec.	41
FIGURA 2. Desinfección de la nave con mochila de aspersion 42	42
FIGURA 3. Tazones utilizados para la medición de la ración de alimento identificados con etiquetas de acuerdo al color de tratamiento y numero de jaula.	43
FIGURA 4. Recepción, identificación y pesaje de las aves a su llegada.	44
FIGURA 5. Distribución de las aves en la jaula de batería 45	45
FIGURA 6. Distribución de los tratamientos en la jaula de batería 45	45
FIGURA 7. Bultos de alimento comercial campi huevo etiquetados de acuerdo al nivel de inclusión del cáliz de jamaica.....	46
FIGURA 8. Gallinas de 16 semanas en piso durante la primera fase experimental 48	48
FIGURA 9. Asignación de gallinas a la jaula de batería a las 19 semanas para inicio de la segunda fase experimental.....	49
FIGURA 10. Jaulas enumeradas e identificadas con una etiqueta de color de acuerdo al tratamiento asignado.	50
FIGURA 11. Pesaje semanal de las gallinas.....	52
FIGURA 12. Medición colorimétrica del cascaron de huevo 55	55
FIGURA 13. Medición colorimétrica de la yema de huevo..... 56	56
FIGURA 14. Obtención del peso del huevo 57	57
FIGURA 15. Obtención del peso de la yema 58	58
FIGURA 16. Medición de la altura de la yema con el vernier digital 59	59
FIGURA 17. Medición del ancho de la yema con el vernier digital..... 59	59
FIGURA 18. Medición del volumen de la clara de huevo..... 60	60

FIGURA 19. Obtención del peso de la clara de huevo.....	61
FIGURA 20. Obtención del peso del cascaron de huevo.....	61
FIGURA 21. Medición del grosor del cascaron de huevo	62

ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. Proporción de los constituyentes básicos del huevo.....	26
GRAFICA 2. Consumo de alimento promedio por día de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	64
GRAFICA 3. Producción de piezas de huevo por semana de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	65
GRAFICA 4. Peso de gallinas promedio por semana de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	65
GRAFICA 5. Producción de huevo semanal de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	66
GRAFICA 6. Consumo de alimento semanal de las gallinas en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	67
GRAFICA 7. Conversión alimenticia de las gallinas en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	68
GRAFICA 8. Eficiencia alimenticia de las gallinas en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	69
GRAFICA 9. Pigmentación promedio de cascara de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	72
GRAFICA 10. Pigmentación de yema de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	73
GRAFICA 11. Peso del huevo de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	73
GRAFICA 12. Alto del huevo de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	74
GRAFICA 13. Ancho del huevo de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	75

GRAFICA 14. Peso de yema de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	76
GRAFICA 15. Alto de yema de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	77
GRAFICA 16. Ancho de yema de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	78
GRAFICA 17. Volumen de la clara de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	79
GRAFICA 18. Peso de la clara de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	80
GRAFICA 19. Peso del cascaron de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	81
GRAFICA 20. Grosor del cascaron de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.....	82

RESUMEN

El objetivo fue determinar inclusión de cáliz de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) en la alimentación de aves de postura y su efecto sobre parámetros productivos, calidad de huevo y pigmentación de yema, el experimento se realizó en la posta zootécnica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, se utilizaron 72 gallinas de la línea Lohmann Brown, distribuidos al azar en 4 tratamientos con 6 repeticiones. Los tratamientos fueron: Testigo T0, inclusión de Harina de cáliz de jamaica en el alimento al 1.5% (T1), 3% (T2) y 4.5% (T3). Se evaluó consumo de alimento promedio por día, producción de piezas de huevo por semana, peso de las gallinas promedio por semana, producción de huevo semanal, consumo de alimento semanal, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, pigmentación cascara, pigmentación yema, peso, alto y ancho huevo, peso, ancho y alto de yema, volumen y peso de clara, peso y grosor de cascara. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (The SAS System 9.0 For Windows), utilizando el ANOVA con el procedimiento GLM, para las variables que mostraron diferencias estadísticas significativas, se realizó la prueba de comparación de medias Tukey ($P < 0.05$). Las medias de las variables alto de huevo, peso de las gallinas promedio por semana fueron diferentes para el T0 y la media de la pigmentación promedio de cascara del T3 fue estadísticamente diferentes, las medias de las variables peso y ancho huevo, consumo de alimento promedio por día, producción de piezas de huevo por semana, producción de huevo semanal, consumo de alimento semanal, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, pigmentación yema, peso, ancho y alto de yema, volumen y peso de clara, peso y grosor de cascara fueron estadísticamente iguales entre los tratamientos. El uso de harina de cáliz de jamaica puede ser utilizado en una concentración de 4.5% incluido en el alimento para gallinas de postura Lohmann Brown, no mejora las variables productivas, pero mejora la pigmentación del cascara de huevo.

Palabras clave: Lohmann Brown, cáliz de jamaica, alimentación, pigmentación y postura

I. INTRODUCCIÓN

La avicultura en México representa el 63% de la producción pecuaria de la cual el 27.9% corresponde a la producción de huevo para plato. Según los modelos económicos indican que para el 2024 la avicultura mexicana producirá el menos el 74% de la oferta total de la proteína animal, el país también sobre sale al ser el principal consumidor de huevo para plato a nivel mundial, su consumo per cápita oscila entre los 20.8 Kg de huevo (SENASICA, 2019).

El huevo para plato representa un alimento de alto valor nutricional, alto en proteína de un bajo costo que le permite a la población adquirir este alimento con facilidad, sin embargo, como en todo, existe producto de diferentes calidades con lo cual permite al huevo llegar a mercados específicos diferenciando su valor.

El mercado asocia a la yema y el cascaron de huevo con un buen nivel de pigmentación, como un huevo de buena calidad, de colores de yema naranja o amarillo intenso, y de un color de cascaron rojizo o marrón oscuro, antes que un color pálido, lo cual se relaciona con gallinas bien alimentadas y saludables (Yalta, 2016)

Para lograr una pigmentación aceptable es necesario implementar altos niveles de ingredientes específicos en la dieta como el maíz amarillo, el cual por su nivel elevado de carotenoides logra tener efecto en el color de la yema, sin embrago usar esto ingredientes en la dieta ocasiona que los costos de la dieta se aumenten y por lo tanto la producción se encarezca, por lo tanto, es necesario buscar alternativas de alimentación que implementen insumos más económicos con igual o mayor capacidad pigmentadora (Yalta, 2016).

Muchas de las empresas dedicadas a la alimentación y nutrición animal, específicamente gallinas de postura adicionan pigmentos químicos o naturales al alimento para mejorar la pigmentación de la yema, pero existe un problema, dado que le consumidor actual está optando por adquirir productos más naturales, por esta razón resulta importante utilizar insumos naturales, que te permita tener una coloración natural en las yemas y cascara, por tal razón, el uso de colorantes

naturales como el cáliz de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*), utilizado como planta medicinal e industrial, es buena opción; ya que los pigmentos sintéticos artificiales en los alimentos están siendo cuestionados por los consumidores a causa de los efectos nocivos para la salud (Maguregui, 2020).

Por lo antes mencionado, en este trabajo mediremos el efecto en la pigmentación de yema de huevo, cascara de huevo y respuesta productiva que tendrá la inclusión de la harina de cáliz de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) en diferentes porcentajes en el alimento, suministrado en gallinas de la línea Lohmann Brown bajo un sistema de producción intensivo, utilizando alimento comercial de la marca campi huevo con 16% de proteína, la harina será incluida como un aditivo que no altere el porcentaje de proteína que trae el alimento.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años el color de los alimentos ha tomado gran importancia para el consumidor debido a que llama la atención del consumidor y por lo tanto este tiende a consumir alimentos con colores más llamativos, por tal motivo el uso de los pigmentos en la industria alimenticia se ha vuelto una herramienta importante para los productores con ello han logrado incrementar la venta de sus productos en diferentes mercados que exigen un producto de calidad.

Para el caso del huevo, principalmente el color la yema es uno de los aspectos más importantes desde el punto de vista del consumidor, este se trata de un aspecto organoléptico indispensable para la aceptación del público que lo consume ya que este lo relaciona con la calidad del mismo. Es importante tanto el color de la yema como la uniformidad del color que pueda tener el cascaron para del caso del huevo marrón (Maguregui, 2020).

El color es un factor que puede ser modificado, realizando una inclusión de pigmento en la alimentación de las ponedoras, estos pigmentos no tienen efecto sobre el valor nutricional del huevo.

En la actualidad existen una gran cantidad de diferencias entre los colores de yema preferidos por los diferentes países, por lo tanto, se han desarrollado múltiples colorantes sintéticos y naturales para abarcar dicha gama de colores, algunos de estos pigmentos naturales son los carotenos y las xantofilas los cuales se pueden encontrar en diferentes frutos y flores como el cempasúchil y la zanahoria.

Sin embargo es de mucha importancia seguir buscando alternativas de alimentación que logren obtener los mismos y/o mejores resultados en la pigmentación de yema y también del cascaron de huevo para el caso del huevo marrón, de tal manera que la Jamaica puede resultar un ingrediente que logre estos objetivos así estaríamos hablando de un nuevo pigmento que se podría usar en la alimentación de gallinas de postura y que le sea benéficos para los productores logrando alcanzar nuevos mercados más exigentes con la calidad de los productos que compran.

III. JUSTIFICACION

A medida que la población aumenta la demanda de alimentos saludables y de mejor calidad se va haciendo más importante, el huevo al ser un alimento cotidiano y que está presente dentro de la canasta básica de la población debe contar con estas características saludables que le den al consumidor la seguridad de que está comprando un producto saludable y nutritivo.

Para el productor es siempre importante buscar alternativas en alimentación, instalaciones, sanidad u otros aspectos que intervienen en la producción, que le permitan obtener mayores ingresos con base a la mejora de sus productos que el ofrece al mercado, al igual que mantener a sus animales en buen estado y sanos ya que estos son los quienes generan los ingresos a la unidad de producción, hoy en día se ha creado una tendencia por la producción de huevos rojos o de rancho como mayormente se les conoce, se trata de aves criadas bajo sistemas semi-extensivos, alimentadas con forraje y un suplemento a base de diferentes ingredientes como granos y minerales, ocasionando que los huevos obtenga mejores valores nutritivos y de mejor aspecto hacia el consumidor, lo cual permitirá tener un valor monetario mayor a los demás.

La calidad interna del huevo es extremadamente importante debido a sus múltiples propiedades funcionales y estéticas. Por ejemplo, los huevos se utilizan como agentes espesantes en flanes y pudines. Las claras de huevo se usan como agentes suavizantes para dar a los helados una textura deseable y las yemas se emplean añadir color y sabor a los alimentos (Reyes, 2002).

De esta forma sería interesante y recomendable evaluar el efecto que puede tener el cáliz (flor) de Jamaica en la alimentación de aves de postura, buscando, obtener un nuevo ingrediente que se pueda usar en las dietas, que le permita dar al huevo una pigmentación en la yema, así como una mejoría en los otros componentes del mismo, que sean más atractivos para los consumidores y que puedan darle un mejor precio al producto.

IV. HIPÓTESIS

La Inclusión de diferentes niveles de cáliz de Jamaica (0%, 1.5%, 3% y 4.5%) en la alimentación de aves de postura en sistema intensivo tendrá un efecto sobre los parámetros productivos, calidad de huevo y pigmentación de yema.

V. OBJETIVOS

5.1. General

Determinar el nivel de cáliz de Jamaica en la alimentación de aves de postura en sistema intensivo que mejore los parámetros productivos, calidad de huevo y pigmentación de yema.

5.2. Específicos

- Acondicionar las instalaciones, para las gallinas y así poder llevar acabo el experimento.
- Adicionar los diferentes niveles (0%, 1.5%, 3% Y 4.5%) de inclusión de cáliz de Jamaica en la alimentación.
- Evaluar la respuesta productiva de las aves que fueron sometidas a los tratamientos.
- Evaluar diferentes variables de la calidad de huevo como (peso de yema, peso clara, grosor de cascaron y peso de huevo).
- Evaluar el efecto en pigmentación de yema y huevo de acuerdo con los diferentes niveles de inclusión del cáliz de Jamaica.
- Determinar cuál es el nivel de inclusión en las raciones que proporcione mejores resultados para los productores en sistemas intensivos.

VI. Marco teórico

6.1. Historia de la gallina de postura

La historia de las aves de postura enmarca un gran número de teorías sobre su aparición y la domesticación realizada por el hombre, pero la gran mayoría de estas apuntan a que su origen y domesticación ocurrió en el sudeste asiático, donde hoy comprenden los países de Tailandia y Vietnam, hace 8000 años, (García, 2017) menciona que la avicultura debe mucho más a los antiguos Egipcios, ya que fueron los que descubrieron la incubación artificial y la aplicaban con un criterio industrial.

Conforme se fue dando el crecimiento de la población y la economía, muchos de los productores comenzaron a ver a las aves domésticas como un negocio del cual podrían sacar buenos ingresos económicos, pero no fue hasta finales del siglo XIX cuando en los E.E.U.U un grupo de productores comenzó la comercialización a gran escala el pollo parrillero o pollo doble pechuga, a partir de este suceso se consideró a la avicultura como una explotación rural.

Posteriormente la avicultura comenzó a tomar un lugar importante dentro del mercado internacional y dentro de la alimentación de la población, así fue como varios países del continente europeo y asiático comenzaron a modificar la manera de producir, hasta lograr que la avicultura se considerara como una industria por el nivel de tecnificación, mejoramiento de animales, mercado y alimentación empleada en dicha industria.

Debido a la demanda de alimentos los productores de aves se fueron enfocando en producir un producto en específico, carne o huevo, así es como surgen diferentes líneas de aves de corral, teniendo en cuenta de que algunas aves poseen características especiales para producir huevo y otras a su vez para producir carne. Las razas de gallinas se dividen entre ponedoras (utilizadas principalmente para la producción de huevos), de engorde (para carne), las razas de doble propósito (carne y huevos), las razas de lucha y las ornamentales. (FAO Y Alders, 2005)

6.2. Producción mundial de huevo para plato

A lo largo del mundo el sector avícola sigue creciendo e industrializándose debido a un alto crecimiento demográfico, el aumento del poder adquisitivo y la urbanización, las nuevas tecnologías en temas de reproducción han dado paso a tener aves con fines específicos y especializados, ocasionando que cada vez sean más productivas, aunque su manejo requiera de expertos en el tema. De acuerdo con (FAO, 2022) China es, con merito, el mayor productor mundial de huevos, con el 37% de la producción mundial, seguido de los Estados Unidos de América con el 7% y la India con el 6%. Para atender la demanda entre 1961 y 2019, la producción de huevos aumento de 15 a 90 millones de toneladas, además de que la producción mundial de huevos se elevó al 150%, en las ultimas 3 décadas, dicho crecimiento tuvo registro en Asia donde se cuadruplicó su producción.

6.2.1. Producción nacional de huevo para plato

Durante el año 2021 en México la producción de carne de ave se estimó en una cantidad de 3.65 millones de toneladas, 2% más que en 2020, mientras que la producción de huevo para plato fue de 3.05 millones de toneladas, lo cual reflejo un crecimiento 1.1% superior a la del año pasado, con estos números, México se encuentra dentro del ranking mundial como el cuarto productor de huevo para plato (SADER, 2021).

6.2.2. Principales estados productores de huevo para plato

En México durante los últimos 11 años han sido los estados de Jalisco con 1,631,703 toneladas, Puebla con 481,150 toneladas, Sonora con 155,149 toneladas y Nuevo León con 86,623 toneladas, quienes encabezan la producción de huevo para plato, se calcula que entre los tres primeros aportan el 74.8% de la producción nacional. (SIAP, 2021)

6.2.3. Producción regional de huevo para plato

En el Estado de México se calcula que anualmente hay una producción de huevo cercana a las 15 mil toneladas, con un inventario mayor a los 2,865,176 aves y al menos 11 granjas especializadas en la producción de huevo para plato, los demás corresponden a granjas en pequeña escala, junto con la capital del país, el Estado de México son dos de las entidades con el mayor consumo de este producto , esto se debe a muchos factores como su gran número de población y lo económico que resulta adquirir esta proteína a comparación de otras como las carnes de res o cerdo (Mata, 2021)

6.3. Consumo mundial per cápita de huevo para plato

México ocupa el primer lugar en consumo per- cápita de huevo fresco a nivel mundial, en 2020 se registró un consumo de 22.95 kg. y para 2021 llego a 23 kg per- cápita. En el periodo de 2008 a 2019 se registró un crecimiento de 21% con una Tasa de Crecimiento Anual de 1.97% en seguida de México se encuentra Rusia en segundo lugar con 18.44 kg; en tercer lugar, Colombia con 18.31 kg; en cuarto lugar, Argentina con 16.94 kg y en el quinto lugar a Nueva Zelanda con 14.69 kg (UNA, 2021).

6.3.1. Consumo nacional per cápita de huevo para plato

El promedio de consumo per cápita para el país es de aproximadamente 23, 60 kilos por persona en el 2020 mientras que para el 2021 subió a los 24,40 kilos de huevo por persona al año, siendo uno de los productos preferidos en la dieta mexicana, con un alto valor nutricional. Con estas cifras el país se ubica como el primer lugar en el consumo de huevo fresco a nivel mundial. (OMECEGA, 2021)

6.3.2. Importación nacional de huevo para plato

Para México, en el tercer mes del 2021 importo 3 mil 903 toneladas de huevo, 1088 toneladas más respecto a marzo de 2020, este volumen junto con el observado entre enero y febrero conforman un total acumulado cercano a las 12 mil toneladas,

mientras que para el periodo de abril- diciembre las importaciones alcanzaron una cifra de 26 mil toneladas, por lo tanto, al finalizar el año se reflejaron compras de 38 mil toneladas aproximadamente, los países proveedoras para México son Estados Unidos, Argentina y en algunas veces Dinamarca quien en ocasiones realiza ventas esporádicas hacia el país (SIAP, 2021).

6.3.3. Exportación nacional de huevo para plato

El pronóstico para las exportaciones de huevo y sus derivados, es que se recuperaran a 120 mil toneladas en 2022, un 50% más que en 2021, sin embargo, a medida que continua la acumulación de consumidores y minoristas, la demanda interna sigue consumiendo el producto exportable, actualmente México mantiene protocolos de exportación de ovoproductos con Japón y la Unión Europea (Lara, 2021).

6.4. Sistemas de producción de aves de postura en México

Un sistema de producción se refiere al proceso por medio de los cual ciertos elementos son transformados con el fin de que puedan ser utilizables. (Hopeman, 1994) menciona que un sistema de producción se puede ver como la armazón o el esqueleto de las actividades dentro del cual puede ocurrir la creación de un valor. Entonces tenemos que, en un extremo del sistema se encuentran los insumos o entradas y en el otro están los productos o salidas, al unirse y conectarse las entradas y salidas existe una serie de operaciones o procesos, inspecciones y almacenamientos.

Una vez dicho esto, podemos entender que un sistema de producción avícola se compone de un sistema de producción continua, en el cual las operaciones y el diseño dependen de las necesidades básicas de la producción, es decir que el sistema debe estar diseñado para un volumen de productos estandarizados en una línea de producción creada específicamente para manejar cierta magnitud de producción. Por esto es que los sistemas de producción avícola se clasifican

conforme a la cantidad de terreno disponible para las aves, nivel de tecnificación en las instalaciones y del capital invertido, como son:

6.4.1. Sistema extensivo (pastoreo)

Es el sistema más económico que puede haber debido a que la inversión es mínima tanto en instalaciones como en alimentación tal vez esta sea la mayor ventaja que tiene, aquí las aves deambulan libremente por las inmediaciones de la casa del dueño en busca del alimento, se albergan bajo una estructura sencilla donde pasan la noche o debajo de algún árbol o arbusto, las gallinas realizan sus nidos entre la maleza o arbustos donde ponen sus huevos y solo algunos logran eclosionar. Al momento en que nacen los polluelos estos se tiene que valer por sí mismos, tiene que defenderse, alimentarse y cuidarse ellos mismos. La alimentación que reciben las aves por parte del productor se basa principalmente de granos como el maíz o bien desperdicios de comida como tortillas o verduras, sin embargo, estos sistemas tienden a carecer de aspectos sanitarios, en ellos proliferan enfermedades que afectan a las aves a su vez afectan la calidad del producto como el huevo y la carne.

- **Ventajas:**

Los costos en alimentación e instalaciones son mínimos.

Las gallinas sufren de un menor estrés.

En la época de lluvias las gallinas tienen abundantes pastos.

El estiércol sirve como abono orgánico para el suelo.

- **Desventajas:**

Las aves son presa fácil para sus depredadores.

Las gallinas son fáciles de contraer enfermedades.

La calidad física del huevo disminuye debido a que hay un mayor número de huevos sucios además de que se pierde un gran número de ellos debido a las dificultades que presenta su recolección.

Se requiere una cantidad considerable de terreno.

6.4.2. Sistema semi- intensivo

Se caracteriza por ser una combinación de pastoreo y estabulación es decir las gallinas salen unas horas a pastorear, posteriormente son introducidas nuevamente al gallinero a pasar la noche y donde son alimentadas con algún tipo de alimento balanceado además de que se le suministra agua a libre acceso. En este tipo de sistemas el pastoreo se hace de manera controlada, con un cierto número de potreros delimitados por un cerco o maya, de esta manera se logra que los potreros se mantengan en un sistema de rotación para evitar el desgaste excesivo de los mismos, además de la densidad de población tiene que ser justa para que el pasto logre rendir, para ello se recomienda una densidad de población de 1 m² /gallina. Las instalaciones deben contar con comederos, bebederos y nidales, los pisos pueden ser de cemento o bien de tierra con una respectiva cama de viruta, cascarilla de arroz o paja para mantener a las gallinas secas evitando posibles enfermedades y en tiempos de lluvias, para que las patas cubiertas de fango no manchen en cierta proporción los huevos de barro (Gómez, 2015)

- **Ventajas:**

Las instalaciones pueden ser diseñadas al mínimo costo, pero procurando que sean funcionales.

Las aves y el huevo se encuentran bajo una mejor seguridad contra depredadores.

El costo de alimentación se reduce considerablemente gracias al pastoreo.

- **Desventajas:**

En ocasiones el huevo sigue saliendo sucio

Las enfermedades aún se encuentran presentes en un número considerable principalmente las parasitarias.

Se debe contar con una extensión de tierra considerable.

6.4.3. Sistema intensivo

Este sistema comprende jaula y piso, en él se aprovecha al máximo con el que cuenta el productor ya que se tiene un mayor número de aves por m², debido a esto se tiene un mejor manejo de la parvada y por lo tanto se tiene una mayor y mejor producción. Las instalaciones suelen tener un mayor nivel de tecnificación, por ellos las aves se encuentran bajo un mejor abrigo, protección y cuidado, así se mantiene un bajo porcentaje de mortalidad, además de que, en este tipo de sistemas, la sanidad y bioseguridad es un punto primordial para evitar y contener enfermedades. La alimentación se basa principalmente de alimento balanceado elaborado de granos como maíz, sorgo, soya o bien alimento comercial.

- **Ventajas:**

- Hay un mejor control en la alimentación y enfermedades.

- Mayor número de gallinas por m²

- Menor porcentaje de mortalidad

- Un producto de mejor calidad

- Mayor producción

- **Desventajas:**

- Se requiere de una mayor inversión, las instalaciones deben tener una mayor tecnificación.

- Los costos en alimentación se aumentan, además de que se aumentan los costos por los servicios como luz y agua.

- Se requiere de capacitaciones por parte de técnicos para su buena administración y manejo.

6.5. Clasificación de las gallinas de postura

Alrededor del mundo existen numerosas razas y líneas de gallinas de postura, pero solo son algunas las que se han logrado adaptar a los sistemas de producción que se emplean actualmente dado que se han hecho más exigentes en producción refiriéndose a una mayor producción en un menor tiempo. Dichas razas de gallinas tienen características diferentes que sobre salen de las demás como una mejor

adaptabilidad al ambiente en son sometidas, mejor aprovechamiento del alimento, resistencia a enfermedades, alta viabilidad, calidad de huevo, entre otras más

Este tipo de aves son el resultado de una meticulosa selección genética haciendo que el alimento que consuman se dirija específicamente a la producción de huevos (como promedio 300 o más huevos al año) comparadas con su antepasado salvaje que sólo ponían entre 5 y 6 huevos (Ballina G y Bencomo, 2008)

Son animales de mucho cuidado, su alimentación debe de constar de ingredientes perfectamente balanceados, dependiendo a la etapa y requerimientos nutricionales que las gallinas, la sanidad requiere de un control estricto, al igual que las instalaciones deben de contar con las condiciones ambientales óptimas como humedad, temperatura y ventilación para que estas puedan tener un desarrollo y productividad ideal.

- Clasificación taxonómica de la gallina

Reino: Animal

Sub- reino: Metazooa

Tipo: Vertebrados

Clase: Ovíparo

Orden: Galliformes

Familia: *PHasianidae*

Género: Gálidos

Especie: *Gallus*

Según (Vargas, 2015) las aves comerciales que actualmente se encuentran en las unidades de producción son el resultado de los cruces entre aves pertenecientes a unas pocas razas selectas manejadas especialmente para producir aves de alto rendimiento productivo. A este resultado se le conoce como línea y podemos encontrar tres tipos distintos.

6.5.1. Líneas ligeras

En este grupo encontramos a las gallinas Leghorn especialmente su variedad blanca originaria de Italia, pero que su selección ha sido por ingleses y americanos, también encontramos a la Babcock (blanca y café), Hy lyne (blanca y café), Lohmann y Bovans (blanca, negra y café), son gallinas catalogadas como ponedoras por excelencia (Vargas, 2015). El peso de estas gallinas a las 17 semanas es de 1350 gr como máximo y su potencial productivo es superior a los 310 huevos en un año de postura.

6.5.2. Líneas semipesados

Se les conoce como aves doble propósito, son buenas para generar carne y también huevo. Las principales de origen americano son la Plymouth Rack, Rhode Island, New Hampshire y Wyandotte, en las de origen inglés encontramos a la Sussex (Vargas, 2015). El peso de estas aves llega a ser de 1400 – 1500 gr a las 17 semanas y llegan a producir 290 a 300 huevos en un año de postura.

6.5.3. Líneas pesadas

Este grupo de gallinas es el mejor para obtener carne en poco tiempo que a comparación de las demás razas por eso es que este tipo de aves son las más utilizadas en la industria de la carne entre ellas podemos encontrar a la Ross, Brahma, Boiler, Cobb y Cornish, el peso de estas gallinas a los 28 días llega a ser de 1,397 gr mientras que a los 48 días puede ser de 2,650 gr o más mientras que la producción de huevo resulta ser bajo, 160 a 180 huevos en un año de postura.

6.6. Etapas de producción de la gallina de postura

6.6.1. Inicio

Comienza en el día 1 a la 8ª semana de vida, en esta etapa se desarrollan totalmente sus órganos vitales y por ello su alimentación requiere una alta cantidad de proteína

6.6.2. Desarrollo

Inicia en la 9ª semana hasta la 16ª durante este periodo de tiempo se produce el desarrollo del esqueleto óseo, muscular e intestinal, por tal motivo se incorporan fuentes de fibra a la alimentación (Solla, 2015).

6.6.3. Pre- postura

Esta etapa se da en la semana 17 y 18 de vida de la gallina de postura, estas semanas son importantes si queremos obtener aves bien conformadas para la producción de huevos ya que en dichas semanas las aves terminan el desarrollo de los órganos más importantes para la producción de huevo, los cuales son el ovario, oviducto, hígado y el hueso medular, en este último funcionara como la reserva de calcio para la formación de la cascara de huevo. Todo esto es importante para que las parvadas produzcan huevos en cantidad y de buena calidad durante la etapa de postura (Solla, 2015).

6.6.4. Postura

Este periodo es el más importante y se divide en tres etapas, prepico de postura, fase 1 y fase 2, diferenciadas en los requerimientos nutricionales por las aves y la postura en su tamaño de huevo.

Prepico de postura: Como su nombre lo indica es antes del pico de postura. La gallina requiere alta proteína y energía moderada. El consumo se incrementa gradualmente hasta llegar al tope de consumo diario requerido para la línea genética de las aves. Se extiende desde el inicio de la postura hasta la semana 34.

Fase 1: Etapa que comprende desde el pico hasta el 85% de producción. Aproximadamente se sostiene hasta la semana 54.

Fase 2: Etapa que comprende desde 85% de producción hasta el final de la vida productiva de la gallina que puede llegar entre 80 y 90 semanas (Solla, 2015).

6.7. Sistema digestivo de la gallina de postura

6.7.1. Cavidad bucal

En la cavidad bucal de las aves no existe una separación neta entre la boca y la faringe, dentro de la cavidad bucal existen una gran cantidad de glándulas salivares. La cantidad de saliva segregada por una gallina adulta ronda entre los 12 ml en un lapso de 24 horas, como físicas la saliva presenta un color gris lechoso- claro, con un olor algo pútrido, su PH es ligeramente ácido con un promedio de 6,75, las enzimas contenidas son la amilasa salival, y una pequeña cantidad de lipasa (Masaquiza, 2012).

6.7.2. Esófago

Se encuentra situado al principio, se extiende a lo largo del lado inferior del cuello sobre la tráquea, dirigiéndose hacia abajo del lado derecho en el tercio superior de este. Posteriormente se sitúa en el borde anterior derecho donde únicamente está recubierto de piel hasta la entrada de la cavidad torácica, tiene como característica ser amplio y dilatado, ideal para ingerir los voluminosos alimentos sin masticar (Masaquiza, 2012).

6.7.3. Bucho

Este órgano, se caracteriza por contar con esfínteres voluntarios para el ingreso y salida de los alimentos, cumple funciones importantes para la digestión de los alimentos consumidos por las gallinas, entre ellas hay dos que sobresalen: almacenamiento de alimento para el remojo, humectación, maceración de los mismos y regulación de la repleción gástrica. En el bucho solo se absorben

sustancias como agua, cloruro sódico y glucosa. La reacción del buche es siempre acida con un PH de 5, el tiempo que se alberga el alimento en el buche es de aproximadamente dos horas para posteriormente pasar al estómago glandular o proventrículo (Masaquiza, 2012).

6.7.4. Proventrículo (estómago glandular)

Se trata de un órgano ovoide, situado a la izquierda del plano medio, en posición craneal con respecto al estómago muscular, se estrecha ligeramente antes de su salida hacia el estómago muscular. Consiste en conducto de tránsito para los alimentos que proceden del buche y van para la molleja, la mucosa del proventrículo contiene glándulas bien desarrolladas, de tipo único, se segregan HCL (ácido clorhídrico) y pepsina. Este órgano está recubierto por el peritoneo, posteriormente esta la túnica muscular, compuesta por una capa externa, muy fina, de fibras longitudinales y de otra interna, de fibras circulares (Masaquiza, 2012).

6.7.5. Molleja (estómago muscular)

Este órgano tiene un PH de 4.06, por lo que tiene una reacción acida, es desproporcionadamente grande y ocupa la mayor parte de la mitad izquierda de la cavidad abdominal. Su forma es redondeada y presenta sus lados aplanados. En esta parte no se agrega jugo gástrico. Las partes principales son los dos músculos principales, los cuales son la túnica muscular y la capa cornea, unidos por ambos lados por una aponeurosis de aspecto blanco-azulado. Por su adaptación al tipo de alimento, la molleja de las aves granívoras se caracteriza por ser fuerte y bien desarrollada.

Los movimientos de la molleja son de carácter rítmico, de tal forma que aparece una contracción de los dos músculos principales asimétricos que se presionan mutuamente, así es que los alimentos que están situados entre ambos músculos resultan fuertemente comprimidos y al mismo tiempo aplastados y molidos, siendo esto la principal función de la molleja, su eficacia en esta actividad se puede

incrementar debido a la presencia en su interior de pequeñas que ingiere la gallina y que estos funcionan como dientes (Masaquiza, 2012).

6.7.6. Intestino delgado

El intestino delgado se extiende desde la molleja, hasta la unión con el intestino grueso, en este órgano se produce la digestión mediante las enzimas producidas por la mucosa del intestino y el páncreas; y la absorción de los nutrientes. El intestino delgado se divide en tres porciones anatómicas.

- Duodeno

El PH de esta sección es ligeramente acida con 6.31, por lo que posiblemente el jugo gástrico realiza aquí la mayor parte de su acción, este sale del estómago muscular (molleja) por su parte derecha, para posterior doblar hacia el lado izquierdo en el extremo de la cavidad. Se sitúa encima del primer tramo duodenal y se dirige hacia adelante y arriba, formando un asa intestinal. Entre ambos tramos de dicha asa se encuentra el páncreas o glándula salivar abdominal (Masaquiza, 2012). El duodeno termina donde finaliza la asociación con el páncreas (Godoy, 2014).

- Yeyuno

Este órgano se extiende hasta el divertículo vitelino, la mucosa intestinal de esta sección contiene vellosidades que aumentan la absorción de los nutrientes, las vellosidades están irrigadas con gran cantidad de capilares que toman los nutrientes y los transportan hacia el hígado mediante la vena porta. Presenta un PH de 7,04 (Masaquiza, 2012).

- Íleon

Presenta una estructura estirada, simple, cilíndrico, musculo liso y se encuentra en el centro de la cavidad abdominal, su principal función es la absorción de nutrientes digeridos y la producción de enzimas que completan el procesado de los alimentos,

aquí se absorben las vitaminas B12 y la mayoría de las sales biliares, el PH que aquí se encuentra es de 7.59 en esta sección localizan las glándulas de Liberkuhn (Vargas, 2015)

6.7.7. Intestino grueso

El intestino grueso, anatómicamente y fisiológicamente se subdivide en tres porciones. Estos son:

- Ciego

Las gallinas poseen dos ciegos, estos son dos tubos con extremidades ciegas, que se originan en la unión del intestino delgado y el recto y se extiende oralmente hacia el hígado. El PH del ciego izquierdo ronda en 7.12, mientras que el PH del ciego derecho esta en 7.08, la parte más ancha de los ciegos se ubica en la porción final. Se sabe que la principal función de los ciegos es el de la absorción y que va de la mano con la digestión de la celulosa, debido a que en este sitio se produce la fermentación microbiana de la fibra (Masaquiza, 2012).

- Colon- Recto

Es la última parte del intestino grueso antes de unirse con la cloaca, a pesar de que el colon es muy corto realiza muchas funciones importantes, a él llega el producto de la digestión del intestino delgado, para llevar acabo la absorción del agua y las proteínas del alimento. Presenta un PH de 7.38, siendo estas las últimas dos porciones del intestino grueso. (Masaquiza, 2012)

6.7.8. Cloaca

Es el órgano de finalización del tubo digestivo, en el terminan los aparatos urinarios y reproductores, así como el aparato digestivo, se divide en dos compartimientos:

- Urodeum (tracto final urinario y genital)

Es un poco más corto que el coprodeum, mide aproximadamente 1 cm, contiene las aberturas distales de los ureteres y genitales, aquí se vierte la orina de los dos riñones y excrecencias del conducto reproductivo; la mucosa está cubierta de una serie de pliegues irregulares (Vargas, 2015).

- Coprodeum (tracto final digestivo)

Se trata del lugar donde se eliminan las heces fecales; presenta una mucosa recubierta de vellosidades más pequeñas que las del recto y a su vez más abundantes (Vargas, 2015).

6.8. Aparato reproductivo de la gallina

El aparato reproductor de la gallina está constituido por una serie de órganos, los cuales son: ovario, oviducto, útero y vagina. De acuerdo con (Angulo, 2009) el aparato reproductor de la gallina se divide en dos partes de mayor importancia las cuales son el ovario y el oviducto, ya que dichas partes son las que diferencian el sexo del embrión a partir del séptimo día. En ese momento los embriones que serán hembras comienzan a desarrollar la gónada izquierda, mientras que la derecha se reduce o se atrofia debido a que carece de epitelio gonadal.

También se considera como impar debido a que las gallinas al llegar a su etapa adulta solamente el ovario y el oviducto izquierdo son funcionales (Caravaca *et al.*, 2003) esto no quiere decir que los órganos del lado derecho no estén presentes, si no que más bien no se logran desarrollar y por lo tanto no entran en actividad.

6.8.1. Ovario

El ovario izquierdo es el único funcional de la gallina, este se encuentra situado en la cavidad abdominal izquierda y está sujeto por ligamento meso ovárico, es un órgano de aspecto arracimado, esto se debe a la presencia de un gran número de folículos en diferentes estados evolutivos. Presenta un gran riego sanguíneo a través de la arteria renal anterior, la sangre que circula de regreso la hace por las venas ováricas que desembocan en la vena cava superior, el ovario también

dispone de una inervación muy desarrollada. La unión de los folículos al ovario se realiza por medio de los pedículos y que a través de ellos los vasos sanguíneos transitan (Angulo, 2009).

6.8.2. Oviducto

Se trata de un órgano en forma tubular, hueco y flexuoso, es largo (30 – 70 cm de longitud) corneado, y para poder alojarse dentro de la cavidad abdominal del ave se enrolla en forma de espiral (Vaca, 2003).

Este órgano está suspendido por un ligamento dorsal y otro ventral, se extiende desde el ovario hasta la cloaca, presenta una coloración rosa pálido, a veces se puede encontrar una involución de oviducto derecho y en otras ocasiones se pueden observar ambos oviductos bien desarrollados. Dentro de este órgano también encontramos secciones, en dichas secciones se llevan a cabo funciones específicas que ayudan en el proceso de formación del huevo (Angulo, 2009).

6.8.3. Infundíbulo

Es el primer segmento del oviducto, es una zona de una textura muy fina, prácticamente transparente, tiene una forma de embudo o paraguas invertido (Sevilla, 2015). En esta parte es donde ocurre la fecundación, aquí es donde llega la yema una vez desprendida durante la dehiscencia folicular con un tiempo de duración de 15 a 30 minutos.

6.8.4. Magnum

Este segmento presenta grandes pliegues y resulta ser el más largo, dispone de una gran elasticidad, grandes cantidades de células y glándulas secretoras (Sevilla, 2015). La duración del huevo en esta zona es de tres horas.

6.8.5. Istmo

Se reconoce fácilmente debido al pequeño diámetro de este segmento, dispone de pliegues menos asentados que el segmento anterior además de presenta en

primera parte una parte más blanquecina que la parte final debido a su nivel de vascularización (Sevilla, 2015). En esta parte se desarrollan las membranas testáceas internas y externas que cubren la masa albuminogena del huevo. La duración del huevo en esta zona es de 70 a 80 minutos.

6.8.6. Útero

Este segmento presenta una peculiar forma de gran diámetro, con un gran espesor de sus paredes musculares, su mucosa es de coloración rojiza y la presencia de varios pliegues en distintas direcciones (Sevilla, 2015). En esta parte se encuentran las glándulas cascarógenas o calcíferas responsables de la formación del cascaron del huevo, por último y en la porción final de este segmento el huevo es cubierto por una cutícula que rodea al cascaron, esto ocurre durante los últimos minutos de permanencia. La permanencia del huevo en esta zona es alrededor de 20 a 22 horas.

6.8.7. Vagina

Este segmento presenta una pared interna con pliegues longitudinales, pero destaca la ausencia de glándulas secretoras, une al útero con la cloaca, dentro de esta sección existe una zona estrecha llamada “unión útero-vagina” el cual tiene un papel muy importante en progresión y conservación de los espermatozoides (Sevilla, 2015).

6.9. Formación del huevo en la gallina

El oviducto a través de sus diferentes segmentos realiza como función principal el completar la formación del huevo. En promedio deben transcurrir 24 -26 horas desde la ovocitacion hasta que sale expulsado a través de la cloaca (Caravaca *et al.*, 2003).

De acuerdo con (Vaca, 2003) el proceso de formación del huevo se lleva a cabo de la siguiente manera: Inicia cuando la yema madura, portadora del disco germinal, recibe a la hormona luteinizante (LH), secretada por la pituitaria y se desprende del

folículo que la contiene. En ese momento la yema solo está cubierta por una membrana llamada “membrana Vitelina o saco de la yema”, posterior a esto pasa al infundíbulo que es la primera parte del oviducto.

Del infundíbulo pasa al mágnium por medio de movimientos peristálticos, una vez en magnum o también llamado cámara albuminifera, la yema comienza a ser cubierta por las primeras capas de la clara espesa o albumina el cual constituye aproximadamente la mitad de la clara total de huevo. Esta clara espesa de huevo está constituida principalmente por mucina, a partir de esta, la adición de agua y el movimiento de la yema en el oviducto se forman las chalazas, estas se tratan de una especie de ligas de clara retorcida espesa, el cual sostiene a la yema en su posición central cuando el huevo se está formando. De igual forma en el magnum se forman las dos capas de clara (fluida interna y externa).

Posterior al magnum, la yema en conjunto con las capas de clara formadas pasa al istmo, donde se rodea por las membranas albuminifera y testácea o mejor conocidas como membranas de la cascara, formadas por material poroso y flexible de naturaleza proteica. En esta parte el huevo aún no ha adquirido su volumen final, por lo que el cascaron que rodea al material interno tiene un aspecto de bolsas semi-llenas de agua.

Del istmo pasa al útero, con lo que se allá formado hasta ese momento, donde las membranas de la cascara son de material poroso, el cual por un proceso de osmosis dejan pasar sales y agua al interior del huevo. Así finaliza la formación del contenido al interior del huevo ya que se forma la última porción de clara externa tenue.

Esta acumulación de agua y sales aumenta el volumen del material dentro de las membranas de la cascara, lo cual conlleva a unirse estrechamente entre sí en toda su extensión, a excepción de uno de los extremos del huevo, donde ocurre una separación para formar la cámara de aire. Esta cámara será la encargada de funcionar como un depósito de aire para la respiración del embrión en tal caso de que haya sido fecundado.

El cascaron del huevo se forma en el útero. Este está constituido por dos capas, la interna llamada mamilar la cual es más porosa y delgada que la externa, esta a su vez está formada por cristales de calcio de mayor grosor y dureza. El cascaron se compone principalmente de carbonato de calcio y pequeñas cantidades de sodio, potasio y magnesio.

Antes de que el huevo salga del organismo de la gallina este es cubierto por una película de material orgánico y agua, esta película es la cutícula que tiene como función principal el cascaron para que el huevo salga con facilidad por la vagina y cloaca, otra función que tiene esta cutícula es la de cubrir los poros que tiene el huevo para que este no pierda humedad y aire, además de que evita que los protógenos no logren ingresar al interior del huevo.

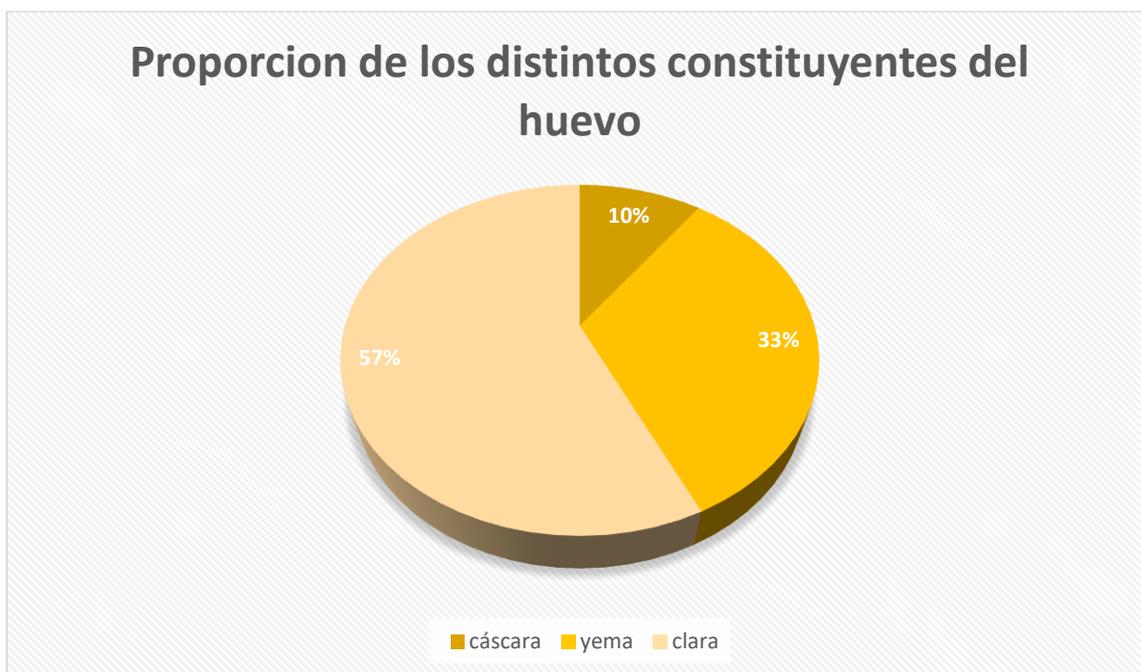
Formado el huevo en el útero pasa a la vagina y de este a la cloaca, hasta la puesta, inmediatamente a la evolución en aproximadamente 15 a 40 minutos otro ovulo cae al oviducto para repetir el proceso (Sevilla, 2015).

6.9.1. Composición del huevo de gallina

El huevo de gallina está incluido dentro de los alimentos proteicos de bajo costo para el consumo humano, por ser barato, por sus cualidades nutricionales, debido a que son de fácil absorción y amplio aprovechamiento en la industria alimenticia es muy apreciado desde el punto de vista nutricional. Además, el huevo como parte principal de los animales ovíparos ya que este contiene los nutrientes que requiere el embrión y el animal hasta que logre eclosionar, hasta ese momento tendrá los recursos necesarios para subsistir y adaptarse al medio externo (Sevilla, 2015)

El peso promedio del huevo para plato debe ser de 60 gr. aproximadamente, dependiendo de la línea de la gallina será el color que tome la casara, blanco o marrón, el huevo consta de tres partes bien diferenciadas: cascaron, clara y yema, cada uno aporta distintos pesos y características; la casara representa el 10% del peso, la clara corresponde al 57% y la yema representa el 33%. (Araneda, 2020)

Grafica 1. Proporción de los constituyentes básicos del huevo



(Araneda 2015)

A continuación, se presentan algunas generalidades en la composición química del huevo según (USDA, 2014)

Cuadro 1. Composición química del huevo.

Partes del huevo	%	Agua%	Proteína%	Grasa%	Ceniza%
Huevo entero	100	65,5	11,8	11,0	11,7
Yema	58	88,0	11,0	0,2	0.8
Clara	31	48,0	17,5	32,5	2.0
	%	Carbonato Calcio (%)	Carbonato magnésico	Fosfato calcio%	Metería Orgánico (%)

Cascara	11	94,0	1,0	1,0	4,0
---------	----	------	-----	-----	-----

Fuente: (USDA, 2014)

6.9.2. Cascaron.

Este resulta ser la primera línea de defensa del huevo, en la parte externa se encuentra una cutícula o película, de aproximadamente 10 micrones de grosor, mucoproteica y con una estructura similar al colágeno, está también funciona como protección el cual obstruye los poros de la cascara cuando se seca, impidiendo el acceso a patógenos que pueden afectar la calidad del huevo.

El cascaron tiene una matriz esponjosa o mejor conocida como capa empalizada que emite hacia el interior prolongaciones denominadas protuberancias mamilares, que influyen en la resistencia de la cascara. Se compone principalmente de proteínas fibrilares entrelazadas con cristales de carbonato de calcio, pequeñas cantidades de carbonato de magnésico y fosfatos. En la parte interna existen dos membranas conocidas como testácea, formadas de un entramado de fibras constituidas por un núcleo de naturaleza proteica cubierta por polisacáridos.

El cascaron posee entre 7000 y 16000 poros, con un diámetro de 20- 45 micrones, el mayor número de poros se localiza en el polo ancho del huevo, donde aparece la cámara de aire. La composición de la de huevo está compuesto en estas proporciones según (Anderson y Calderón, 2000)

Cuadro 2. Composición química del cascaron de huevo.

Compuesto químico	Porcentaje
Carbonato de calcio	93.7%
Carbonato de magnesio	1.39%
Trióxido de potasio (P ₂ O ₃)	0.76%
Materia orgánica	4.15%

Fuente: (Anderson y Calderón, 2000)

6.9.3. Clara o albumen.

Se trata de una solución acuosa de naturaleza proteica, contiene cuatro capas distintas, delgada externa 23% y delgada interna 17%, la gruesa es densa y representa el 57%, por ultimo son las chalazas o cordones la cual es una capa densa y representa el 3%, presenta forma de filamentos que van desde la yema hasta los dos extremos del huevo, brindándole sujeción a la yema para que esta se mantenga en el centro (Anderson y Calderón, 2000).

Alrededor del 88% de la clara es agua, siendo la proteína un componente de importancia y que puede alcanzar el 10%, el resto se compone de lípidos y sales minerales en pequeñas proporciones. Además, la clara contiene sustancias antimicrobianas que inhiben el crecimiento de la flora invasora. Dichas sustancias son:

- **Ovoalbúmina:** Se trata de la proteína de la clara más abundante de la clara y representa la mitad del contenido proteico casi el 54%, esta proteína es rica en aminoácidos como: cisteína y metionina y se desnaturaliza fácilmente por agitación o batido, la desnaturalización por temperatura ocurre a los 72 y 48 °C (Anderson y Calderón, 2000).
- **Conalbumina:** se conoce también como ovotransferina, es una proteína no fosforilada formada por una cadena polipeptídica, con restos de manosa y glucosamina, su desnaturalización térmica ocurre a los 57 y 65 °C (Anderson y Calderón, 2000).
- **Ovoglobulinas:** es una proteína que compone casi un 10% en la clara de huevo y tiene como función coagular con el calor y precipitan con las soluciones salinas saturadas (Anderson y Calderón, 2000).
- **Ovomucina:** Es una glucoproteína de estructura filares que influyen en la viscosidad de la clara.
- **Ovomucoide:** representa el 11% del total de las proteínas, se trata de una glucoproteína rica en aminoácidos azufrados (12%) y glucosamina (14%).

- **Lisozima:** se trata de una enzima que lisa las paredes de las bacterias grampositivas.
- **Conalbumina:** sustancia que bloquea la acción de algunos metales favorables para el desarrollo bacteriano, actúa frente a bacterias grampositivos y gramnegativos.
- **Riboflavina:** se trata de una vitamina del complejo B que detiene el crecimiento de algunos gérmenes.

El PH de la clara de huevo fresco es de 7.6- 7.9, pero este puede aumentar hasta 9.0 durante su almacenamiento, ocasionado por propagación de CO₂ disuelto a través de la cascara.

6.9.4. Yema

Su formación se compone por lípidos y proteínas y es la mayor fuente de vitaminas y minerales del huevo. La proteína principal de la yema es la vitelina, además contiene fosfitivina (4%) proteína con grandes cantidades de fosforo, alto en serina (30%), nulo en cisteína y fija fácilmente el hierro, lipovitelina (68%) proteína alta en azufre, lipoproteína de alta densidad (HDL) rica en cisteína. Presenta un 20% de lípidos (dos tercios de fosfolípidos y uno de colesterol, lípidos neutros y triglicéridos), Existen restos glucídicos, hexosas y ácido neuramínico, la Livetelina (10%), proteínas globulares alfa, beta, gamma, Ovovitelina rica en aminoácidos fosforados y azufrados, la Lipovitelina (16%), es una lipoproteína de baja densidad pobre en cisteína. Presenta un 88% de lípidos (un tercio de fosfolípidos y dos de lípidos neutros y colesterol) (Anderson y Calderón, 2000).

De acuerdo con (Sastre *et al.*, 2002) el contenido del agua en la yema es de aproximadamente el 50% mientras que los sólidos o materia seca se dividen entre proteínas y lípidos. Quedando una pequeña fracción para minerales, vitaminas y carotenoides (responsables del color amarillo).

El color de la yema esta principalmente influenciado por la dieta que se le suministra a la gallina. Si la gallina como alimentos con colores más anaranjados, la yema

tomara un color más amarillo o naranja, si se suministra colores rojizos también tiende a adquirir colores naranjas, pero si la gallina consume alimentos de colores más blanquecinos la yema será menos naranja.

6.10. Nutrición y alimentación de las gallinas de postura

Para proporcionar una buena alimentación se requiere que estén presentes todos los nutrientes como carbohidratos, azúcares, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales en proporciones adecuadas para que las aves logren su desarrollo adecuado y tengan una producción que este al máximo de su capacidad biológica.

En promedio una gallina como alrededor de 100- 130 gr. de alimento por día, de los cuales debe contener un mínimo de 16 gr. de proteína para la producción de huevos. El alimento debe ofrecerse a discreción, el consumo de alimento por ave por día va a diferenciar dependiendo de la línea de la gallina por ejemplo una línea ligera consumo de 110 a 120 gr de alimento por día, mientras que una de línea semi-pesada consume 110 a 130 gr. Las gallinas tienen la capacidad de regular su consumo, principalmente por sus requerimientos proteicos y energéticos. Las gallinas para balancear su dieta deben ingerir alimentos energéticos como el maíz o el trigo que por sí mismos no son alimentos completos, por lo tanto, también deben consumir alimentos ricos en proteína, vitaminas y minerales. (INDESOL, Sf)

6.10.1. Proteínas y aminoácidos

El suministro de proteínas para las aves puede ser dado por medio de semillas de arvejas, harina de haba, sojas, lombrices y/o harinas de carne, sangre, pluma, etc. Siempre y cuando sean alimentos con contenido proteico alto. La calidad de las proteínas se determina por la cantidad y nivel de bio disponibilidad de aminoácidos esenciales que estas la componen. Dentro de los aminoácidos esenciales encontramos como limitantes a aquellos que se hallan en déficit en los alimentos disponibles para el balanceo de la ración. Los aminoácidos más comunes y de mayor importancia son la lisina y la metionina, la ultima es de características lipoproteínas (quema grasas del hígado) y ayuda en la formación de plumas, la

carencia de ambas repercute en un mal desarrollo y formación del plumaje, huevos pequeños y finalmente la detención de la postura (INDESOL, Sf).

6.10.2. Carbohidratos

Deben ser indispensables en la alimentación de las aves, brindan energía la cual es esencial para realizar todas las funciones vitales del organismo, dicha energía se puede encontrar en alimentos como el sorgo, maíz, arroz, ajonjolí y en tubérculos como la yuca y malanga, en las raíces como el rábano y la remolacha (Téllez, 2011). Suministrar un nivel de 320 Kcal /día es el adecuado y correcto para mantener un nivel de producción correcto y obtener un buen índice de consumo.

6.10.3. Vitaminas

Se trata de sustancias orgánicas que intervienen en las reacciones bioquímicas del organismo y que son necesarias para mantener un buen funcionamiento y salud. No se necesitan de grandes cantidades para cubrir los requerimientos, solamente ocupamos de pocos miligramos diariamente, Las vitaminas se clasifican en hidrosolubles B1, B2, B6, Ácido nicotínico, Colina, Ácido Fólico, Ácido pantoténico y Ácido ascórbico; liposolubles (A,D, E, K) (INDESOL, Sf).

6.10.4. Minerales

Son esenciales e indispensables para la formación y mantenimiento del organismo animal, minerales como el calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, cloro y hierro las podemos encontrar en conchas de huevo, hojas verdes, frutos y sal común entre otros. Los minerales como el calcio y el fósforo intervienen en la formación de la cascara del huevo (Téllez, 2011).

6.10.5. Agua

Es importante mencionar que las aves ingieren dos o tres veces más agua que alimentos sólidos, por lo tanto, se debe asegurarse de suministrarle una buena cantidad de este líquido y que además sea de calidad, el agua puede representar

desde un 85% del total del peso del pollo recién nacido y hasta un 60% del peso de un ave adulta, la pérdida de un 15 a un 20% del agua del cuerpo del ave puede ocasionar la muerte (Téllez, 2011).

6.10.6. Alimentación por etapas en la gallina de postura

- **Iniciación:**

Comienza desde el primer día de vida hasta las 6 semanas de edad, durante esta etapa la gallina consume 1.0 kg de alimento logrando una ganancia de peso de 455 gr promedio. El alimento ofrecido tiene que contener un mínimo de 18% de proteína cruda, la energía metabolizable (EM) debe ser de 2.900 kcal/ kg (Productores Agropecuarios Tepexpan, 2014).

- **Desarrollo:**

Comienza en la semana 7 hasta la semana 18, es de suma importancia asegurar el suministro de agua limpia y fresca, esta etapa termina cuando las gallinas inician la producción de huevo. El peso final de esta etapa es en promedio de 1,300 gr y un consumo de alimento de 6.0 kg. El alimento se recomienda dar en migaja. El porcentaje de proteína adecuado para esta etapa es de 15% PC, la energía metabolizable (EM) requerida en esta etapa es de 2.800 Kcal/kg (Productores Agropecuarios Tepexpan, 2014).

- **Postura:**

Comienza cuando las aves entran en inicio de producción de huevo, normalmente a las 18-19 semanas, el consumo de alimento por ave/ día es en promedio de 110 gr, en esta etapa se recomienda dar alimentos con 16- 17% de Proteína y una energía metabolizable (EM) de 2.700 Kcal/ kg. Para esta etapa se recomienda un programa de iluminación para maximizar la tasa de producción de huevo en la que al menos las aves tengan 16 hrs de luz (Productores Agropecuarios Tepexpan, 2014).

6.11. Pigmentos

Son sustancias de origen orgánico o mineral, que por constitución química proporcionan color cuando son incorporados a otros materiales, ya sea por dispersión o por disolución, (Espinoza, 2008) menciona que los pigmentos son partículas sólidas de color que son insolubles en el medio a colorear y que apenas se ven afectadas física y químicamente por el sustrato sobre el que están depositados. Su color es resultado de la absorción y/o difusión selectiva de la luz. Las propiedades básicas de los pigmentos son: la capacidad de coloración, el matiz o color, la dispersabilidad y el poder cubriente, aunque también podemos encontrar características físico químicas como: cristalización interna, distribución del tamaño de partícula, forma de la partícula y tratamiento superficial de la partícula de pigmento.

6.11.1. Clasificación de los pigmentos

De acuerdo con (Roque, 2012) a los pigmentos se les puede clasificar en función de diversos criterios, por ejemplo: por su carácter de origen natural o artificial, su procedencia en el caso de pigmentos naturales: vegetal, animal o mineral, su tinte: azul, rojo, verde, negro, etc.

6.11.2. Pigmentos artificiales

Este tipo de pigmentos son resultados de compuestos químicos hechos en laboratorios y los podemos encontrar en varias presentaciones como: polvo, mezclas de colores, mezclas diluidas, granulados, soluciones acuosas, soluciones no acuosas y pastas. Para elegir un colorante artificial es necesario considerar la naturaleza del producto a colorear, las condiciones del proceso y el volumen de colorante a usar. (Parra, 2004)

Algunos de estos pigmentos son:

- **Amarillo crepúsculo (S.I.N. 110):** También conocido como amarillo ocaso o FD&C, pertenece al grupo de colorantes azoicos, consiste principalmente de

2-hidroxi-1-4(4-sulfonato fenilazo)-nalfataleno-6-sulfonato disódico junto con un cloruro de sodio y/o sulfato de sodio, se presenta en forma de polvo o granulado (Parra, 2004)

- **Tartrazina (S.I.N. 102):** conocido como FD&C amarillo 5, tiene gran potencia de toxicidad. Pertenece al grupo de los colorantes azoicos, del tipo monoazo (pirazolona), consiste de 5-hidroxi-1-(4-sulfonatofenil)-4-(4-sulfonato fenilazo)-H-pirazol-3-carboxilato trisódico, en presencia de cloruro y/o sulfato de sodio, usado en productos como galletas, caramelos, sopas, repostería, y bebidas refrescantes, se presenta en forma de polvo o granulado (Parra, 2004).
- **Azul brillante (S.I.N. 133):** Llamado también FD&C Azul 1. Pertenece al grupo de los triarilmetano, compuesto principalmente de (4-(N-etil-3-sulfonato-bencilamino)-fenil)-(4-N-etil-3-sulfonato-amino)-iclohexa-2,5-dieilideno)-toludeno-2-sulfonato disódico y sus isómeros. Usado para productos de sabor mora como yogurts, confetis, helados, mermeladas, etc., su presentación es en polvo o granulado (Parra, 2004).
- **Indigotina (S.I.N. 132):** se le conoce también como Indigo Carmín o FD&C Azul 2. Consiste en una mezcla de 3,3'-dioxido-2,2'-bi-indolilideno-5,5'-disulfonato disódico y una cantidad no mayor al 18% de 3,3'-dioxido-2,2'-biindolilideno-5,7'-disulfonato disódico, utilizando sulfato y/o cloruro de sodio. Ese pigmento es usado en todo el mundo encontrado sus principales usos en caramelos, helados y confites (Parra, 2004).
- **Ponceau 4R (S.I.N. 124)** llamado también rojo cochinilla, perteneciente al grupo de los colorantes azoicos, del tipo monoazo, compuesto principalmente de 2-hidroxi-1-(4-sulfonato-1-naftilazo)-6,8-naftaleno disulfonato trisódico , usado en helados, pastelería, caviar y algunos derivados cárnicos, su presentación es en polvo o granulado (Parra, 2004)

6.11.3. Pigmentos naturales

De acuerdo con (Espinoza, 2008) se trata de colorantes o tintes derivados de plantas, invertebrados o minerales. Los colorantes vegetales provienen de las

raíces, bayas hojas y corteza de la planta otras fuentes pueden ser de los hongos y líquenes, principalmente se usan para darle color a los alimentos ya sea porque el alimento perdió color en su tratamiento industrial o bien mejorara a la vista y este sea más aceptable al consumidor, también se usan para teñir telas. Algunos pigmentos naturales son:

- **Clorofila:** se trata del pigmento foto receptor responsable de la primera etapa en la transformación de la energía de la luz solar en energía química, se encuentra en la mayoría de las plantas, la clorofila esta en color que contienen los vegetales verdes (Espinoza, 2008).
- **Astaxantina:** es el pigmento responsable de dar color naranja o rojizo a los crustáceos posterior a la cocción, esto se debe al proceso de desnaturalización de las proteínas ocurrido en el proceso de cocción y una posterior liberación de astaxantinas (Espinoza, 2008).
- **Bixina o achiote:** Es un pigmento natural obtenido del árbol Bixa-orellana, el cual comprende de tres formas: extracto crudo o annato, fracción liposoluble (bixina) y la fracción hidrosoluble (norbixina). Brinda de un color rojizo a las cosas en que se implementa este pigmento (Espinoza, 2008).
- **Betalinas:** pigmento natural que contiene glucósidos hidrosolubles, se puede encontrar en alimentos como el betabel, amaranto. tuna roja, pitayas higos entre otras más, se divide en dos pigmentos que proporcionan dos colores característicos, el Betacianinas el cual da un color rojizo característico de la mayoría de estos alimentos, y el Betaxantinas, este brinda un color amarillo (Espinoza, 2008).
- **Flavonoides:** este pigmento es el responsable de darle colores amarillos pálidos a las frutas y verduras, se puede encontrar en las peras, fresas, manzanas, cerezas, duraznos, naranjas, entre otras más; también es responsable de astringencia en té, lo cual quiere decir que tiene como característica una acción cicatrizante, antiinflamatoria y antihemorrágica (Espinoza, 2008).

- **Antocianinas:** son pigmentos hidrosolubles, contenidas en las vacuolas de frutos, vegetales y cereales, estos proporcionan una gama de colores rojos intensos, rojos pálidos, purpuras y azul, se puede encontrar en frambuesas, zarzamoras, cáliz de Jamaica, espárragos, coles, berenjena, arce japonés, entre otras más. Las antocianinas además de la pigmentación proporcionan otro tipo de función en la planta: como protección contra rayos UV, atracción de polinizadores, tiene acción anti microbiana y anti viral. En la alimentación las antocianinas restringen a la α -glucosidasa, lo que determina una disminución de los niveles de glucosa en la sangre (Espinoza, 2008).
- **Rojo carmín (E-120, C.I. 75470, Natural Red 004):** Es un pigmento originario de México y Mesoamérica, se obtiene de la cochinilla hembra (*Dactylos coccus*, Costa) que vive en las pencas del nopal de tuna, el carmín hidrosoluble se obtiene solubilizado el complejo a PH alcalino, por adición de amoníaco y posterior secado (Espinoza, 2008).
- **Carotenoides:** se trata de pigmentos orgánicos solubles en agua, son responsables de la mayoría de los colores anaranjados, verdes o rojos presentes en algunos vegetales y animales, se dividen en dos grupos: los carotenos y las xantofilas.

Los primeros contienen carbono e hidrogeno, en sus moléculas, los pigmentos β -caroteno, α -caroteno, licopeno y criptoxantina los podemos encontrar en micro y macroalgas, vegetales como la zanahoria, papayas, melones, naranjas, entre otros más. En cambio, las xantofilas están compuestas por carbono, hidrogeno y adicionados con átomo de oxígeno, algunos ejemplos son la luteína, zeaxantina, capsantina y antoxantina, los cuales le dan un color amarillento, rojo y anaranjado a las algas, bacterias y plantas superiores, como el arándano y el pimiento rojo. (Quintana *et al.*, 2018).

6.12. Métodos de extracción

Todos los pigmentos contienen propiedades físico- químicas, como pueden ser su peso molecular o su solubilidad en disolventes orgánicos, como el alcohol etílico,

pero estas diferencian unas de otras, por lo tanto, al hacer que las moléculas hagan por capilaridad a lo largo de un filtro lograra que obtengamos líneas de diferentes colores, los cuales corresponden a distintos pigmentos (Meringer, 2020), existen diferentes técnicas para extraer pigmentos naturales como:

- **Cromatografía:** Se trata de un método físico muy fácil la cual los componentes de una muestra se distribuyen en dos fases: fase estacionaria (adsorbente) y la fase móvil, esta técnica permite separar sustancias presentes en una mezcla, aprovechando la mayor o menor afinidad por un disolvente que recorre una columna de resinas o papel. En la fase móvil el disolvente ejerce un arrastre sobre los distintos compuestos, provocando que estos se desplacen con distinta velocidad, logrando una separación (Meringer, 2020).
- **Extracción por solventes orgánicos:** Es considerado como la técnica más eficaz y económica para purificar, concentrar y separar el compuesto de interés de otras sustancias que no son de interés, dicha técnica se basa en el principio de intercambio iónico líquido, en el cual un soluto o iones metálico puede distribuirse en cierta proporción entre dos solventes inmiscibles, de los cuales uno es acuoso y el otro es orgánico (Cubillos y Pava, 2020).
- **Extracción asistida por microondas:** Se usa principalmente para extraer compuestos insolubles o muy pocos solubles en agua, de compuestos solidos como la arcilla, lodos, sedimentos o residuos sólidos. Este método es eficiente y fácil, a comparación del método de extracción de solventes debido a que su principal ventaja es la rapidez del calentamiento, por lo que esta técnica permite ahorrar tiempo de manera significativa, disminuye la cantidad de disolventes necesarios y así mismo la energía del proceso. Este proceso requiere de menos costos en general y además permite obtener una alta recuperación de los compuestos de interés (Cubillos y Pava, 2020).

6.13. Cáliz Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa L.*)

La planta de Jamaica *Hibiscus Sabdariffa L.* tiene como origen en la región tropical de África, Egipto, Sudan y hasta Senegal, por sus propiedades medicinales, nutracéuticas y rusticidad de la planta se ha distribuido a lo largo del mundo y otras regiones tropicales como: México, América Central, América del Sur y el Sureste Asiático, donde también se ha convertido en un cultivo de importancia económica (Ariza *et al.*, 2017).

La planta de Jamaica se clasifica de la siguiente manera:

- Reino: Plantea
- División: MagnolioPHYta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Malvales
- Familia: Malvaceae
- Género: Hibiscus

- **Cálices:**

Los cálices contienen pigmentos usados en la elaboración de bebidas, vinos, pigmentación de embutidos, jaleas, dulces, mermeladas, extractos para refrescos, salsas, usos culinarios, entre otros muchos más productos, la pulpa que sale después de hacer jalea, se puede utilizar para la elaboración de concentrados para la alimentación de ganado (Ruiz y Rios, 2016). Por otra parte, también han tomado gran importancia debido a sus propiedades medicinales, ya que se atribuyen como diuréticos, para reducir el colesterol, para controlar la presión arterial y para regenerar los tejidos afectados por enfermedades degenerativas, reduce la obesidad, purifica el agua y tiene efectos antivirales (Ariza *et al.*, 2017)

Los pigmentos más importantes de esta planta son las antocianinas: la cianidina 3 glucósidos y la definidita 3 glucósidos, que tiene propiedades antioxidantes y que no presentan actividad toxica ni mutagenica, se sabe que los compuestos fenólicos

como el ácido procatecuico, separado de los cálices de esta planta tiene gran acción antioxidatoria, mientras que el ácido hibiscus demuestra una alta actividad inhibitoria sobre ciertas enzimas pancreáticas (Carvajal *et al.*, 2006)

Cuadro 3. Composición nutricional del cáliz de jamaica

Composición nutricional del cáliz de jamaica	
Tamaño de porción	100 gr
Calorías	49 kcal
Proteínas	0.96 gr
Carbohidratos	11.31 gr
Fibra	0 g
Azúcar	0 g
Grasas (lípidos)	0.64 gr
Grasas saturadas	0 g
Colesterol	0 mg
Sodio	0 mg

Fuente: (Naterre, 2020)

VII. ANTECEDENTES

A lo largo del mundo se han hecho varios trabajos de investigación sobre la pigmentación de la yema de huevo y cascara de huevo, algunos de ellos son los siguientes:

“Uso de harina de flor de marigold (*Tagetes erecta*) en la ración y su efecto en el desempeño productivo y calidad de huevo de gallinas Novogen Brown”, en este trabajo se suministró la harina a un porcentaje de 0%, 0.1%, 0.2% y 0.3% durante un periodo de 8 semanas, con aves de 36 semanas de edad, y en el cual se encontró mejor beneficio económico con uno de los tratamientos donde se incluyó la harina de flor de marigold, ya que mejoro el desempeño productivo y pigmentación de la yema (Chávez, 2018).

“Inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en raciones para gallinas ponedoras de primer ciclo y su efecto sobre la pigmentación de yema de huevo”, tuvo como objetivo evaluar el efecto de incluir la harina en las dietas de las gallinas con respecto a variables productivas y color en yema de huevo, se suministró a diferentes porcentajes 1.77%, 5%, 10% y 15%, se utilizaron 240 gallinas y como resultado tuvo que la harina de *Tithonia diversifolia* puede ser una alternativa como pigmento amarillo hasta un 10% de inclusión sin afectar el rendimiento productivo (Carranco *et al.*, 2019).

“Efecto del achiote (*Bixa orellana L.*) en los parámetros productivos y calidad del huevo en gallinas de postura línea Lohmann Brown –Classic” para este trabajo se utilizaron 80 gallinas de 34 semanas de edad distribuidos en 4 tratamientos (0%, 1.5%, 3.0% y 4.5% de achiote. Fue un diseño experimental completamente al azar y del cual se obtuvo como resultado que al incluir achiote a la alimentación de las aves mejoro la pigmentación de la yema de huevo de manera significativa mientras que las variables productivas no reciben ni una alteración, en cuanto a la relación beneficio costo, con el tratamiento 1 se obtuvo el mejor valor utilitario (Yalta, 2016)

VIII. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Localización del área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de Temascaltepec de González, Estado de México. Dicho municipio se encuentra en el área sur del Estado de México, ligeramente hacia el sureste de Toluca, en las coordenadas geográficas 100°02'00 longitud oeste y 19°03'00 de latitud norte. A una altura de 1.740 metros sobre el nivel del mar.

La extensión territorial es de 544.59 kilómetros cuadrados, que representan el 2.43% del territorio estatal. Se tienen identificadas dos zonas climáticas: la templada subhúmeda, al norte y al este: la semiárida húmeda, al sur y al oeste: predominando el subhúmedo. La temperatura media anual oscila entre los 18°C y 22°C. La precipitación pluvial anual va de los 800 a los 1,600 milímetros.

8.2. Instalaciones

Se utilizó la nave de aves de postura de la posta zootécnica del Centro Universitario UAEMEX Temascaltepec, dicha nave tiene las siguientes dimensiones: 9 m de largo, 6 m de ancho y 3.5 m de alto, dentro de la nave se alojaron a las aves en sistema de jaulas tipo betería o piramidal con tres niveles, dos lados con 12 compartimientos en cada uno, para un total de 24 compartimientos, con capacidad para albergar 3 aves en cada compartimiento, teniendo capacidad para 72 aves. Las jaulas cuentan con comederos frontales y bebederos tipo chupón.

Figura 1. Nave de aves de la posta zootécnica del Centro Universitario UAEMEX Temascaltepec.



La nave fue lavada y desinfectada con jabón, agua y cloro (100 ml por cada 10 litros de agua) utilizando una mochila de aspersión con motor.

Figura 2. Desinfección de la nave con mochila de aspersión



8.3. Equipo para realización del experimento

Durante el desarrollo del experimento se utilizaron los siguientes materiales para la recolección y medición de alimento y huevo.

Se utilizaron etiquetas de diferentes colores para la identificación de los tratamientos utilizados, dichas etiquetas se colocarán en los comederos, conos para huevo y bandejas para medición del alimento ofrecido.

Figura 3. Tazones utilizados para la medición de la ración de alimento identificados con etiquetas de acuerdo con el color de tratamiento y numero de jaula.



Para la recolección de huevo se utilizaron conos con su debida etiqueta de identificación, utilizamos una brocha y cucharon de platico para la recolección de rechazos de alimento ofrecido, para la medición del peso de las gallinas se ocupó una báscula de 40kg, mientras que para huevo y alimento se utilizó una báscula granataria de 5kg.

Para el registro de los datos utilizamos una bitácora de papel, lapiceros, plumones permanentes, reglas métricas, tazones de plástico, vasos de plástico.

Mientras que para medir el alto y ancho de los huevos se utilizó un vernier digital para obtener un dato más preciso.

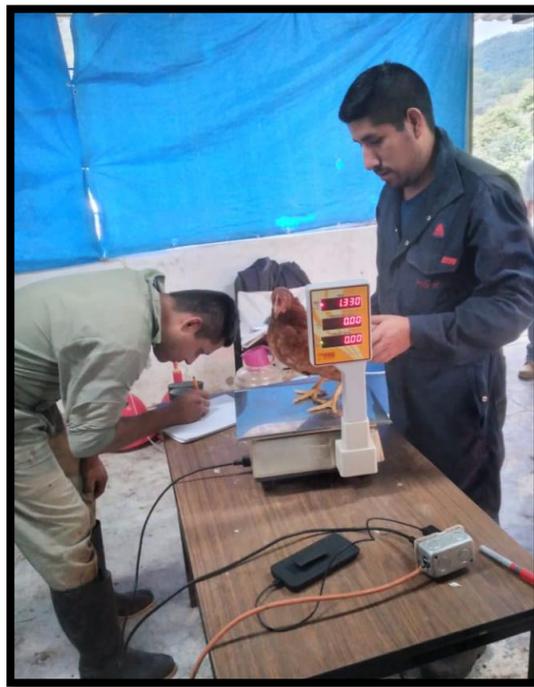
8.4. Material biológico

Para la realización de este experimento se utilizaron 72 gallinas de postura de la línea Lohmann Brown con una edad de 16 semanas.

8.4.1. Recepción de las aves

Al momento de la llegada se registraron los pesos iniciales, de cada ave, también se identificaron con una cinta que fue sujeta a la pata de la gallina y marcada con un número, en un principio estuvieron de 3 semanas en piso, hasta que cumplieron con la edad de maduración sexual donde sus órganos están listos para la producción de huevos, en este momento rompieron postura por lo que subieron a las jaulas. Posterior al primer pesaje, se volvió a realizar a las semanas siguientes, el mismo día y a la misma hora.

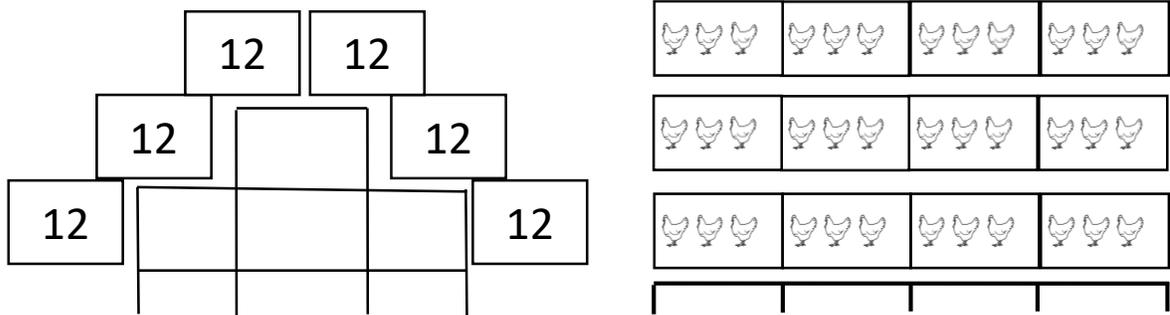
Figura 4. Recepción, identificación y pesaje de las aves a su llegada.



8.4.2. Distribución

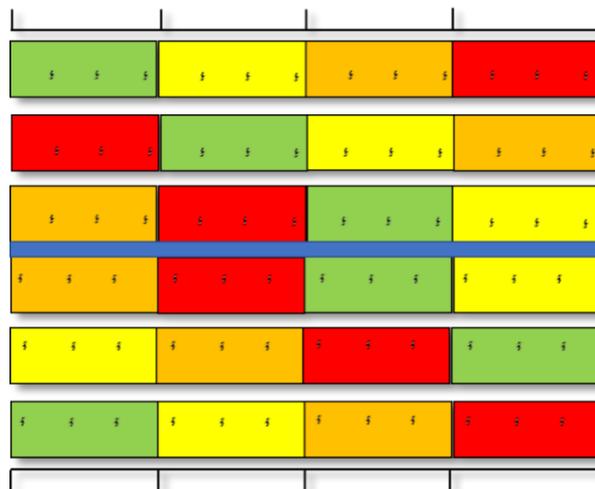
La distribución de las aves en las jaulas fue de la siguiente manera, en cada jaula ingresaron 3 aves, teniendo 12 aves en cada nivel, para un total de 36 aves en cada lado y 72 aves en total.

Figura 5. Distribución de las aves en la jaula de batería



Por otra parte, la distribución de los tratamientos fue de manera que en cada nivel existan las mismas condiciones medioambientales, debido a que fueron 4 tratamientos se ajustó para que en cada nivel se contara con una jaula para cada tratamiento (0%, 1.5%, 3% y 4.5% de inclusión de cáliz de jamaica) como se muestra a continuación.

Figura 6. Distribución de los tratamientos en la jaula de batería



Simbología

 T0: 0% de inclusión de cáliz de Jamaica

 T1: 1.5% de inclusión cáliz de Jamaica

 T2: 3.0% de inclusión de cáliz de Jamaica

 T3: 4.5% de inclusión de cáliz de Jamaica

De esta manera se buscó que los tratamientos recibieran las mismas condiciones medioambientales y que la repartición de ellos fuese de manera igualitaria en toda la jaula.

8.4.3. Alimentación

Se les ofreció alimento comercial de la marca Campi huevo, con un porcentaje de proteína del 16%, a este alimento comercial se le adicio la harina de cáliz de Jamaica a partir de que las gallinas rompieron postura y comenzara la medición de las variables, este alimento fue utilizado durante todo el experimento.

Figura 7. Bultos de alimento comercial Campi huevo etiquetados de acuerdo con el nivel de inclusión del cáliz de Jamaica



Para saber los niveles de proteína y energía del alimento ofrecido, se consultó la composición nutricional del alimento comercial campi huevo.

Cuadro 4. Composición nutricional del alimento comercial campi huevo.

Campi huevo postura			
Proteína cruda, mínimo	16.00%	Cenizas, máximo	6.00%
Grasa cruda, mínimo	4,00%	Humedad, máximo	12.00%
Fibra cruda, mínimo	4.50%	E.L.N por diferencia	57.50%

(CAMPI, 2017)

Sin embargo, se tuvo la inquietud de saber si al incluir el cáliz de jamaica a diferentes porcentajes modificaría el contenido de proteína que originalmente trae el alimento comercial, por lo tanto, se enviaron las pruebas necesarias a laboratorio para su análisis.

Cuadro 5. Contenido de proteína del alimento comercial al incluirle los diferentes porcentajes de cáliz de jamaica.

Contenido de PC del alimento comercial al incluir el cáliz de jamaica					
Alimento campi con 16 % PC	Alimento %	Aportación de PC a la dieta	Jamaica con .96 % PC	Aportación de PC a la dieta	Contenido PC en dieta
Alimento campi	100	16.00	0	0.0000	16.0000
Alimento campi	98.5	15.76	1.5	0.0144	15.7744
Alimento campi	97.0	15.52	3.0	0.0288	15.5488
Alimento campi	95.5	15.28	4.5	0.0432	15.3232

De acuerdo a los resultados obtenidos del laboratorio muestra que la inclusión de cáliz de jamaica no modifica de manera significativa el contenido de proteína que contiene el alimento comercial.

La ración suministrada a cada jaula fue calculada para 3 gallinas tomando en cuenta que el consumo de cada gallina por día fue de 120 gr, este fue dado en dos frecuencias, una por la mañana 9:00 a.m. y otra por la tarde 6:00 p.m. antes de

suministrar la segunda frecuencia se recogió el rechazo de alimento de los comederos, se pesó y se registró en la bitácora de rechazos indicando la fecha en que llevo a cabo.

El agua se suministró a libre acceso y constante, por medio de un sistema de bebederos automáticos de chupón.

8.5 Fases experimentales

El trabajo comprendió de 2 fases, la primera fue durante 3 semanas en la cual llegaron las gallinas a la nave con una edad de 16 semanas, en este periodo se hizo el proceso de adaptación de las gallinas al clima, alimento e instalaciones, además de darles el manejo sanitario correspondiente (aplicación de medicamentos y vitamínicos), bajo este lapso de tiempo las gallinas permanecieron en piso hasta que cumplieron las 19 semanas y rompieron postura, en ese momento subieron a la jaula.

Figura 8. Gallinas de 16 semanas en piso durante la primera fase experimental



La segunda fase comenzó cuando las gallinas subieron a la jaula, comprendió un periodo de tiempo de 10 semanas, en esta fase comenzó de lleno el experimento,

para este momento las gallinas ya estaban adaptadas al alimento y condiciones climatológicas, por lo tanto, se suministró el alimento experimental con la inclusión de Jamaica en el alimento, realizando la medición de las variables y registrando los resultados en la bitácora.

Figura 9. Asignación de gallinas a la jaula de batería a las 19 semanas para inicio de la segunda fase experimental



8.6. Tratamientos

Se utilizó un tratamiento testigo, y tres tratamientos con inclusión del cáliz de Jamaica en el alimento.

T0: alimento comercial.

T1: alimento comercial + inclusión del 1.5% de harina de cáliz de Jamaica.

T2: alimento comercial + inclusión del 3.0% de harina de cáliz de Jamaica.

T3: alimento comercial + inclusión del 4.5% de harina de cáliz de Jamaica

Se identificó cada lote de gallinas de acuerdo al tratamiento y repetición, mediante una etiqueta de color, así como el número de jaula que van del 1 al 24.

Figura 10. Jaulas enumeradas e identificadas con una etiqueta de color de acuerdo al tratamiento asignado.



8.7. Diseño experimental

8.7.1. Análisis de varianza (ANOVA) completamente al azar

Para analizar los resultados del experimento se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones, cada repetición con 3 gallinas.

8.7.2. Modelo estadístico ANOVA completamente al azar

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

Donde:

Y_{ij} – **Variabes productivas** (Consumo de alimento promedio/ día, producción de piezas de huevo/ semana, peso de las gallinas promedio/ semana, producción de

huevo semanal/ kg, consumo de alimento/ semana, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia).

Variables de la calidad de huevo (pigmentación de cascaron, pigmentación de yema, peso de huevo, alto huevo, ancho huevo, peso yema, alto yema, ancho yema, volumen de clara, peso de clara, peso cascaron y grosor de cascaron).

μ – Es el parámetro de escala común a todos los tratamientos, o también llamado media global

τ_i – Se refiere a un parámetro que mide el efecto del tratamiento i (T0 0.0, T1 1.5, T2 3.0, T3 4.5%) de harina de cáliz de Jamaica en el alimento.

ε_{ij} – Se trata del error atribuido a la medición Y_{ij}

8.8. Variables analizadas

8.8.1. Variables productivas

8.8.1.1. Consumo de alimento promedio por día

Esta variable se calculó de la siguiente manera, el alimento ofrecido por día era de 360 gr por jaula dado en dos frecuencias, antes de ofrecer la segunda frecuencia se juntaba el alimento rechazado por jaula, se pesaba y registraba en la bitácora, dicho alimento rechazado ayudo a estimar el alimento consumido en 24 horas.

Para calcular el consumo de alimento promedio por día, se le resto el alimento rechazado al alimento ofrecido para tres gallinas y luego se dividió en tres para obtener el consumo de cada gallina.

El consumo promedio por día se estimó con la siguiente formula

$$CAPPD = \frac{ATO - AR}{No A}$$

Donde:

CAPPD= Consumo de alimento promedio por día

ATO= Alimento total ofrecido

No A= Número de animales por tratamiento

8.8.1.2. Producción de piezas de huevo por semana

La producción de piezas de huevo por semana se estimó de acuerdo a los datos de producción de piezas de huevo por día por tratamiento, esta variable se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$PPHPS = \frac{PTPH}{SE}$$

Donde:

PPHPS. Producción de piezas de huevo por semana

PTPH. Producción total de piezas de huevo

SE. Semanas de experimento.

8.8.1.3. Peso de gallinas promedio por semana

Una vez a la semana se pesaban las gallinas con una báscula de 40 kg, a la misma hora y el mismo día, los pesos se registraban en la bitácora de acuerdo a la jaula y tratamiento al que pertenecían cada gallina, para estimar el peso de las gallinas promedio por semana se sumaron los pesos totales de las gallinas y se dividieron entre las semanas del experimento. Esta variable se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$PGPPS = \frac{PGT}{SE}$$

Donde

PGPPS. Peso de gallinas promedio por semana

PGT. Peso de gallinas total

SE. Semanas de experimento

Figura 11. Pesaje semanal de las gallinas



8.8.1.4. Producción huevo semanal

La producción de huevo semanal en kg se estimó sumando los pesos totales del huevo por semana y dividiéndolo entre las semanas que duro el experimento, esta variable se obtuvo con la siguiente formula.

$$PPHS = \frac{PTH}{SE}$$

Donde

PPHS. Peso huevo promedio por semana

PTH. Peso total huevo

SE. Semanas de experimento

8.8.1.5. Consumo de alimento semanal

Esta variable se obtuvo sumando los consumos promedios por día, teniendo el total de alimento consumido durante el experimento y dividiéndolo entre las semanas que duro el experimento. Para el cálculo del consumo alimento semanal se utilizó la siguiente formula.

$$CAS = \frac{CAT}{SE}$$

Donde

CAS. Consumo de alimento semanal

CAT. Consumo de alimento total

SE. Semanas de experimento

8.8.1.6. Conversión alimenticia

Esta variable es de mucha importancia pues representa la cantidad de alimento que necesita una gallina para la producción de un kg de huevo. Para calcular la conversión alimenticia se utilizó la siguiente fórmula.

$$CA = \frac{CAT}{PHT}$$

Donde

CA. Conversión alimenticia

CAT. Consumo de alimento total

PHT. Producción de huevo total

8.8.1.7. Eficiencia alimenticia

La eficiencia alimenticia representa un indicador que determina la facultad que tiene una gallina para convertir los nutrientes que consume en huevo. En general se define como los kg de huevo producido por kilogramo de alimento consumido.

Se determinó por la siguiente fórmula.

$$EA = \frac{PTH}{CAT}$$

Donde.

EA. Eficiencia alimenticia

PTH. Producción total de huevo

CAT. Consumo de alimento total

8.8.2. Variables de calidad de huevo

8.8.2.1. Promedio pigmentación de cascaron

La pigmentación de cascaron de huevo se determinó mediante la utilización de un abanico colorimétrico en escala Cargill donde cada paleta de color indicaba un numero el cual se le asignaba al cascaron dependiendo con la similitud en colores, se colocaba el huevo sobre un plato con fondo blanco y se colocaba el abanico aun costado o encima del huevo para definir el color, el resultado se apuntaba en la bitácora.

Figura 12. Medición colorimétrica del cascaron de huevo

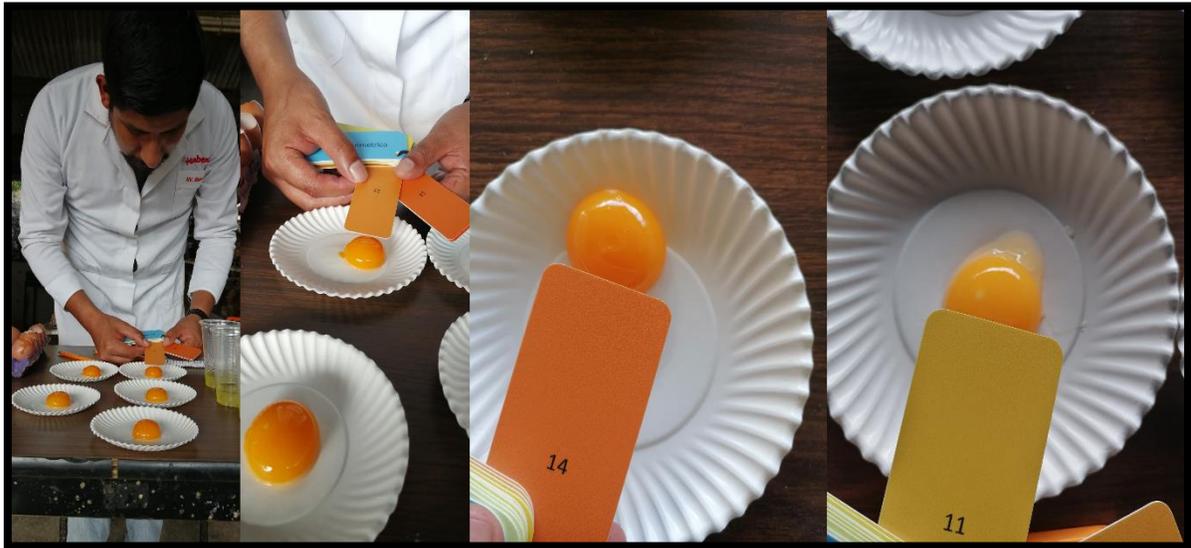


8.8.2.2. Promedio pigmentación de yema

La pigmentación de yema de huevo se determinó mediante la utilización de un abanico colorimétrico en escala Roche donde cada paleta de color indicaba un numero el cual se le asignaba a la yema dependiendo con la similitud en colores, se procedía a romper el cascaron y extraer la yema y clara, posteriormente con la

ayuda de un separador de yemas, se separaba la yema de la clara, después la yema era colocada en un plato con fondo blanco para la medición colorimétrica.

Figura 13. Medición colorimétrica de la yema de huevo



8.8.2.3. Peso huevo

El peso del huevo se obtuvo pesando cada uno de ellos con un bascula gramaría, el peso se fue registrando en la bitácora de acuerdo al tratamiento al que pertenecía cada huevo

Figura 14. Obtención del peso del huevo



8.8.2.4. Alto huevo

Se obtuvo midiendo cada huevo con un vernier digital para tener una mejor precisión, se tomaba a cada huevo y de media de punta a punta, posteriormente se registraba en la bitácora de acuerdo al tratamiento al que pertenecía cada huevo

8.8.2.5. Ancho huevo

Al igual que la altura del huevo esta variable se obtuvo midiendo al huevo con el vernier digital, solo que para esta vez se medían los extremos a la mitad de huevo como se muestra en la figura ... una vez obtenida la medida se registraba en la bitácora de acuerdo al tratamiento al que pertenecía cada huevo.

8.8.2.6. Peso de yema

El peso de la yema de huevo se obtuvo quebrando ligeramente los huevos cuidando no fracturar mucho al cascaron, posteriormente se extraía la clara y yema la cual se colocaba en el separador de yemas para así separar la clara de la yema, una vez

extraída la yema se colocaba en un plato de plato extendido y se pesaba con una báscula granataria, el peso se registraba en la bitácora.

Figura 15. Obtención del peso de la yema



8.8.2.7. Alto de yema

El alto de la yema se calculaba usando un vernier digital, una vez que se extraía la yema del huevo y se separaba en de la clara se colocaba en un plato donde se llevaba a cabo esta medición, los resultados se registraban en la bitácora.

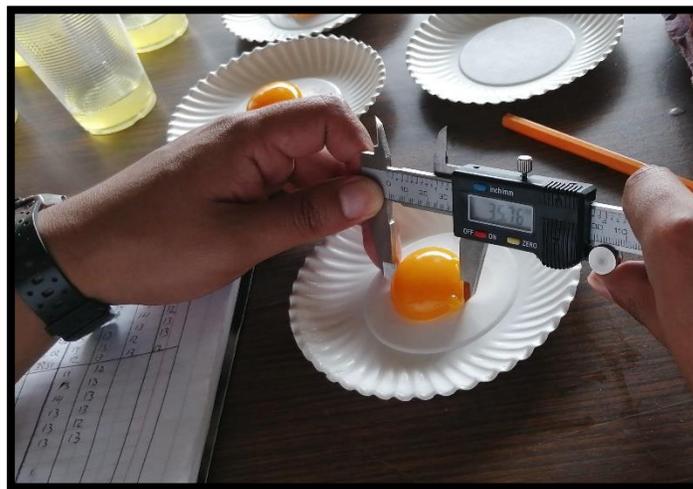
Figura 16. Medición de la altura de la yema con el vernier digital



8.8.2.8. Ancho de yema

Esta variable también se calculó de la misma manera que el ancho de la yema, de igual forma una vez que se extraía la yema se colocaba en un plato y se procedía a la medición del ancho con un vernier digital, los resultados se registraban en la bitácora.

Figura 17. Medición del ancho de la yema con el vernier digital



8.8.2.9. Volumen de clara

Esta variable se calculó utilizando un vaso de precipitado, una vez separada la clara de la yema, esta era colocada en un vaso común, para después verterla en el vaso de precipitado para su medición, el resultado era registrado en la bitácora.

Figura 18. Medición del volumen de la clara de huevo



8.8.2.10. Peso de clara

El peso de la clara se calculó usando una báscula granataria, se extraía la clara y yema del huevo, posteriormente se separaba la clara de yema, esta se colocaba en un vaso común y se pesaba en la báscula, los resultados se anotaban en la bitácora.

Figura 19. Obtención del peso de la clara de huevo



8.8.2.11. Peso cascaron

Esta variable se calculó de la siguiente manera, al momento en que extraía la yema y la clara del huevo se cuidaba no dañar o fragmentar mucho el cascaron pues era importante que el cascaron saliera lo más entero posible, una vez que el cascaron quedaba vacío que colocaba en un cono para que a continuación se pesara, los resultados se registraban en la bitácora.

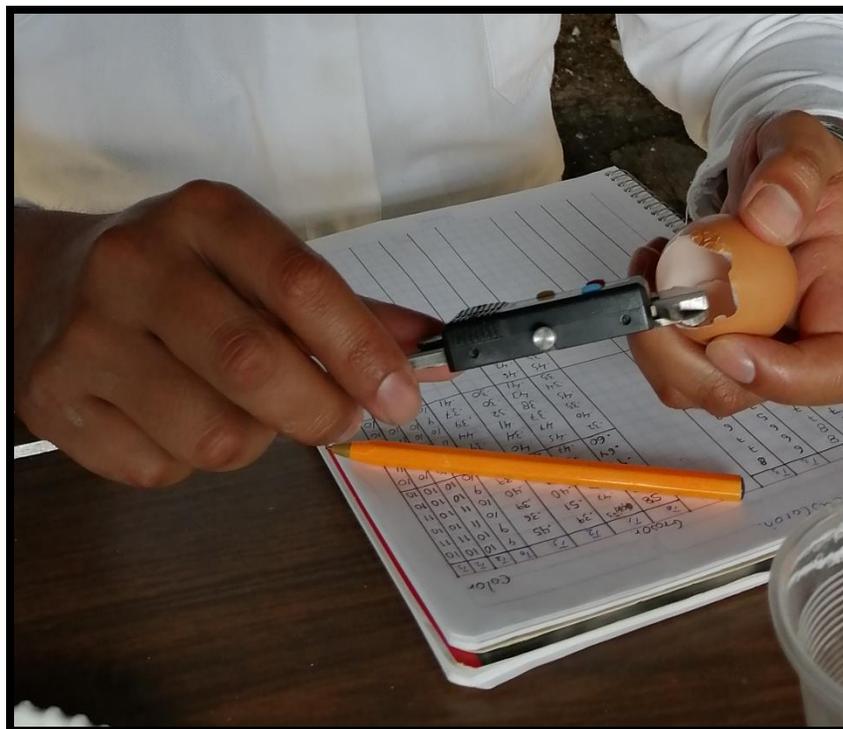
Figura 20. Obtención del peso del cascaron de huevo



8.8.2.12. Grosor de cascaron

Posterior a la extracción de la yema y clara del cascaron este se colocaba en un cono, posteriormente con la ayuda de un vernier digital se procedía a medir el grosor del cascaron, los resultados obtenidos se anotaban en la bitácora de registros.

Figura 21. Medición del grosor del cascaron de huevo



8.9. Análisis de resultados

Los análisis estadísticos de varianza se realizarán con el paquete de análisis SAS versión 9.0 (The SAS System 9.0 For Windows)

Se obtuvieron los resultados del análisis estadístico de varianza, donde se pudo observar la comparación de medias utilizando la prueba de Tukey $p < 0.05$ el error estándar medio, los efectos lineales, cuadráticos y control vs extracto.

IX. RESULTADOS

9.1. Variables productivas

Cuadro 6. Resumen de las variables de parámetros productivos de tratamientos con inclusión de cáliz de Jamaica en el alimento

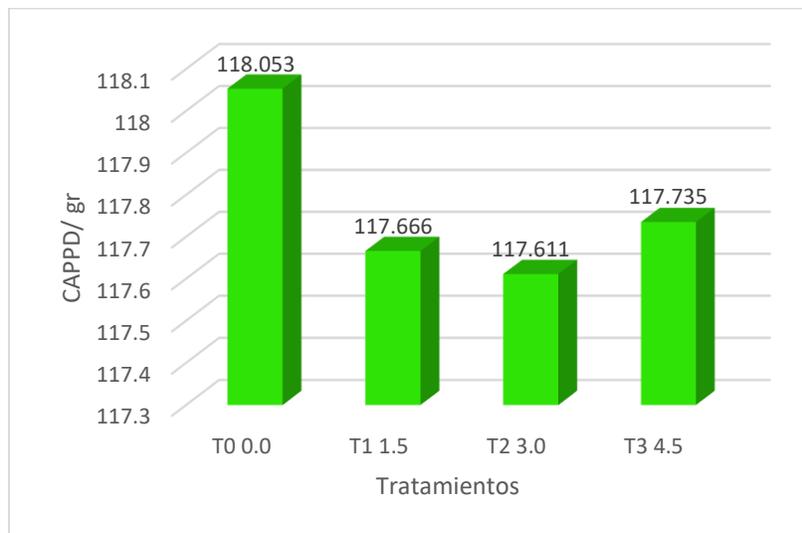
VARIABLE	DOSIS				PROB	SEM	EFECTO		CONTROL
	T0 0.0	T1 1.5	T2 3.0	T3 4.5			LINEAL	CUADRATICO	VS CALIZ
CAPPD	118.053	117.666	117.611	117.735	0.9952	4.1141	0.8633	0.8454	0.9792
PPHPS	86.30	88.00	91.20	91.60	0.9715	28.9358	0.6435	0.9438	0.9169
PGPPS	1629.17 _a	1567.95 _b	1584.67 _{ab}	1599.85 _{ab}	0.0208	42.8971	0.2481	0.0078	0.1983
PHS	4.4030	4.6790	4.7890	4.8400	0.8922	1.3622	0.4655	0.7955	0.9560
CAS	14.9460	14.9360	14.9240	14.9230	0.9980	0.3042	0.8517	0.9630	0.9761
CA	3.8470	3.7350	3.5890	3.5560	0.9855	1.9286	0.7109	0.9487	0.9573
EA	0.29340	0.31170	0.31950	0.32300	0.8807	0.0886	0.4463	0.7934	0.9609

(a-b) Diferentes letras en las filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Tratamientos, (T0 0.0) tratamiento son cáliz de jamaica; (T1 1.5) tratamiento 1 con 1.5% de inclusión de cáliz de jamaica en el alimento; (T2 3.0) tratamiento 2 con 3% de inclusión de cáliz de jamaica en el alimento; (T3 4.5) tratamiento 3 con 4.5% de inclusión de cáliz de jamaica en el alimento. Variables, (CAPPD) consumo de alimento promedio por día; (PPHPS) producción de piezas de huevo por semana; (PGPPS) peso de gallinas promedio por semana; (PHS) producción de huevo semanal; (CAS) consumo de alimento semanal; (CA) conversión alimenticia; (EA) eficiencia alimenticia; (PROB) probabilidad; (SEM) error estándar medio.

9.1.1. Consumo de alimento promedio por día

Para la variable CAPPD no presento diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de 117.766 ± 4.11 gr, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor CAPPD fue el del T0 con 118.053 gr seguido del T3 con 117.735 gr, T1 con 117.666 gr y T2 con 117.611 gr.

Grafica 2. Consumo de alimento promedio por día de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

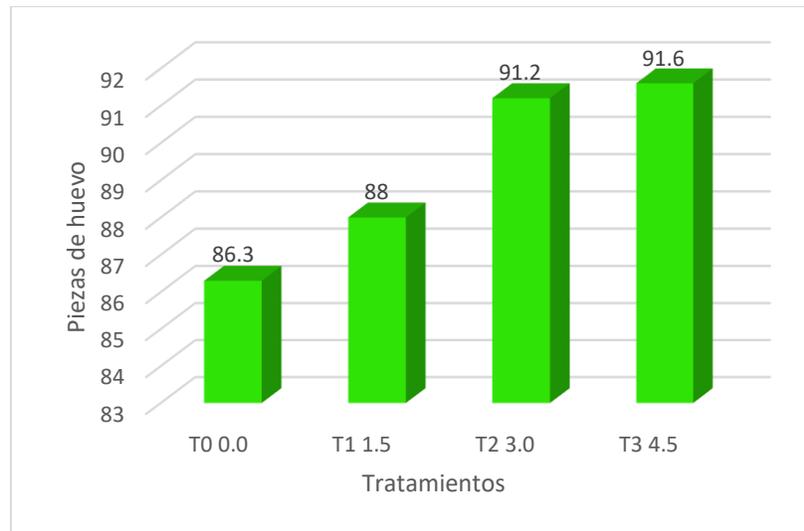


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (gr) gr, (CAPPD) consumo de alimento promedio por semana.

9.1.2. Producción de piezas de huevo por semana

Para la variable PPHS no presento diferencias estadísticamente significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de 89.2750 ± 28.93 piezas, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor PPHS fue el del T3 con 91.6 piezas seguido del T2 con 91.2 piezas, T1 con 88 piezas y T0 con 86.3 piezas.

Grafica 3. Producción de piezas de huevo por semana de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

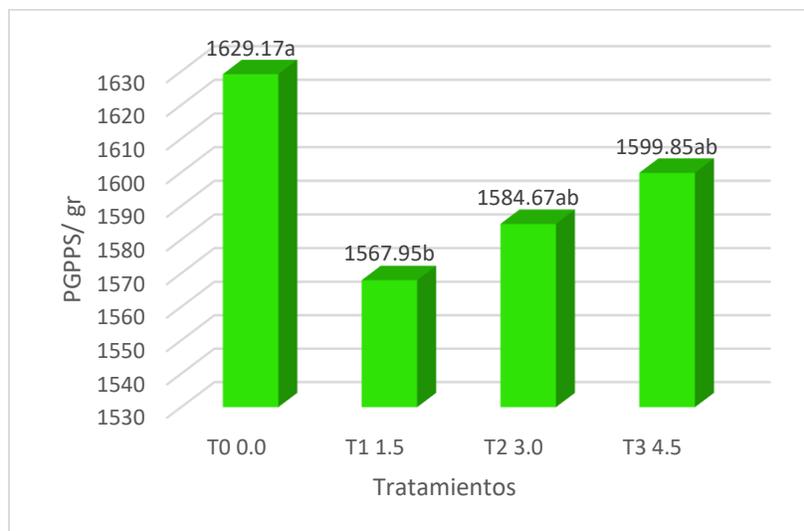


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento.

9.1.3. Peso de gallinas promedio por semana

Esta variable presento diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$), entre las medias de los tratamientos, la media de los tratamientos fue de $1595.410 \text{ gr} \pm 42.89 \text{ gr}$, observando que la inclusión de harina de cáliz de jamaica en el alimento no presenta efecto en el peso de las gallinas pues el T0 presento el mayor PGPPS con 1629.17^a gr mientras que los demás tratamientos resultaron ser menores en PGPPS, T3 1599.85^{ab} gr , T2 1584.67^{ab} gr y T1 1567.95^b gr .

Grafica 4. Peso de gallinas promedio por semana de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

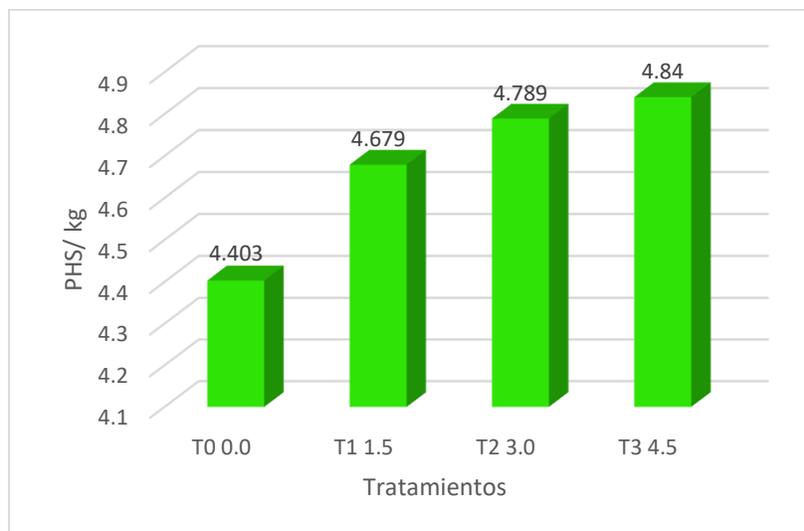


(a-b) Diferentes letras en las filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (gr) gr, (PGPPS) peso de gallinas promedio por semana.

9.1.4. Producción de huevo semanal

Para la variable PHS no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $4.677 \text{ kg} \pm 1.36 \text{ kg}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, la mejor PHS fue en el T3 con 4.84 kg seguido del T2 con 4.789 kg, T1 con 4.679 kg y T0 con 4.403 kg.

Grafica 5. Producción de huevo semanal de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

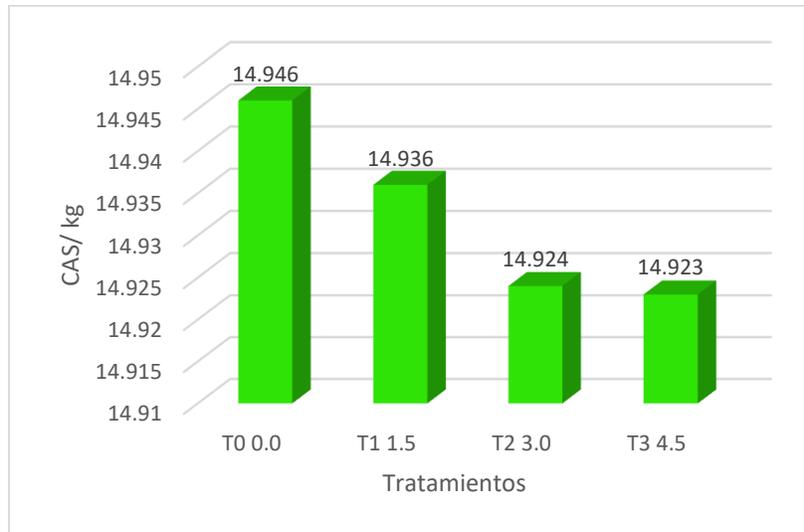


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (kg) kilogr, (PHS) producción de huevo semanal.

9.1.5. Consumo de alimento semanal

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $14.932 \text{ kg} \pm 0.30 \text{ kg}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor CAS fue el del T0 con 14.946 kg seguido del T1 con 14.936 kg , T2 con 14.924 kg y T3 con 14.923 kg .

Grafica 6. Consumo de alimento semanal de las gallinas en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

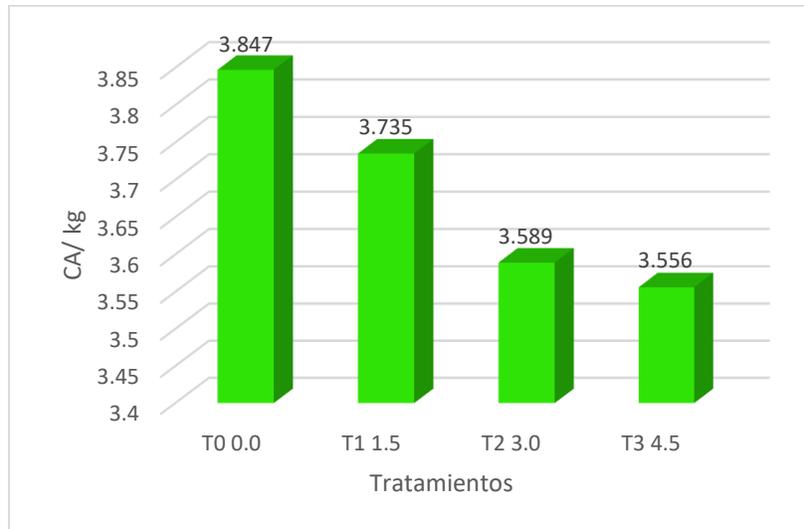


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (kg) kilogr, (CAS) consumo de alimento semanal.

9.1.6. Conversión alimenticia

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $3.681 \text{ kg} \pm 1.92 \text{ kg}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, la mejor CA fue en el T3 ya que con 3.556 kg de alimento se logró producir un kg de huevo en cambio en el T2 con 3.589 kg, T1 con 3.735 kg y T0 con 3.847 kg de alimento.

Grafica 7. Conversión alimenticia de las gallinas en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

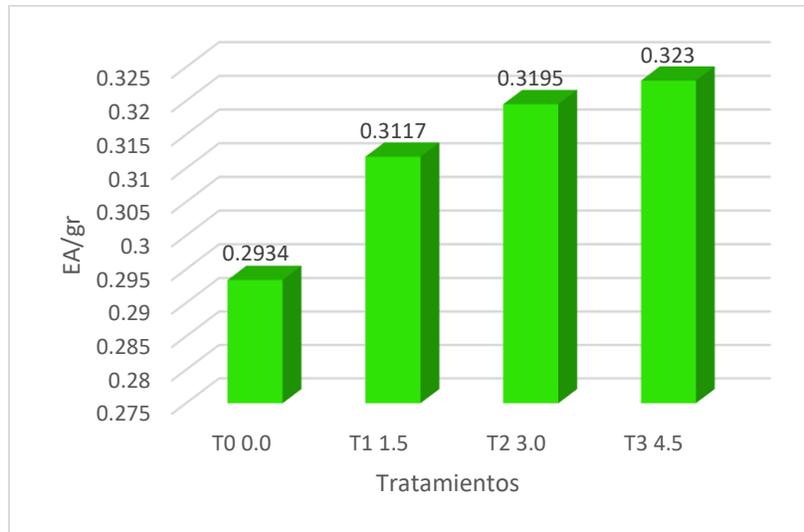


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (kg) kilogr, (CA) conversión alimenticia.

9.1.7. Eficiencia alimenticia

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $0.31 \text{ gr} \pm 0.08 \text{ gr}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, la mejor EA fue en el T3 con 0.323 gr seguido del T2 con 0.319 gr, T1 con 0.311 gr y T0 con 0.293 gr de EA.

Grafica 8. Eficiencia alimenticia de las gallinas en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento



T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (gr) gr, (EA) eficiencia alimenticia.

9.2. Variables de calidad de huevo

Cuadro 7. Resumen de las variables de calidad de huevo de tratamientos con inclusión de cáliz de Jamaica en el alimento

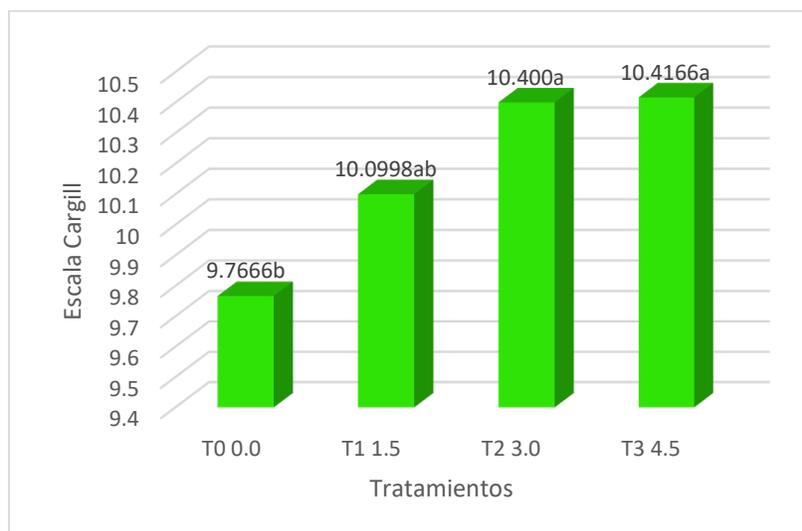
VARIABLE	DOSIS				PROB	SEM	EFECTO		CONTROL
	T0 0.0	T1 1.5	T2 3.0	T3 4.5			LINEAL	CUADRATICO	VS CALIZ
PPC	9.76 _b	10.09 _{ab}	10.40 _a	10.41 _a	0.0001	0.2801	0.0001	0.0824	0.5310
PPY	12.433	12.416	12.700	12.433	0.1424	0.3104	0.5233	0.2111	0.0607
PESOH	52.4600	51.8970	51.6070	51.0070	0.3257	1.7505	0.0685	0.9735	0.8152
ALTOH	52.9830 _a	52.5460 _{ab}	52.5340 _{ab}	52.4510 _b	0.0243	0.4039	0.0079	0.1744	0.3910
ANCHOH	41.9758	41.8590	41.7538	41.5200	0.3054	0.5474	0.0654	0.7374	0.8605
PY	12.000	12.066	12.100	11.666	0.0851	0.4074	0.1016	0.0602	0.4541
AY	15.145	15.200	15.348	15.371	0.5410	0.4097	0.1626	0.9024	0.7089
ANY	35.295	35.252	35.387	34.916	0.7746	1.0675	0.5111	0.5301	0.6067
VC	32.499	31.751	32.000	32.068	0.8416	1.8693	0.6952	0.4945	0.6586
PC	32.216	31.250	31.700	31.635	0.5250	1.4421	0.5301	0.3298	0.3500
PCAS	7.400	7.518	7.051	7.199	0.2556	0.5531	0.1799	0.9321	0.1338
GCAS	0.384	0.409	0.379	0.379	0.3696	0.0436	0.4711	0.3716	0.1774

(a-b) Diferentes letras en las filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). Tratamientos, (T0 0.0) tratamiento son cáliz de jamaica; (T1 1.5) tratamiento 1 con 1.5% de inclusión de cáliz de jamaica en el alimento; (T2 3.0) tratamiento 2 con 3% de inclusión de cáliz de jamaica en el alimento; (T3 4.5) tratamiento 3 con 4.5% de inclusión de cáliz de jamaica en el alimento. Variables, (PPC) pigmentación promedio cascara; (PPY) pigmentación promedio yema; (PESOH) peso del huevo; (ALTOH) alto del huevo; (ANCHOH) ancho del huevo; (PY) peso yema; (AY) alto yema; (ANY) ancho yema; (VC) volumen clara; (PC) peso clara; (PCAS) peso cascara; (GCAS) grosor cascara (PROB) probabilidad; (SEM) error estándar medio.

9.2.1. Pigmentación de cascara de huevo

Esta variable presenta diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$), entre las medias de los tratamientos, la media de los tratamientos fue de 10.17 ± 0.28 , observando que la inclusión al 4.5% (T3) de harina de cálix de jamaica en el alimento sí presenta efecto en la pigmentación del cascara de huevo, pues el T3 presentó el mayor nivel de pigmentación de acuerdo a la escala Cargill (1 a 15) con 10.416^a mientras que los demás tratamientos resultaron ser inferiores, T2 10.400^a , T1 10.099^{ab} y T0 9.766^b .

Grafica 9. Pigmentación promedio de cascara de huevo en tratamientos con la inclusión de cálix de jamaica en el alimento



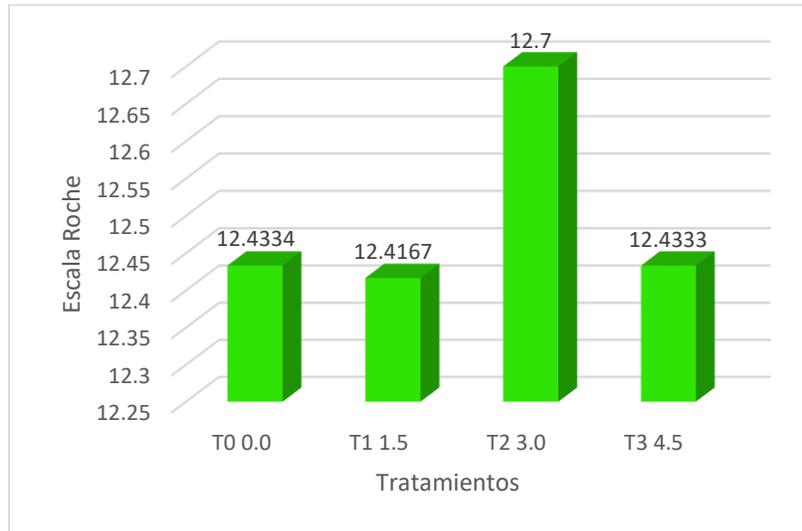
(a-b) Diferentes letras en las filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). T0 tratamiento testigo 0% de cálix de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cálix de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cálix de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cálix de jamaica en el alimento

9.2.2. Pigmentación de yema de huevo

Esta variable no presenta diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de 12.49 ± 0.31 , aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor nivel de pigmentación de yema de huevo se logró en el T2 donde arrojó un resultado de 12.7

en escala Roche (1-15) seguido del T0 con 12.43 igualado con T3 con 12.43 y por ultimo T1 12.41.

Grafica 10. Pigmentación de yema de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

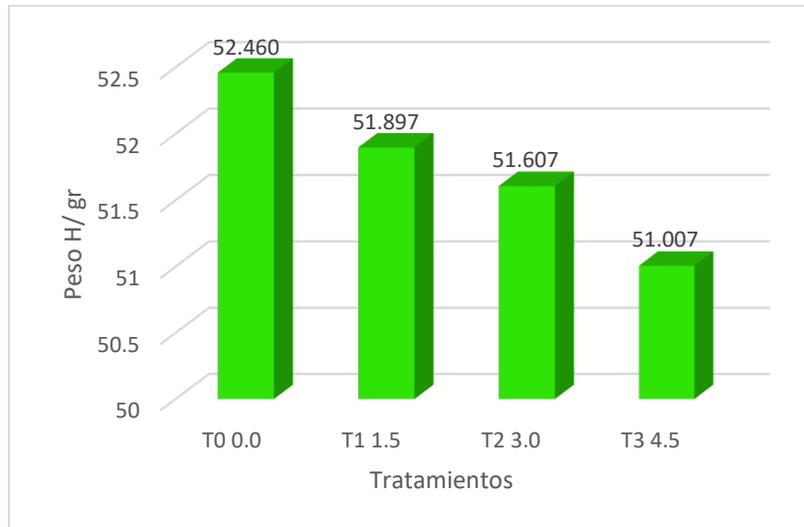


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento

9.2.3. Peso del huevo

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de 51.74 ± 1.74 gr, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor Peso H fue el del T0 con 52.46 gr seguido del T1 con 51.89 gr, T2 con 51.60 gr y T3 con 51.00 gr.

Grafica 11. Peso del huevo de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento.



T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (gr) gr.

9.2.4. Alto del huevo

Esta variable presento diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$), entre las medias de los tratamientos, la media de los tratamientos fue de 52.628 ± 0.40 mm, observando que la inclusión de harina de cáliz de jamaica en el alimento no presenta efecto en el alto de huevo pues el T0 presento el mayor Alto H con 52.983^a mm mientras que los demás tratamientos T1, T2 y T3 resultaron menores en Alto H. con 52.546^{ab} mm, 52.534^{ab} mm y 52.451^b mm.

Grafica 12. Alto del huevo de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

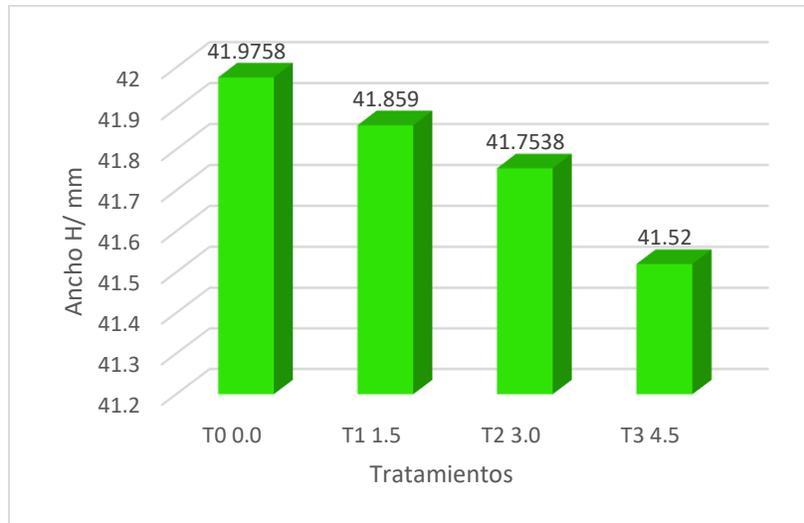


(a-b) Diferentes letras en las filas indican diferencias significativas ($P < 0.05$). T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (mm) milímetros.

9.2.5. Ancho del huevo

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de 41.7767 ± 0.54 gr, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor Ancho H fue el del T0 con 41.975 mm seguido del T1 con 41.859 mm, T2 con 41.753 mm y T3 con 41.520 mm.

Grafica 13. Ancho del huevo de los tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

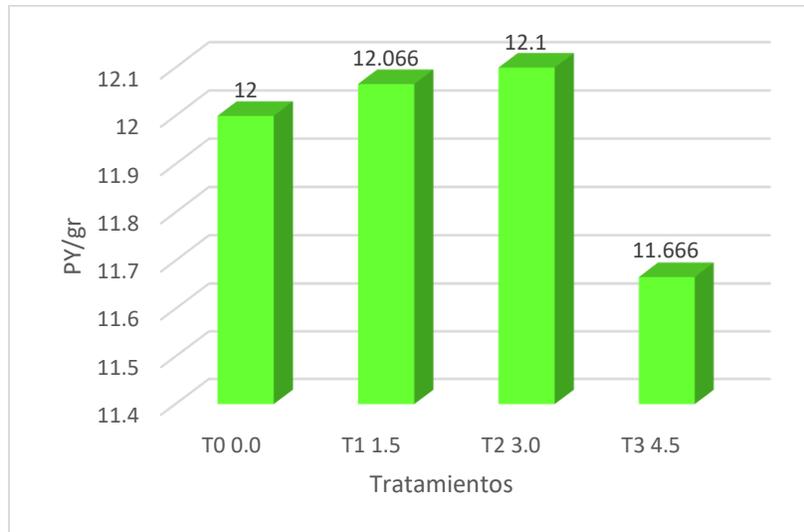


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento; (mm) milímetros.

9.2.6. Peso yema

Esta variable no presenta diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $11.958 \text{ gr} \pm 0.407 \text{ gr}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor peso de yema de huevo se logró en el T2 donde arrojó un resultado de 12.100 gr seguido del T1 con 12.066 gr , T0 con 12.000 gr y por último T3 con 11.666 gr .

Grafica 14. Peso de yema de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

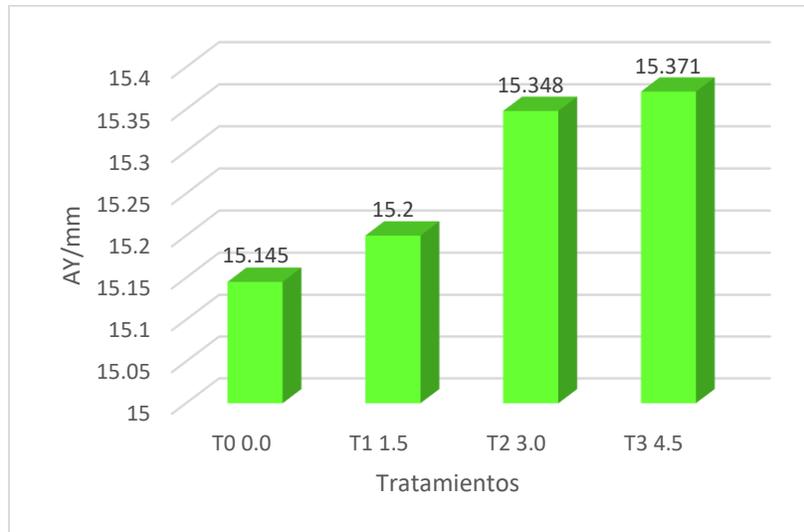


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento, (PY) peso yema, (gr) gr

9.2.7. Alto yema

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $15.266 \text{ mm} \pm 0.409 \text{ mm}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor alto de yema de huevo se logró en el T3 donde arrojó un resultado de 15.371 mm seguido del T2 con 15.3480 mm , T1 con 15.200 mm y por ultimo T0 con 15.145 mm .

Grafica 15. Alto de yema de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

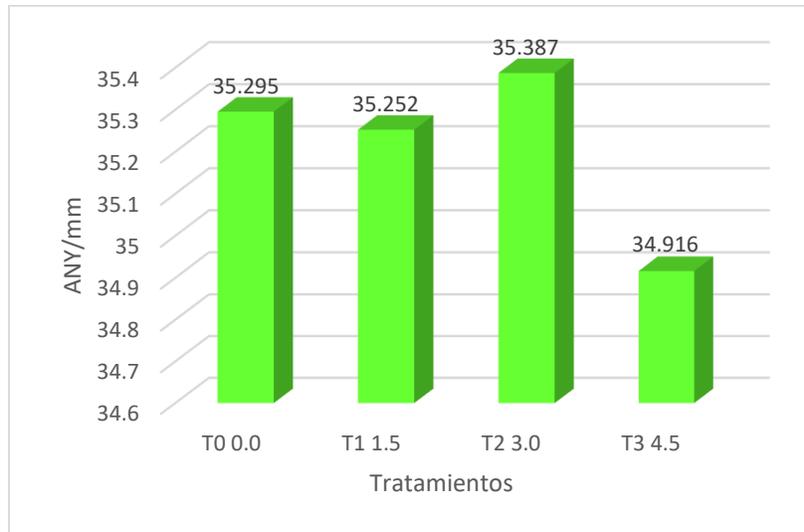


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento, (AY) alto yema, (mm) milímetros

9.2.8. Ancho yema

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $35.212 \text{ mm} \pm 1.067 \text{ mm}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor ancho de yema de huevo se logró en el T2 donde arrojó un resultado de 35.387 mm seguido del T0 con 35.295 mm , T1 con 35.252 mm y por ultimo T3 con 34.916 mm .

Grafica 16. Ancho de yema de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

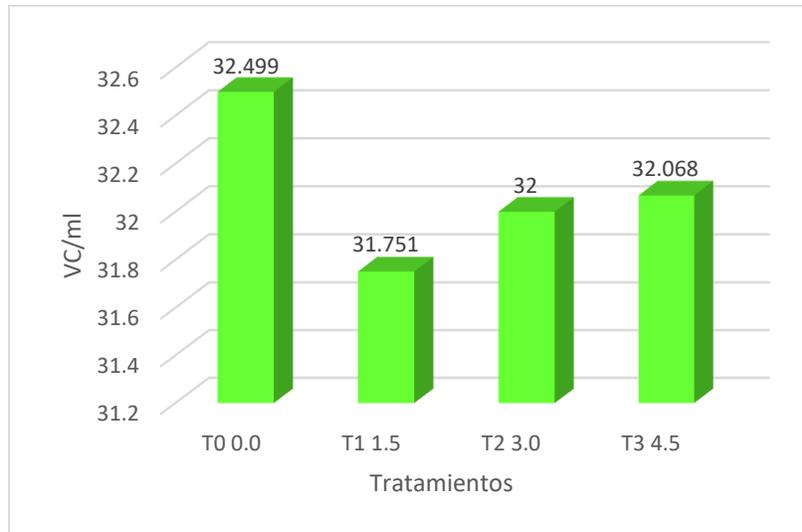


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento, (ANY) ancho yema, (mm) milímetros

9.2.9. Volumen de la clara de huevo

Esta variable no presenta diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $32.079 \text{ ml} \pm 1.869 \text{ ml}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor ancho de yema de huevo se logró en el T0 donde arrojó un resultado de 32.499 ml seguido del T3 con 32.068 ml , T2 con 32.000 ml y por último T1 con 31.751 ml .

Grafica 17. Volumen de la clara de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

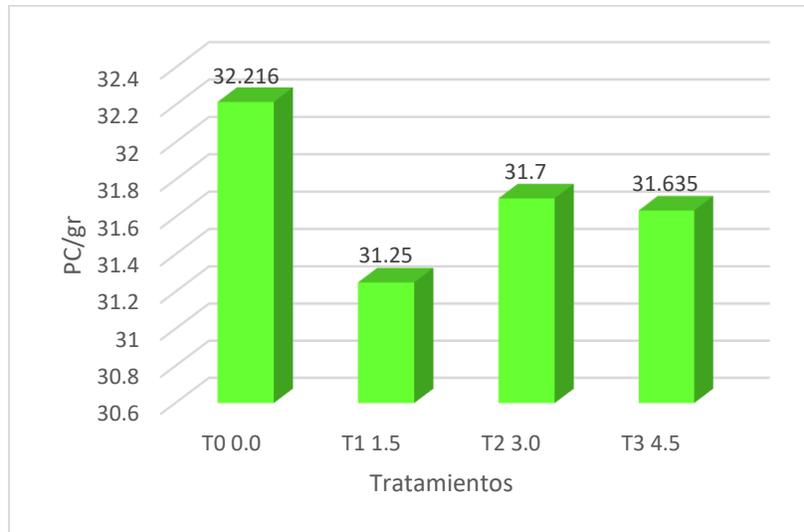


T0 tratamiento testigo 0% de cáiz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáiz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáiz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáiz de jamaica en el alimento, (VC) volumen clara, (ml) mililitros

9.2.10. Peso clara

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $31.700 \text{ gr} \pm 1.442 \text{ gr}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor ancho de yema de huevo se logró en el T0 donde arrojó un resultado de 32.216 gr seguido del T2 con 31.700 gr , T3 con 31.635 gr y por último T1 con 31.250 gr .

Grafica 18. Peso de la clara de huevo en tratamientos con la inclusión de cáiz de jamaica en el alimento

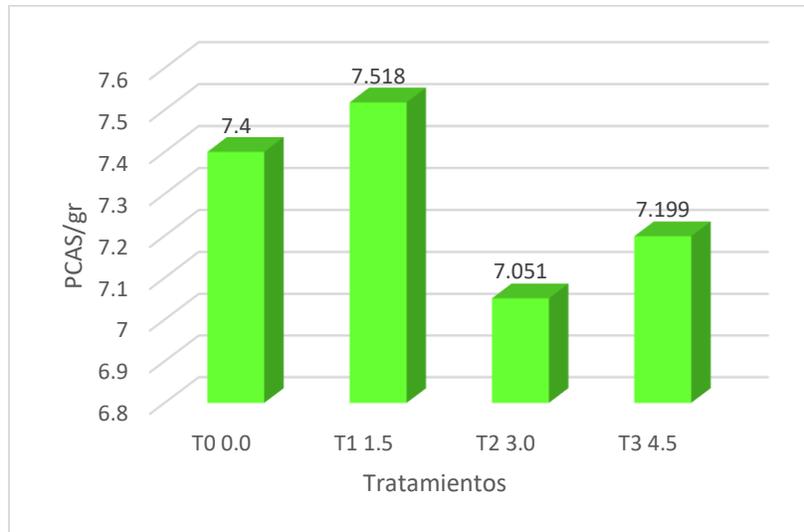


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento, (PC) peso clara, (gr) gr

9.2.11. Peso cascaron

Esta variable no presento diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $7.292 \text{ gr} \pm 0.553 \text{ gr}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor ancho de yema de huevo se logró en el T1 donde arrojó un resultado de 7.518 gr seguido del T0 con 7.400 gr , T3 con 7.199 gr y por ultimo T2 con 7.051 gr .

Grafica 19. Peso del cascaron de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento

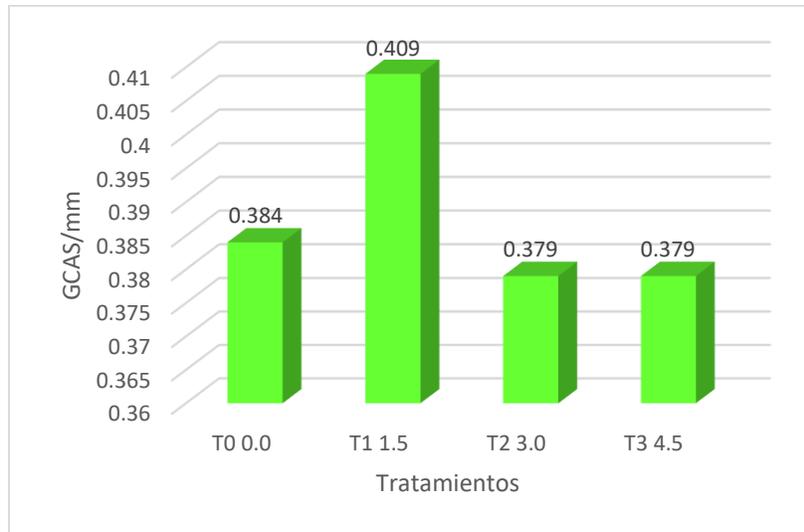


T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento, (PCAS) peso cascara, (gr) gr

9.2.12. Grosor cascara

Esta variable no presenta diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos, siendo la media para los tratamientos de $0.387 \text{ mm} \pm 0.043 \text{ mm}$, aunque no hay diferencia estadística, existen diferencias aritméticas, el mejor ancho de yema de huevo se logró en el T1 donde arrojó un resultado de 0.409 mm seguido del T0 con 0.384 mm , T3 con 0.379 mm y por último T2 con 0.379 mm .

Grafica 20. Grosor del cascara de huevo en tratamientos con la inclusión de cáliz de jamaica en el alimento



T0 tratamiento testigo 0% de cáliz de jamaica en el alimento, T1 tratamiento con inclusión del 1.5% de cáliz de jamaica en el alimento, T2 tratamiento con inclusión del 3% de cáliz de jamaica en el alimento, T3 tratamiento con inclusión del 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento, (GCAS) grosor cascaron, (mm) milímetros

X. DISCUSION

Consumo de alimento promedio por día

La inclusión de harina de cáliz de jamaica no repercutió en el consumo de alimento promedio por día, sin embargo el mayor consumo de alimento se registró en el T0 donde se tuvo un consumo de 118.05 gr de alimento por día y el menor consumo de alimento se registró en el T2 con 117.61 gr, estos consumos de alimento son mayores a los reportados por Chávez (2018) quien en su trabajo de investigación implemento la flor de marigold (*Tagetes erecta*) a diferentes porcentajes de inclusión (T1 0,1%, T2 0.2% y T3 0.3%) en el alimento para gallinas Novogen Brown, obteniendo el mayor consumo de alimento en el T0 con 109 gr y el menor consumo de alimento en el T1 con 101 gr.

Peso de las gallinas promedio por semana

Entre los pesos de las gallinas existió una diferencia significativa registrando el peso más alto en el T0 con 1629.17 gr y peso más bajo en el T1 con 1567.95 gr, estos datos son menores a los registrados por Yalta (2016) quien en su trabajo de investigación implemento la harina de achiote a diferentes porcentajes de inclusión (T0 0%, T1 1.5%, T2 3.0 % y T3 4.5 %) en el alimento obteniendo los mayores pesos de las gallinas en el T0 y T3 con 2090 gr y el menor peso registrado en el T1 con 2050 gr.

Producción de huevo semanal

En la producción de huevo no existieron diferencias significativas sin embargo la mayor producción de huevo semanal se logró con T3 registrando una producción de 4.789 kg, este resultado es menor al registrado por Chávez (2018) quien en su trabajo de investigación implemento la flor de marigold (*Tagetes erecta*) a diferentes porcentajes de inclusión (T1 0,1%, T2 0.2% y T3 0.3%) en el alimento para gallinas Novogen Brown, obteniendo una producción semanal de huevo de 29.93 kg con el T3, esta diferencia de resultados se debe a que en su trabajo de investigación uso 288 gallinas.

Conversión alimenticia

No hubo diferencias significativas sin embargo la mejor conversión alimenticia se registró en el T3 en donde con 3.589 kg de alimento se logró producir 1 kg de huevo, este resultado fue menor al registrado por Chávez (2018) quien en su trabajo de investigación implemento la flor de marigold (*Tagetes erecta*) a diferentes porcentajes de inclusión (T1 0,1%, T2 0.2% y T3 0.3%) en el alimento para gallinas Novogen Brown, obteniendo la mejor conversión alimenticia en el T3 con 1.87 kg de alimento /kg de huevo.

Eficiencia alimenticia

En la eficiencia alimenticia no existió diferencias significativas, sin embargo, el mejor resultado se obtuvo en el T0 con 0.293 gr, este resultado es mayor al registrado por Vazquez (2015) quien en su trabajo de investigación uso 4 dietas con diferentes niveles de energía (T1 2,600 Kcal/ kg, T2 2,700 Kcal/ kg, T3 2,800 Kcal/ kg y T4 2,900 Kcal/ kg) obteniendo la mejor eficiencia alimenticia en el T4 con 0.067 gr.

Pigmentación de cascarron

La harina de cáliz de jamaica tuvo efecto significativo en la pigmentación del cascarron de huevo pues la mejor pigmentación de casaron se dio en el T3 con 10.41 en la escala Cargill este resultado es mayor al registrado por Segura (2021) quien en su trabajo de investigación uso una infusión de achiote (T1 200gr de achiote/ 4,000 ml, T2 únicamente agua) logrando un nivel de pigmentación de cascarron de 9 en la escala Cargill.

Pigmentación de yema

La harina de cáliz de jamaica no tuvo efecto significativo en la pigmentación de yema de huevo, sin embargo, el mejor resultado se dio con el T2 con 12.7 en la escala Roche, este resultado es mayor al registrado por Chávez (2018) quien en su trabajo de investigación implemento la flor de marigold (*Tagetes erecta*) a diferentes porcentajes de inclusión (T1 0,1%, T2 0.2% y T3 0.3%) en el alimento para gallinas

Novogen Brown, obteniendo un nivel de pigmentación de 11.2 en la escala roche, con el T3, 0.3% de harina de flor de marigold.

Peso de huevo

La inclusión de harina de cáliz de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa L.*) en la ración no influye significativamente sobre el peso del huevo, donde el T0 tuvo un peso de 52.46 gr de huevo resultando ser mayor en comparación con los demás tratamientos este resultado fue menor al registrado por Chávez (2018) quien en su trabajo de investigación implemento la flor de marigold (*Tagetes erecta*) a diferentes porcentajes de inclusión (T1 0,1%, T2 0.2% y T3 0.3%) en el alimento para gallinas Novogen Brown, obteniendo el mayor peso de huevo con 61.71 gr utilizando 0.3% de harina de flor de marigold incluida en la ración.

Alto de huevo

Con el T0 se obtuvo el mayor alto de huevo registrando una altura de 52.98 mm teniendo diferencias significativas con el resto de los demás tratamientos, este resultado es inferior al registrado por Segura (2021) quien en su trabajo de investigación uso una infusión de achiote (T1 200gr de achiote/ 4,000 ml, T2 únicamente agua) logrando obtener una mayor altura de huevo de 56.63 mm.

Ancho de huevo

La inclusión de harina de cáliz de jamaica no influyo de manera significativa en el ancho del huevo, el mayor ancho de huevo fue de 41.97 mm y se logró con el T0, este resultado es menor al registrados por Segura (2021) quien en su trabajo de investigación uso una infusión de achiote (T1 200gr de achiote/ 4,000 ml, T2 únicamente agua) logrando obtener el mayor ancho de huevo con 43.08 mm suministrando una dosis de infusión de achiote 200gr/ 4,000 ml en el T1.

Peso de yema

La inclusión de harina de cáliz de jamaica no influyo de manera significativa en el peso de la yema de huevo sin embargo el mejor peso de la yema se logró en T2 donde se registró un peso de 12.100, este resultado es menor al registrado por Pipicano (2015) quien en su trabajo de investigación implemento la harina de cangrejo a diferentes porcentajes de inclusión (T1 0%, T2 30 %, T3 22.5% y T4 26. 25%) obteniendo el mayor de peso de yema de huevo con 17.1 g al incluir 30% de harina de cangrejo en el T2.

Alto de yema

La inclusión de harina de cáliz de jamaica no repercutió en el alto de yema, sin embargo, el mayor alto de yema se registró en el T3 donde se tuvo un alto de yema de 15.371 mm, este resultado es mayor al registrado por Carranco *et al.* (2019) quien en su trabajo de investigación implemento la harina de cabeza de camarón a diferentes porcentajes de inclusión (T0 0%, T1 10%, T2 20% y T3 25%) obteniendo la mayor altura de yema con 9.26 mm utilizando el 20% de inclusión en la dieta de cabeza de camarón en el T2.

Peso de clara

La inclusión de harina de cáliz de jamaica no repercutió en el peso de la clara de huevo, sin embargo, el mayor peso de clara se registró en el T1 donde se tuvo un peso de clara de 32.21 gr, este resultado es menor al registrado por Pipicano (2015) quien en su trabajo de investigación implemento la harina de cangrejo a diferentes porcentajes de inclusión (T1 0%, T2 30 %, T3 22.5% y T4 26. 25%) obteniendo el mayor peso de clara con 40.74 gr, utilizando en la dieta el 30% de inclusión de harina de cangrejo en el T2.

Peso de cascara

La inclusión de harina de cáliz de jamaica no repercutió en el peso del cascara de huevo, sin embargo, el mayor peso de cascara se registró en el T1 donde se tuvo un peso de cascara de 7.51 gr, este resultado es similar al registrado por Pipicano, (2015) quien en su trabajo de investigación implemento la harina de cangrejo a

diferentes porcentajes de inclusión (T1 0%, T2 30 %, T3 22.5% y T4 26. 25%) obteniendo el mayor peso de cascaron con 8.1 gr, utilizando en la dieta el 30% de inclusión de harina de cangrejo en el T2.

Grosor de cascaron

La inclusión de harina de cáliz de jamaica no repercutió en el grosor del cascaron de huevo, sin embargo, el mayor grosor de cascaron se registró en el T1 donde se tuvo un grosor de cascaron de 0.409 mm, este resultado es mayor al registrado por Carranco *et al.* (2019) quien en su trabajo de investigación implemento la harina de cabeza de camarón a diferentes porcentajes de inclusión (T0 0%, T1 10%, T2 20% y T3 25%) obteniendo el mayor grosor de cascaron con 0338 mm, utilizando en la dieta el 10% de inclusión de harina de cabeza de camarón en el T1.

XI. CONCLUSIONES

La inclusión de harina cáliz de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) no tuvo efecto en los parámetros productivos, CAPPD, PPHS, PGPS, PHS, CAS, CA y EA, ni en las variables de calidad de huevo, peso H, Alto H, Ancho H, peso clara, volumen clara, peso cascara, grosor de cascara y pigmentación de la yema de huevo. Sin embargo, la inclusión al 4.5% de cáliz de jamaica en el alimento mejora la pigmentación en el cascara de huevo de las gallinas ponedoras Lohmann Brown bajo un sistema intensivo.

El uso de harina de cáliz de jamaica puede ser utilizado en una concentración de 4.5% incluido en el alimento para gallinas de postura Lohmann Brown, no mejora las variables productivas, pero si funciona como mejorador de la pigmentación de cascara de huevo.

XII. RECOMENDACIONES

- Replicar el presente trabajo formulando una dieta basal
- Se recomienda que para otros trabajos de investigación suministrar el cáliz de jamaica en agua por medio de una infusión o solución
- Realizar investigaciones con diferentes clases de pigmentos de origen natural como el betabel (*Beta Vulgaris*) la pitaya roja (*Hylocereus ocamposis*), el azafrán (*Crocus sativus*) entre otros.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

Angulo Asensio, E. (2009). *Fisiología aviar*. Universidad de Lleida.

Araneda, M. (2020). *Huevos y Derivados. Composición y Propiedades*.

Ariza Flores, R., Serrano Altamirano, V., Michel Aceves, A. C., Barrios Ayala, A., Otero Sanchez, M. A., Avendaño Arzate, C. H., & Noriega Cantú, D. (2017). Características bioquímicas y calidad nutracéutica de cinco variedades de jamaica en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 269- 280.

Ballina G. Bencomo, A. (2008). *Manejo eficiente de gallinas de patio*. Nicaragua: PESA.

Caravaca Rodriguez , F. p., Catel Genis, J. M., Guzman Guerrero, J. L., Delgado Pertiñez, M., Mena Guerrero, Y., Alcalde Aldea, M. J., & Gonzalez , R. P. (2003). *Bases se la produccion animal*. Sevilla España : Universidad de Sevilla.

Carranco Jauregui, M. E., Barrita Ramirez, V., Fuentes Martinez, E., & Sangines Garcia, L. (2019). Inclusión de harina de *Tithonia diversifolia* en raciones para gallinas ponedoras de primer ciclo y su efecto sobre la pigmentación de yema de huevo . *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* , 355-368.

Carvajal, O., Waliszewski, S., & Infanzon, R. M. (2006). Maravillas de la jamaica. *Divulgación científica y tecnológica de la universidad veracruzana* , 15-14.

Chávez Pizango , P. C. (2018). *Uso de harina de marigold (tagetes erecta) en la ración y su efecto en el desempeño productivo y calidad de huevo de gallinas Novogen Brown*. [Tesis de licenciatura., Universidad Nacional de la Amazonia Peruana].

Cubillos Castañeda, L. N., & Pava Mora, L. Y. (2020). *Evaluación de la extracción de pigmentos vegetales como la antocianina a partir de diferentes frutos*

silvestres para uso alimenticio. [Tesis de licenciatura., Fundacion Universidad de America].

Epinoza Fernández, H. (2008). *Pigmentos orgánicos e inorgánicos utilizados en la industria de pinturas o recubrimientos y del plástico*. [Tesis de licenciatura., Universidad de Chile].

FAO. (2022). *Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura* . Obtenido de <https://www.fao.org/poultry-production-products/production/es/>

FAO, & Alders, R. (2005). *Folleto de la FAO sobre diversificación 3*. Obtenido de Producción Avícola por Beneficio y por Placer: <http://www.fao.org/3/y5114s/y5114s00.htm#Contents>

Garcia, O. R. (2017). *Origen de la aves tercera parte origen de las gallinas*. Colombia: AMEVEA.

Gil Hernandez, Á., & Ruiz Lopez, M. D. (2010). *Composicion y calidad nutritiva de los alimentos* . Madrid .

Godoy, M. (2014). *El sistema digestivo en diferentes especies de aves*. Obtenido de <https://bionotas.files.wordpress.com/2014/09/sist-dig-diferentes-especies-aves.pdf>

Gómez Márquez, H. R. (2015). *Sistema productivo avicola, caso de estudio: "Granjeros Guaycura"*. [Tesis de licenciatura., Instituto Tecnológico de La Paz].

Hopeman , R. J. (1994). *Administracion de produccion y operaciones* . México: CECSA.

INDESOL. (Sf). *Guia- manual aves productoras de huevo y carne*. México: SEDESOL.

- Lara, G. (27 de agosto de 2021). *Crece 4% la producción de pollo en México para 2022*. Obtenido de Inforural: <https://www.inforural.com.mx/crece-4-la-produccion-de-pollo-en-mexico-para-2022/>
- Maguregui, E. (4 de 05 de 2020). *El color de la yema del huevo y los pigmentantes*. Obtenido de Veterinaria digital : <https://www.veterinariadigital.com/articulos/el-color-de-la-yema-del-huevo-y-los-pigmentantes>.
- Masaquiza Moposita , D. A. (2012). *Evaluación de cuatro atrapadores de micotoxinas (Micofix Plus, Mycofix Select, Aluminosilicatos, Paredes de Levaduras) en dietas para pollos parrilleros en crecimiento- engorde*. [Tesis de licenciatura., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Mata, M. (09 de Octubre de 2021). *Esta es la producción y consumo de huevo en el Edomex*. Obtenido de MILENIO: <https://www.milenio.com/politica/comunidad/huevo-consumo-y-produccion-en-el-edomex>.
- Meringer, M. V. (2020). *Extracción y separación de pigmentos vegetales*. Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto.
- OMECEGA . (23 de marzo de 2021). *Producción avícola mexicana subirá en 2021 al ser la proteína más popular*. Obtenido de Organización Mexicana de Certificación Ganadera Y Alimentaria: <https://www.omecega.org.mx/noticias/produccion-avicola-mexicana-subira-en-2021-al-ser-la-proteina-mas-popular#:~:text=En%20cuanto%20a%20la%20evoluci%C3%B3n,24%2C40%20kilos%20en%202021>.
- Parra Ortega, V. P. (2004). *Estudio comparativo en el uso de colorantes naturales y sintéticos en alimentos, desde el punto de vista funcional y toxicológico*. [Tesis de licenciatura., Universidad Austral de Chile].

- Pascual Anderson, M., & Calderon y Pascual , V. (2000). *Microbiología alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas* . Madrid, España : Diaz de Santos.
- Pipicano Mamián, D. I. (2015). *efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río (Procambus clarkii) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad)*. [Tesis de licenciatura., Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Colombia].
- Prada, R. O. (1987). *Raza y líneas comerciales de gllinas*. Colombia: CLEM.
- Productores Agropecuarios Tepexpan, S.A. de C.V. . (2014). *Programa de alimentación para gallinas* . Obtenido de <http://uniontepexpan.com.mx/gallinaP.pdf>
- Quintana Lopez, A., Hurtado Oliva , M. A., Hernandez , C., & Palacios Mechetnov, E. (2018). *Carotenoides .¿Que son y para que se usan?* (Vol. 69). Ciencia.
- Reyes Pla, S. (2002). *Los ovoproductos: tipo y proceso, En: Lecciones sobre huevo* (1ª ed.). Madrid, España: Instituto de Estudios del Huevo.
- Roque , G. (2012). *Pigmentos, tintes y formas*. Puebla, México: Benemerita Universidad Autónoma de Puebla. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=59425511006>
- Ruiz Pilarte , Y. A., & Rios Obando , N. G. (2016). *Cadena de comercialización de la flor de jamaica (Hibiscus sabdariffa)*. [Tesis de licenciatura., Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].
- S.A.Producción animal. (Sf). *Manual de avicultura*. Argentina: Buenos aires la provincia.

- SADER. (28 de Octubre de 2021). *Gobierno de Mexico* . Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/sector-avicola-estrategico-en-las-metas-de-autosuficiencia-alimentaria-en-el-pais-agricultura>.
- Sastre Gallegos , A., Satre Gallegos , R. M., Tortuero Cosialls, F., Suárez Fernández, G., Vergara García, G., & López Nomdedeu, C. (2002). *Lecciones sobre el huevo* (1° ed.). Madrid, España: Instituto de Estudios del Huevo.
- SENASICA. (2019). *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de huevo para plato* (3 ed.). México: SADER.
- Sevilla Maximino, S. (2015). *Calidad y manejo de huevo para plato*. [Tesis de licenciatura., Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro].
- SIAP. (2021). *Escenario mensual de productos agroalimentarios* . México: Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural .
- Solla S.A. (2015). *Solla nutricion animal* . Obtenido de https://www.solla.com/sites/default/files/productos/secciones/adjuntos/Manual%20De%20Manejo%20Ponedoras%20Para%20Huevo%20Comercial_0.pdf
- Téllez Flores, J. A. (2011). *Manual de gallinas de patio* . Nicaragua: Managua UNA.
- UNA. (2021). Obtenido de Union Nacional de Avicultores : <https://una.org.mx/industria/#>
- Vaca L., A. (2003). *Produccion avicola*. [Tesis de licenciatura., Universidad Estatal a Distancia].
- Vargas González, O. N. (2015). *AVICULTURA*. Ediciones UTMACH. Obtenido de <https://docplayer.es/30980614-Avicultura-oliverio-napoleon-vargas-gonzalez-universidad-tecnica-de-machala.html>

Yalta Valqui, M. (2016). *Efecto de achiote (Bixa orellana L.) en los parametros productivos y calidad de huevo en gallinas de postura lohmann brown-classic*. [Tesis de licenciatura., Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas].

XIV. ANEXOS

Cuadro 8. Análisis de varianza para consumo de alimento promedio por día

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	1.173	0.391	0.02	0.995
Error	36	609.357	16.926		
Total correcto	39	610.531			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	CAPPD Media
0.0019	3.493	4.114	117.766

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.5090	0.5090	0.03	0.8633
Cuadrático	1	0.6528	0.6528	0.04	0.8454
Control vs Extracto	1	0.0117	0.0117	0.00	0.9792

Cuadro 9. Análisis de varianza para promedio de piezas de huevo por semana

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	195.875	65.291	0.08	0.9715
Error	36	30142.100	837.280		
Total correcto	39	30337.975			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PPHPS Media
0.0064	32.4119	28.9358	89.2750

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	182.405	182.405	0.22	0.6435
Cuadrático	1	4.225	4.225	0.01	0.9438
Control vs Extracto	1	9.245	9.245	0.01	0.9169

Cuadro 10. Análisis de varianza para peso de gallinas promedio por semana

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	20289.52	6763.17	3.68	0.0208
Error	36	66425.88	1840.16		
Total correcto	39	86535.41			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PGPPS Media
0.2344	2.688	42.8971	1595.410

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	2535.93	2535.93	1.38	0.2481
Cuadrático	1	14593.54	14593.54	7.93	0.0078
Control vs Extracto	1	3160.04	3160.04	1.72	0.1983

Cuadro 11. Análisis de varianza para producción de huevo semanal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	1.1419	0.3806	0.21	0.8922
Error	36	66.8017	1.8556		
Total correcto	39	67.9436			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PHS Media
0.0168	29.1209	1.3622	4.6777

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	1.0096	1.0096	0.54	0.4655
Cuadrático	1	0.1265	0.1265	0.07	0.7955
Control vs Extracto	1	0.0057	0.0057	0.00	0.9560

Cuadro 12. Análisis de varianza para consumo de alimento semanal

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	0.0035	0.0011	0.01	0.9980
Error	36	3.3325	0.0925		
Total correcto	39	3.3360			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	CAS Media
0.0010	2.0375	0.3042	14.9322

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.00328	0.00328	0.04	0.8517
Cuadrático	1	0.00020	0.00020	0.00	0.9630
Control vs Extracto	1	0.00008	0.00008	0.00	0.9761

Cuadro 13. Análisis de varianza para conversión alimenticia

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
--------	----	-------------------	----------------------	----------	--------

Modelo	3	0.5455	0.1818	0.05	0.9855
Error	36	133.903	3.7195		
Total correcto	39	134.449			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	CA Media
0.0040	52.3830	1.9286	3.6817

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.5191	0.5191	0.14	0.7109
Cuadrático	1	0.0156	0.0156	0.00	0.9487
Control vs Extracto	1	0.0108	0.0108	0.00	0.9573

Cuadro 14. Análisis de varianza para eficiencia alimenticia

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	0.00523	0.0017	0.22	0.8807
Error	36	0.28322	0.0078		
Total correcto	39	0.28845			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	EA Media
0.0181	28.4378	0.0886	0.3119

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.00466	0.00466	0.59	0.4463
Cuadrático	1	0.00054	0.00054	0.07	0.7934

Control vs Extracto	1	0.00001	0.00001	0.00	0.9609
---------------------	---	---------	---------	------	--------

Cuadro 15. Análisis de varianza para promedio pigmentación de cascarron

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	2.8136	0.9378	11.95	<.0001
Error	36	2.8252	0.0784		
Total correcto	39	5.6388			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PPC Media
0.4989	2.7543	0.2801	10.1707

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	2.5317	2.5317	32.26	<.0001
Cuadrático	1	0.2505	0.2505	3.19	0.0824
Control vs Extracto	1	0.0314	0.0314	0.40	0.5310

Cuadro 16. Análisis de varianza para promedio pigmentación yema

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	0.5575	0.1858	1.93	0.1424
Error	36	3.4696	0.0963		
Total correcto	39	4.0272			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PPY Media
0.1384	2.4844	0.3104	12.4958

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.0400	0.0400	0.42	0.5233
Cuadrático	1	0.1562	0.1562	1.62	0.2111
Control vs Extracto	1	0.3612	0.3612	3.75	0.0607

Cuadro 17. Análisis de varianza para peso de huevo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	10.9799	3.6599	1.19	0.3257
Error	36	110.3134	3.0642		
Total correcto	39	121.2933			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Peso H Media
0.0905	3.3830	1.7505	51.7427

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	10.8066	10.8066	3.53	0.0685
Cuadrático	1	0.0034	0.0034	0.00	0.9735
Control vs Extracto	1	0.1699	0.1699	0.06	0.8152

Cuadro 18. Análisis de varianza para alto de huevo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	1.7291	0.5763	3.53	0.0243
Error	36	5.8737	0.1631		
Total correcto	39	7.6029			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Alto H Media
0.2274	0.7675	0.4039	52.6285

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	1.2928	1.2928	7.92	0.0079
Cuadrático	1	0.3132	0.3132	1.92	0.1744
Control vs Extracto	1	0.1230	0.1230	0.75	0.3910

Cuadro 19. Análisis de varianza para ancho de huevo

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	1.1255	0.3751	1.25	0.3054
Error	36	10.7875	0.2996		
Total correcto	39	11.9130			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ancho H Media
0.0944	1.3103	0.5474	41.7767

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	1.0819	1.0819	3.61	0.0654
Cuadrático	1	0.0342	0.0342	0.11	0.7374
Control vs Extracto	1	0.0093	0.0093	0.03	0.8605

Cuadro 20. Análisis de varianza para peso de yema

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	1.8856	0.3961	2.39	0.0851
Error	36	5.9756	0.1659		
Total correcto	39	7.1642			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Peso Y Media
0.1659	3.4070	0.4074	11.9580

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.4685	0.4685	2.82	0.1016
Cuadrático	1	0.6250	0.6250	3.77	0.0602
Control vs Extracto	1	0.0950	0.0950	0.57	0.4541

Cuadro 21. Análisis de varianza para alto de yema

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	0.3674	0.1224	0.73	0.5410
Error	36	6.0431	0.1678		
Total correcto	39	6.4105			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Alto Y Media
0.0573	2.6838	0.4097	15.2660

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
------------------	-----------	---------------------	-----------------------------	-----------------	------------------

Lineal	1	0.3411	0.3411	2.03	0.1626
Cuadrático	1	0.0025	0.0025	0.02	0.9024
Control vs Extracto	1	0.0237	0.0237	0.14	0.7089

Cuadro 22. Análisis de varianza para ancho de yema

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	1.2672	0.4224	0.37	0.7746
Error	36	41.0268	1.1396		
Total correcto	39	42.2941			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	Ancho Y Media
0.0299	3.0316	1.0675	35.2125

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.5020	0.5020	0.44	0.5111
Cuadrático	1	0.4579	0.4579	0.40	0.5301
Control vs Extracto	1	0.3073	0.3073	0.27	0.6067

Cuadro 23. Análisis de varianza para volumen de la clara

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	2.9034	0.9678	0.28	0.8416
Error	36	125.797	3.4943		
Total correcto	39	128.700			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	VC Media
-------------	----------	----------	----------

0.0225	5.8271	1.8693	32.0795
--------	--------	--------	---------

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.5449	0.5449	0.16	0.6952
Cuadrático	1	1.6646	1.6646	0.48	0.4945
Control vs Extracto	1	0.6938	0.6938	0.20	0.6586

Cuadro 24. Análisis de varianza para peso de la clara

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	4.729	1.576	0.76	0.5250
Error	36	74.868	2.079		
Total correcto	39	79.598			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PC Media
0.0594	4.5492	1.4421	31.7002

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.8359	0.8359	0.40	0.5301
Cuadrático	1	2.0295	2.0295	0.98	0.3298
Control vs Extracto	1	1.8643	1.8643	0.90	0.3500

Cuadro 25. Análisis de varianza para peso de cascara

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	1.2947	0.4315	1.41	0.2556

Error	36	11.0161	0.3060
Total correcto	39	12.3108	

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	PCAS Media
0.1051	7.5860	0.5531	7.2920

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.5724	0.5724	1.87	0.1799
Cuadrático	1	0.0022	0.0022	0.01	0.9321
Control vs Extracto	1	0.7200	0.7200	2.35	0.1338

Cuadro 26. Análisis de varianza para grosor de cascaron

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F- valor	Pr > F
Modelo	3	0.0061	0.0020	1.08	0.3696
Error	36	0.0687	0.0019		
Total correcto	39	0.0748			

R- cuadrado	Coef Var	Raiz MSE	GCAS Media
0.0826	11.2669	0.0436	0.3877

Contraste	DF	Contraste SS	Cuadrado de la media	F- Valor	Pr > f
Lineal	1	0.0010	0.0010	0.53	0.4711
Cuadrático	1	0.0015	0.0015	0.82	0.3716
Control vs Extracto	1	0.0036	0.0036	1.89	0.1774

