



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA**

**CENTRO DE POSGRADOS MAESTRÍA EN NUTRICIÓN Y
PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE MAGÍSTER EN NUTRICIÓN Y PRODUCCIÓN ANIMAL**

**TEMA: “USO DE ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO (AGA) SOBRE
DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y VALORACIÓN ECONÓMICA EN
GALLINAS SEMIPESADAS SOMETIDAS A MUDA FORZADA”**

**AUTORES:
SALCEDO RUALES, ESTEFANY CAROLINA
HERNÁNDEZ SALTOS, YURI CORSINO**

DIRECTOR: ING. GARCÍA BUSTILLOS, MARIO BOLÍVAR

SANGOLQUI

2019



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA
CENTRO DE POSGRADOS**

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, “USO DE ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO (AGA) SOBRE DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y VALORACIÓN ECONÓMICA EN GALLINAS SEMIPESADAS SOMETIDAS A MUDA FORZADA”, fue realizado por los señores *Salcedo Ruales, Estefany Carolina y Hernández Saltos, Yuri Corsino*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 08 de Mayo de 2019

.....
Ing. García Bustillos, Mario Bolívar

C.C: 050290377-6



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, *Salcedo Ruales, Estefany Carolina*, con cédula de ciudadanía n°: 060410627-8, y *Hernández Saltos, Yuri Corsino*, con cédula de ciudadanía n°: 130607284-2, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Uso de ácido guanidinoacético (AGA) sobre desempeño productivo y valoración económica en gallinas semipesadas sometidas a muda forzada”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 08 de Mayo de 2019

Salcedo Ruales, Estefany Carolina

C.C: 060410627-8

Hernández Saltos, Yuri Corsino

C.C: 130607284-2



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA**

CENTRO DE POSGRADOS

AUTORIZACIÓN

Yo, Salcedo Ruales, Estefany Carolina, y Hernández Saltos, Yuri Corsino, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “Uso de ácido guanidinoacético (AGA) sobre desempeño productivo y valoración económica en gallinas semipesadas sometidas a muda forzada” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 08 de Mayo de 2019

Salcedo Ruales, Estefany Carolina

C.C: 060410627-8

Hernández Saltos, Yuri Corsino

C.C: 130607284-2

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre Gloria Yoconda, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre Andrés Corsino, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi esposa Sofía, a quien amo profundamente, por ser parte esencial del todo en mi vida, A mis amados hijos Vicky, Yuri y Guillermo por ser mi razón de vida, A mis queridos hermanos por brindarme siempre su apoyo y comprensión.

Hernández Saltos, Yuri Corsino

A mi padre por ser siempre mi ejemplo de superación en todas las etapas de mi vida, por su bendición, su apoyo y amor incondicional, a mi madre que, a pesar de su pronta partida, me entrego sus mejores años y hasta el día de hoy sigo sintiendo su presencia y bendición. A mi esposo por siempre ser mi pilar, mi compañero, quien con su optimismo y amor me impulso siempre a seguir adelante. A mi familia que incondicionalmente estuvo siempre conmigo. A mi suegra, Sra. Julita que ha sido una bendición en mi vida y finalmente a mi pequeña Camilita que llego a iluminar mi vida y complementar mi existencia.

Salcedo Rúaes, Estefany Carolina

AGRADECIMIENTO

Esta Investigación si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que me acompañaron en el recorrido laborioso de este trabajo y muchas de las cuales han sido un soporte muy fuerte en momentos difíciles, primero y antes que todo, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, a mi tutor Ing Mario García Bustillos, al Ing Mario Ortiz que con su amplia experiencia y conocimientos me orientaron al correcto desarrollo y culminación con éxito este trabajo, a través de ellos a la Universidad de las fuerzas armada ESPE, autoridades y docentes.

Mil veces gracias.

Hernández Saltos, Yuri Corsino

Agradezco profundamente a Dios por darme la vida y la libertad de labrar mi camino y llenar mi existencia de momentos gratificantes; al Ing. Mario Ortiz por su entrega, profesionalismo y predisposición, con su trabajo y con quienes tenemos la dicha de compartir su experiencia y carisma; al Ing. Mario García por dirigir nuestra tesis y compartir con nosotros sus conocimientos e incentivarnos a investigar y crecer profesionalmente. A todos los docentes quienes formaron parte de nuestra preparación y aportaron cada uno en nuestra superación. A mi padre, a mi Esposo y a mi hija por ser mi fortaleza y apoyo en momentos de debilidad.

Salcedo Rúaes, Estefany Carolina

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DEL DIRECTOR	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
INDICE DE CONTENIDOS	vi
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Problema.....	1
1.2 Introducción	2
1.3 Justificación.....	5
1.4 Objetivos	7
1.4.1 Objetivo General	7
1.4.2 Objetivos Específicos.....	7
1.5 Hipótesis.....	8
CAPITULO II	9
REVISIÓN DE LA LITERATURA	9
2.1. Anatomía y fisiología del aparato reproductor de la gallina y formación del huevo	9
2.1.1. Ovario.....	9
2.1.1.1. Ovulación	11
2.1.2. Oviducto	11
2.1.2.1. Infundíbulo (o trompa).....	11
2.1.2.2. Magnum	12
2.1.2.3. Istmo.....	12
2.1.2.4. Útero o glándula del cascarón	13
2.1.3. Vagina	14

2.1.4. Cloaca.....	14
2.2. Estructura y composición del huevo	16
2.3. Estructura y composición de la cáscara.....	16
2.4. Estructura y composición del albumen	19
2.5. Estructura y composición de la yema.....	19
2.6. Calidad Del Huevo	20
2.7. Parámetros de calidad del huevo	20
2.7.1. Parámetros de calidad externa del huevo.	21
2.7.2. Parámetros de calidad interna del huevo.....	25
2.7.3. Parámetros de calidad nutricional del huevo.....	28
2.7.4. Valor nutricional del huevo.....	29
2.8. Muda forzada en Gallinas Productoras de Huevo para Plato.....	31
2.8.1. Fisiología de la muda forzada.	33
2.8.2. Productividad y rentabilidad de la muda o pelecha.....	34
2.8.3. Ventajas y desventajas de la muda forzada	34
2.8.4. Técnicas para inducir la Pelecha o muda	35
2.8.5. Resultados de investigaciones sobre algunas técnicas de muda forzada.....	37
2.8.6. Métodos de muda forzada	37
2.9. Métodos Farmacológicos	39
2.10. Métodos Nutricionales	40
2.10.1. Exceso de Zinc en la Dieta.....	40
2.10.2. Disminución de Calcio en la dieta.....	42
2.10.3. Utilización de raciones deficientes en sodio	42
2.10.4.Utilización de raciones con exceso de yodo.....	43
2.11. Estudios realizados	44
2.12. Situación avícola del ecuador.....	44
2.13. Ácido Guanidinoacético (AGA).....	45
2.14. Creatina	46
2.14.1. Función de la creatina.	48
2.14.2. Regulación de la producción de creatina.....	50
2.15. Producción del ácido guanidinoacético.	51
2.16. Efecto económico del uso de la arginina.....	53
2.17. Metionina	54

2.18. Lisina.....	54
CAPÍTULO III.....	56
MATERIALES Y METODOS.....	56
3.1 Ubicación del lugar de investigación	56
3.2 Ubicación Ecológica	56
3.3 Características climáticas	57
3.4 Materiales de campo.....	57
3.4.1 Materiales y Equipos de laboratorio.....	57
3.5 Compuesto de la Prueba.....	58
3.6 Variables de estudio	58
3.7 Tratamientos Experimentales.....	59
3.8 Diseño experimental.....	59
3.9 Metodología específica para el manejo del ensayo.....	59
3.9.1 Proceso de Muda	60
3.9.2 Aves.....	61
3.9.3 Alojamiento.....	61
3.9.4 Periodo de Adaptación	61
3.9.5 Dietas.....	62
3.10 Metodología de Laboratorio.....	70
CAPÍTULO IV.....	72
RESULTADOS Y DISCUSION.....	72
4.1 Peso del Huevo.....	72
4.2 Altura albumina.....	74
4.3 Color De Yema.....	76
4.4 Unidades Haugs.....	78
4.5 Resistencia Cascara.....	79
4.6 Espesor de la Cascara.....	81
4.7 Numero de huevos.....	84
4.8 Resumen.....	86
4.9 Determinación De Creatina En Yema.....	86
4.10 Análisis económico	89
CAPÍTULO V.....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94

5.1 Conclusiones	94
5.2 Recomendación	95
BIBLIOGRAFIA	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Formación del huevo de gallina</i>	15
Tabla 2 <i>Comportamiento productivo en el primer y segundo ciclo de una gallina moderna</i>	34
Tabla 3 <i>Técnicas de muda forzada</i>	37
Tabla 4 <i>Parámetros a evaluar en las diferentes fases del ciclo de producción de las gallinas ponedoras</i>	44
Tabla 5 <i>Tratamientos experimentales con los distintos niveles de AGA empleados</i> :	59
Tabla 6 <i>Determinación de la variable peso de Huevo según el análisis Fisher</i>	72
Tabla 7 <i>Promedio \pm Error estándar del Peso del Huevo</i>	73
Tabla 8 <i>Determinación de la variable altura de la albumina según el análisis Fisher</i>	74
Tabla 9 <i>Promedio \pm Error estándar de la Altura de la Albumina</i>	75
Tabla 10 <i>Determinación de la variable Color de Yema según el análisis Fisher</i>	76
Tabla 11 <i>Promedio \pm Error estándar del Color de Yema</i>	77
Tabla 12 <i>Promedio \pm Error estándar de Unidades Haugs</i>	78
Tabla 13 <i>Determinación de la variable Resistencia de la Cascara según el análisis Fisher</i>	80
Tabla 14 <i>Promedio \pm Error estándar de la Resistencia de la Cascara</i>	80
Tabla 15 <i>Determinación de la variable Espesor de la Cascara según el análisis Fisher</i>	81
Tabla 16 <i>Promedio \pm Error estándar del Espesor de la Cáscara</i>	82
Tabla 17 <i>Determinación de la variable Número de Huevos según el análisis Fisher</i>	84
Tabla 18 <i>Promedio \pm Error estándar del número de huevos de gallinas alimentadas con diferentes dosis de creamino en la Hacienda el Prado-IASA</i>	85

Tabla 19 <i>Resumen de variables de propiedades de calidad de huevo de gallinas alimentadas con diferentes dosis de Ácido Guanidinoacético (AGA) en la Hacienda el Prado-IASA-ESPE.....</i>	86
Tabla 20 <i>Valoración económica para los ingredientes seleccionados para To</i>	89
Tabla 21 <i>Valoración económica para los ingredientes seleccionados para T1</i>	90
Tabla 22 <i>Valoración económica para los ingredientes seleccionados para T2</i>	91
Tabla 23 <i>Valoración económica para los ingredientes seleccionados para T3</i>	92
Tabla 24 <i>Valoración económica para los ingredientes seleccionados para T4</i>	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aparato reproductor de la gallina.	9
Figura 2 Estructura del huevo de gallina.....	15
Figura 3 Evolución del Peso de la Gallina durante el proceso de una muda forzada.	36
Figura 4 Formación y destino metabólico del ácido guanidinoacético (AGA)	50
Figura 5 Fotografía del lugar del experimento – Proyecto Avícola Carrera de ingeniería Agropecuaria, puntos de donde fueron tomadas las coordenadas geográficas.	56
Figura 6 Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacetico en dieta T0	65
Figura 7 Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacetico en dieta T1	66
Figura 8 Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacetico	67
Figura 9 Análisis contenido de aminoácidos y Acido.....	68
Figura 10 Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacetico en dieta T4	69
Figura 11 Distribución de muestras en Placa micropocillos	71
Figura 12 Peso del Huevo	72
Figura 13 Altura Albumina	74
Figura 14 Color de la Yema	77
Figura 15 Unidades Haugs	78
Figura 16 Espesor de la Cascara	82
Figura 17 Numero de huevos	84
Figura 18 Niveles de Creatina Sin interferencia de Sarcosina	87
Figura 19 Niveles de Creatina Con interferencia de Sarcosina.....	87

RESUMEN

La presente investigación evaluó el Ácido Guanidinoacético (AGA) como precursor de creatina, sobre parámetros de calidad de huevo en ponedoras después de un periodo de muda forzada. Fueron utilizadas 750 gallinas ponedoras de línea Lohmann Brown, con edad de 92 semanas y distribuidas completamente al azar en cinco tratamientos (T0, T1, T2, T3, y T4), con adición de AGA (0, 600, 800, 1000 y 1200gr/ton) respectivamente. Al finalizar las semanas 3, 8 y 10 de postura se tomaron de estos 15 huevos por tratamiento, en los cuales se analizó las siguientes variables: peso de huevo, altura de albumina, color de yema, espesor y resistencia de la cascara, Unidades Haughs y creatina en yema con y sin sarcosina. Al finalizar el estudio se realizó un análisis ANOVA paramétrico y una prueba de Kruskal-Wallis (No paramétrico). Los resultados en 10 semanas de experimentación mostraron que durante este, en la semana 7 se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0408$), en el primer caso el tratamiento T4 $5,03\pm 0,26$ represento numéricamente una resistencia de cascara superior a las demás mientras que en el segundo caso el tratamiento T1 y T4 influyeron en la obtención de un mayor nivel de UH, parámetro que determina la calidad del huevo. Al final del experimento no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en los demás parámetros del estudio.

PALABRAS CLAVES:

- **CREATINA**
- **ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO**
- **MUDA FORZADA**

ABSTRACT

The present investigation evaluated the Guanidinoacetic acid (AGA) as a precursor of creatine, on parameters of egg quality in layers after a period of forced moulting. A total of 750 laying hens of Lohmann Brown line were used, aged 92 weeks and distributed completely randomly in five treatments (T0, T1, T2, T3, and T4), with addition of AGA (0, 600, 800, 1000 and 1200gr / ton) respectively. At the end of weeks 3, 8 and 10 of posture were taken from these 15 eggs per treatment, in which the following variables were analyzed: egg weight, height of albumin, color of yolk, thickness and resistance of the shell, Haugh's Units and creatine in yolk with and without sarcosine. At the end of the study, a parametric ANOVA analysis and a Kruskal-Wallis test (nonparametric) were performed. The results in 10 weeks of experimentation showed that during this week, significant differences were found between treatments ($p = 0.0408$), in the first case the T4 treatment 5.03 ± 0.26 represented numerically a shell resistance superior to the others while in the second case the treatment T1 and T4 influenced in obtaining a higher level of UH, parameter that determines the quality of the egg. At the end of the experiment, no significant differences were found between treatments in the other parameters of the study.

KEYWORDS:

- **CREATINE**
- **GUANIDINOACETIC ACID**
- **FORCED MUDA**

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Problema

Ante la presión productiva a que son sometidas las actuales estirpes de aves de postura, bajo un sistema altamente intensivo, que hace que las aves explotadas bajo esas condiciones, con mucha frecuencia presenten problemas asociados básicamente a la edad, viéndose afectados parámetros como, desempeño productivo del ave, peso, tamaño de huevo y vida útil de las mismas, siendo el parámetro más afectado la calidad de cascara a una determinada edad, ocasionando que en la mayoría de los casos el avicultor quede desprovisto de un cierto nivel de producción de huevos lo cual afecta a su mercado, esto unido a que en determinadas épocas del año no se cuenta con pollitas de reemplazo, surge como una estrategia de producción el sometimiento de determinados lotes que han demostrado buenos parámetros productivos a un proceso de muda forzada a fin de que en corto tiempo (8 semanas) volver a tener picos de producción con una muy buena calidad de huevo.

En las actuales estirpes de aves productoras de huevo comercial, uno de los grandes problemas que existe es sin duda la calidad de huevo (peso, resistencia, espesor de cascara, coloración de yema, Unidades Hauggs, altura de albumen, color) como consecuencia lógica de un proceso de envejecimiento a una determinada edad dependiendo de la línea genética que se explote, lo cual hasta cierto punto es factor determinante en la vida productiva de un lote de aves de postura comercial con el consabido descarte del lote. En el Ecuador aproximadamente se estima que existe 284 granjas con 7,940,606 aves alojadas de las cuales el 80% de aves productoras de huevo comercial son de la línea Lohoman Brown que a una edad de 90 semanas reportarían un porcentaje de postura de 60,8% por ave alojada, dando de esta manera fin a su vida productiva (MAG, 2015), es ahí cuando necesitamos trazarnos una estrategia a fin de prolongar su vida productiva mediante

la aplicación de un proceso de muda forzada con lo cual conseguiríamos volver a un pico de producción de un 85% con un buen peso y calidad de huevo en un lapso de tiempo relativamente corto.

1.2 Introducción

A nivel mundial, la producción de huevos de gallina se concentra mayoritariamente en Asia (58.6%), América (20.4%) y Europa (16%), siendo la producción mundial en el año 2013 de 68 millones de toneladas de huevos, aproximadamente (FAOSTAT, 2012). La producción y el consumo de huevo en cascarón aumenta cada año en la mayoría de países en todo el mundo, el comercio internacional es relativamente insignificante excepto en Europa, donde se producen importaciones y exportaciones dentro del espacio comunitario.

Los huevos son junto a la carne de ave y de cerdo, los alimentos que más han aumentado su contribución para cubrir las necesidades proteicas de la población en los últimos 20 años, ya que han aumentado en un 27.27%, 22.50% y 47.34%, respectivamente. El aporte proteico de la carne de vacuno ha disminuido un 10.86% y la leche ha aumentado un 5.28%. En la UE, se consumen alrededor de 12 kg de huevos al año por persona. (Eurostat , 2011)

El sector productivo de huevos está organizado en cuatro tipos de explotaciones, las granjas de selección, de multiplicación, de cría o recria y de producción. (FAOSTAT, 2012)

A medida que los ingresos económicos de la población y la urbanización aumentan, se incrementa el consumo en cantidad y variedad de los productos de origen animal. En los últimos años, ha crecido considerablemente el interés de los consumidores por conocer la relación entre los alimentos y la salud; debido a que reconocen que llevar un estilo de vida sano, incluida la dieta, puede contribuir a reducir el riesgo de padecer enfermedades y dolencias y mantener un buen estado de salud y bienestar. (Rodriguez S. , 2003)

El ácido guanidinoacético (GAA), también conocido como glicoamina o guanidinoacetato, es un precursor natural de la creatina (CREA) en el cuerpo de los vertebrados. La creatina está muy involucrada en el metabolismo energético a través del sistema de creatina y fosfocreatina (PCr). El sistema CREA y PCr no ocurre en todas las células; más bien, se limita a las células que tienen demandas de energía alta pero variable, particularmente las células musculares. Este sistema funciona como una copia de seguridad del ciclo de adenosina difosfato / adenosina trifosfato (ATP) para almacenar y movilizar energía cuando sea necesario con poca antelación. En general, aproximadamente el 1,7% de la combinación de CREA y PCr se convierte irreversiblemente en creatinina cada día y se excreta en la orina (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). Por lo tanto, CREA debe ser reemplazado continuamente. La demanda de CREA por parte de los animales se puede suministrar directamente a partir de proteínas animales (por ejemplo, harina de pescado o subproducto animal) en la dieta o por síntesis endógena. Lo último ocurre en una reacción de 2 pasos, el primero se produce principalmente en los riñones y el páncreas, mientras que la segunda reacción tiene lugar en el hígado. En el primer paso, catalizada por la enzima l-arginina: glicina amidinotransferasa, la l-arginina reacciona con la glicina para formar l-ornitina y GAA. Luego, GAA se metila en el grupo amidino por S-adenosil-metionina (SAM) para formar CREA en una reacción que es catalizada por la enzima S-adenosil-metionina: N-guanidinoacetato metiltransferasa. (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000)

Se encontró que los niveles de CREA eran más bajos en las personas vegetarianas, que están privados de un suministro exógeno de CREA, que en una población de referencia (Delanghe et al., 1989; MacCormick et al., 2004). Animales de granja alimentados con dietas que contienen cantidades reducidas de proteína animal, o Ninguna proteína animal en absoluto, podría ser deficiente en CREA. Por lo tanto, en vista de las cantidades decrecientes de proteína de origen

animal incluidas en los alimentos para animales, particularmente en la Unión Europea, la suplementación con CREA o su precursor GAA podría restaurar la carga de CREA en los tejidos. Además, GAA es un precursor inmediato de CREA que requiere solo una transferencia de grupos metilo de SAM. Por lo tanto, Dioszeghy P. (2009) planteó la hipótesis de que la GAA en la dieta podría ahorrar l-arginina, un aminoácido esencial para las aves, de la misma manera que la CREA en la dieta. El ácido guanidinoacético también podría ser favorable en los pollitos jóvenes de rápido crecimiento debido a su alta necesidad de suministrar CREA a los músculos en crecimiento y porque la regeneración de ATP a partir del sistema CREA y PCr parece ser de suma importancia en la gestión de la energía cardíaca de los pollos de rápido crecimiento. La creatina como aditivo para piensos presenta algunos inconvenientes, como la inestabilidad y el alto costo, en comparación con GAA, que es más estable y menos costoso. (Dioszeghy, 2009)

Varios estudios han demostrado que la suplementación con GAA mejora la conversión alimenticia en pollos de engorde (Miller K, et al., 2013). Este efecto positivo GAA podría estar relacionado con su capacidad para aumentar los niveles de creatina muscular. La creatina es un nutriente semi-esencial para la alimentación animal porque su deficiencia puede ser un factor limitante para el rendimiento, especialmente en las dietas para aves alimentadas exclusivamente con ingredientes vegetales, ya que estas dietas son deficientes en creatina (Miller K, et al., 2013).

Aproximadamente del 66 al 75% de los requisitos de creatina se cumplen de forma endógena, y el resto debe suministrarse mediante. Mientras que los subproductos animales contienen creatina, los ingredientes vegetales no son una fuente de este compuesto. Por lo tanto, las dietas vegetales no suministran creatina a las aves y pueden aumentar los requerimientos de arginina y glicina, aminoácidos necesarios para la síntesis endógena de creatina (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). El ácido guanidinoacético puede mejorar la fertilidad de los huevos porque la creatina favorece la

motilidad de los espermatozoides (Lee et al., 2001), un factor esencial para que los espermatozoides realicen la fertilización de ovocitos (Marieb, 2010). Sin embargo, hay pocos datos sobre el papel de GAA en el desempeño productivo de gallinas semipesadas para huevos de mesa. Sobre la base de estos datos, el objetivo de este estudio fue investigar el efecto de la suplementación con GAA en la dieta de las gallinas semipesadas para producción de huevo de mesa sobre sus parámetros productivos.

1.3 Justificación

Los lotes de ponedoras comerciales en producción, a medida que avanzan en edad, van disminuyendo el porcentaje diario de postura, empeorando al mismo tiempo la calidad de los componentes del huevo. Para mejorar la productividad y salud de las aves se pretende suplementar con Ácido Guanidinoacético (AGA) aditivo nutricional de alta digestibilidad y disponibilidad precursor de la creatina que favorezca la eficiencia energética de aves productoras de huevos comercial, aumentando el rendimiento en la puesta de huevos en aves alimentadas con piensos predominantemente vegetales, como sustituto total de harina de carne o pescado. El ácido Guanidinoacético (GAA) se sintetiza a partir de la arginina y la glicina y es un precursor de la síntesis de creatina. Los estudios han demostrado que en un 50% de los requerimientos diarios de creatina se suministran a través de la síntesis de Novo y el resto en el alimento. Se ha conocido la falta de creatina en las dietas a base de harina de maíz y soja. Parece que la falta de creatina reduce el rendimiento celular y, finalmente, el rendimiento productivo en animales debido a su papel en el metabolismo. La energía es el combustible que impulsa todas las actividades biológicas, incluida la puesta de huevos. La energía no es un nutriente, sino una propiedad de los nutrientes energéticos oxidados durante el metabolismo (Jalal, 2003). Aproximadamente el 90% del ATP total de la oxidación completa de glucosa a dióxido de carbono y agua se genera por mitocondrias a través de

la fosforilación oxidativa (Lehninger, y otros, 1993). Lo que representa el 90% de la energía necesaria para las células del cuerpo (Iqbal, Lateef, Jabbar, Muhammad, & Khan, 2005). El metabolismo celular depende de los sistemas genéticos nucleares y mitocondriales y de su interacción. Es bien sabido que la genética y la dieta tienen profundas influencias sobre la función mitocondrial. Por ejemplo, se han observado diferencias en las tasas de utilización de oxígeno hepático entre las razas de pollos (Mukherjee et al., 1970). Evidencias recientes sugieren que la función de las mitocondrias puede estar asociada con la eficiencia de la alimentación en pollos de engorde. (Iqbal, Lateef, Jabbar, Muhammad, & Khan, 2005)

La producción de huevos es un proceso que consume mucha energía. Para producir un huevo, los compuestos de yema de alto valor calorífico se sintetizan en el hígado, se movilizan a través de la sangre y se acumulan en los folículos ováricos. A esto le sigue la ovulación, la síntesis de proteínas y la secreción magnum, y la precipitación de calcio durante la noche en la cáscara de huevo contra el gradiente de calcio, que es un proceso que requiere mucha energía. La capa epitelial del útero tiene una tasa de respiración extremadamente alta y sus mitocondrias son activas en la acumulación de calcio y fosfato (Lehninger, 1977). La movilidad del óvulo y la expulsión del huevo implican actividad muscular. Para mejorar la producción de huevos, la utilización de energía para los procesos de producción de huevos debe mejorarse para ser altamente eficientes. Ningún estudio ha investigado aún los efectos de la GAA sobre el rendimiento productivo y los parámetros de medición de calidad de huevo en las gallinas ponedoras sometidas a muda forzada. Este estudio se realizó para investigar varias hipótesis, entre ellas 1) El uso de ácido Guanidinoacético (Ácido Guanidinoacético (AGA)), en la alimentación de gallinas ponedoras sometidas a muda forzada, mejora el desempeño productivo, calidad de huevo y constantes hematológicas. 2) El uso de ácido guanidinoacético (Ácido Guanidinoacético (AGA)), en la alimentación de gallinas ponedoras

sometidas a muda forzada, no mejora el desempeño productivo, calidad de huevo y constantes hematológicas. 3) Determinar los parámetros zootécnicos y calidad de huevos a pico de producción (peso del huevo en gramos, coloración de la yema bajo la escala DSM, altura de la albúmina, Unidades Haugh, resistencia a la ruptura expresada en kilogramos de fuerza, Espesor de cascara, contenido de creatina en huevo: yema y albumina) Por lo tanto, el presente estudio se realizó para investigar los efectos de la adición de GAA a las dietas basadas en harina de maíz y soya sobre los parámetros de calidad del huevo de las gallinas ponedoras.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de distintos de Ácido Guanidinoacético (AGA), para evaluar el desempeño productivo y valoración económica de gallinas semi pesadas sometida a un proceso de muda forzada.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto del AGA en diferentes niveles de suplementación (0,00; 0,03; 0,06, 0,09 y 0,12%)
2. Determinar los parámetros zootécnicos y calidad de huevos a pico de producción (peso de huevo, color de yema, Altura de albumen, Unidades Hauggs, Resistencia de cascara a ruptura, Espesor de cascara) .
3. Determinar el mejor tratamiento.
4. Realizar una valoración económica entre el costo de un huevo con dieta normal versus un huevo con dieta suplementada con Ácido Guanidinoacético (AGA).

1.5 Hipótesis

H0:

El uso de ácido guanidinoacético (AGA), en la alimentación de gallinas ponedoras sometidas a muda forzada, mejora el desempeño productivo, calidad de huevo y contenido de creatina en huevo.

H1:

El uso de ácido guanidinoacético (AGA), en la alimentación de gallinas ponedoras sometidas a muda forzada, no mejora el desempeño productivo, calidad de huevo y contenido de creatina en huevo.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Anatomía y fisiología del aparato reproductor de la gallina y formación del huevo

A continuación, se hace una breve reseña del aparato reproductor de la gallina (figura 1), y su evolución hasta el momento en que comienza a producir huevos.

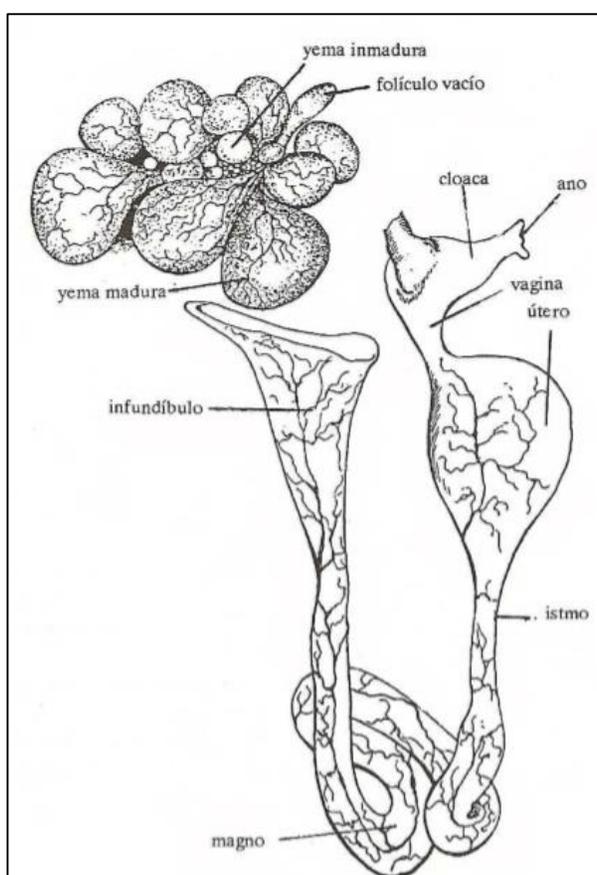


Figura 1. Aparato reproductor de la gallina.
Fuente: Chetie V., (2015)

2.1.1. Ovario

Chetie V, Sto Chitescu, et al., (2015). El ovario de una gallina adulta, tiene aproximadamente 1,2 - 3,4 cm de longitud; 0,8 - 2,2 cm de ancho y 0,35 - 1 cm de alto. Durante el desarrollo

embrionario, hacia el 7mo a 9no día de incubación, están perfectamente formados los esbozos de los dos ovarios, pero en las aves domésticas solo se desarrollará el ovario y oviducto izquierdo, mientras que el derecho no llega a desarrollarse y permanece rudimentario, se atrofia. A la edad de cuatro a seis meses, el ovario izquierdo entra en actividad, período en que la gallina alcanza la madurez sexual, esto ocurre cuando pone su primer huevo. Cuando nace la pollita bebé (BB), sus ovarios son pequeños, con una zona medular y otra cortical con numerosos ovocitos poco desarrollados, disminuyendo a 1.100 - 1.600 en la gallina adulta. Durante los dos a tres meses siguientes, los folículos aumentan progresivamente de tamaño; de tal forma que 10 días antes de la primera puesta, toda una serie de folículos ha experimentado un considerable aumento de volumen. Esta evolución acelerada es consecuencia de un incremento en la producción de FSH (hormona folículo estimulante) segregada por el lóbulo anterior de la hipófisis (Gil Cano, 2014). El ovocito está rodeado por una membrana folicular ricamente vascularizada. Esta membrana está encargada de producir el vitelo acumulado por el ovocito en el curso de su desarrollo. En consecuencia, la actividad del ovario se inicia generando las hormonas: estrógenos, progesterona y testosterona; y aumentando el tamaño del folículo por la FSH. Los altos niveles de estrógeno en sangre, estimulan al hígado para la formación de proteínas y lípidos para la yema. También aumenta el tamaño del oviducto, preparándolo para la producción de proteínas y de la albúmina, membranas de la cáscara y la cutícula (membrana del huevo). El material de la yema, se produce en el hígado y llega al folículo por la sangre. Después de 1 a 2 días se inicia la formación de la segunda yema, y así sucesivamente hasta que hay 5 -10 yemas en formación, momento en el cual se produce la primera oviposición. Es decir que se precisan de 8 a 10 días para que madure la yema. La yema se forma en capas concéntricas claras y oscuras: de 8 a 10 (vitelo blanco y amarillo) que corresponde a los períodos de ingesta de alimentos (carotenos de la dieta). Desde el comienzo del período de

crecimiento, la pared del folículo ovárico presenta ya una zona menos vascularizada cuyo espesor disminuye progresivamente. A este nivel es donde se produce la dehiscencia folicular.

2.1.1.1. Ovulación

Chetie V, Sto Chitescu, et al., (2015). Es el proceso por el cual se desprende el óvulo para entrar al oviducto. El óvulo está suspendido del ovario, por un tallo que contiene una arteria que lleva la sangre para la formación de la yema. Esa arteria se ramifica en la membrana superficial de la yema, excepto en el estigma, que es vascular. Una vez maduro el óvulo, se produce progesterona que estimula la liberación de LH (hormona luteinizante) que causa la ruptura del estigma, y el desprendimiento del óvulo. En la ovulación influyen los sistemas nerviosos y hormonales. A los 15 a 40 minutos después de la primera oviposición, la gallina vuelve a ovular. A los cinco minutos siguientes a la ruptura del folículo maduro; el óvulo es captado por el infundíbulo del oviducto, lugar donde se produce la fecundación. En caso de caer en la cavidad abdominal, se reabsorbe.

2.1.2. Oviducto

Es un tubo a través del cual pasa la yema, lugar donde se secretan las partes restantes del huevo. Normalmente es de diámetro relativamente corto, pero con la aproximación de la primera ovulación se expande en tamaño y grosor. (Gil Cano, 2014)

2.1.2.1. Infundíbulo (o trompa)

Es la parte superior del oviducto y tiene forma de embudo. El tamaño aproximado del órgano funcionando es de 9 cm. Normalmente es inactivo, excepto inmediatamente después de la ovulación, en donde, alcanza y engloba o capta a la yema para hacerla entrar en el oviducto. La

yema sólo permanece 15 minutos aquí, luego a través de contracciones del oviducto sigue su camino. Además, este es el único lugar donde se produce la fecundación. (Gil Cano, 2014)

2.1.2.2. Magnum

Es la parte del oviducto que secreta la albúmina, su longitud en una ponedora es de 33 cm y su paso por el mismo es de 3 horas aproximadamente. La albúmina está compuesta por: chalazas 2,7% - albúmina fluida 17,3% - albúmina densa 57,0% - albúmina fluida 23,0%. Las chalazas, son dos cordones entrelazados y se extienden hacia los polos opuestos de la yema a través de la albúmina. Su función es la de mantener la yema en el centro del huevo, después de la postura. La albúmina es una sustancia compuesta por agua y proteínas: globulinas y mucina en mayor o menor concentración según sea densa o fluida. Su función es de nutrición y protección antibacteriana en el embrión. (Chetie, StoChitescu, & Hillebrand, 2015)

2.1.2.3. Istmo

Es un tramo corto de 10 cm de longitud, donde el huevo permanece aproximadamente una hora y cuarto. Es aquí donde se le da la forma final al huevo ya que las membranas interna y externa se forman de una manera peculiar. Estas membranas testáceas (o fáfarras) están compuestas por fibras de proteínas, e íntimamente unidas hasta el momento de la oviposición, en que los materiales líquidos internos del huevo se contraen al enfriarse éste. La temperatura del huevo en la oviposición es de aproximadamente 41° C (la de la gallina) al entrar en contacto el huevo con el medio ambiente (más fresco) sufre dicha retracción, que generalmente ocurre en el polo mayor del huevo, dando origen a la cámara de aire; el tamaño de ésta variará con la edad del huevo; recién puesto es de unos 2 a 4 mm; pero si el huevo se almacena por mucho tiempo puede alcanzar varios cm y permite

estimar el grado de envejecimiento del huevo. Esta cámara cumplirá una función esencial en el desarrollo embrionario entre los días 18 a 21, período en el cual se produce el cambio de la respiración corioalantoidea a pulmonar. Las membranas de la cáscara o testáceas, actúan como barrera para evitar la penetración de microorganismos externos como bacterias, virus, hongos, etc. También previenen la evaporación rápida y protegen el contenido del huevo. (Chetie, StoChitescu, & Hillebrand, 2015)

2.1.2.4. Útero o glándula del cascarón

Tiene una longitud de 10 a 12 cm y el huevo permanece allí entre 18 a 21 horas aproximadamente. También es llamada cámara calcífera, ya que cuando el huevo penetra acá, todavía está rodeado por las membranas testáceas, de consistencia laxa; si bien en el istmo comienzan a aparecer pequeñas agrupaciones de calcio; es aquí en la cámara calcífera donde comienzan a depositarse sales de carbonato de calcio en forma de cristales de cadena larga, mientras más largas las columnas, mayor será la dureza de la cáscara. Está formada por dos capas: una interna o mamilar que está constituida por cristales y a su vez, da origen a la capa externa o esponjosa que es delgada y blanca. (Gil Cano, 2014)

El cascarón completo (color yeso) está compuesto casi enteramente por carbonato de calcio (CaCO_3) con pequeños depósitos de K^+ , Na^+ y Mg^+ . El calcio para el cascarón del huevo, se obtiene principalmente de la alimentación y también en menor medida de los huesos medulares (reserva corporal de Ca^{++}) durante la noche cuando el ave no come y continúa la deposición de calcio. El carbonato de calcio en el cascarón se forma cuando se aportan los iones de calcio a través de la irrigación sanguínea, mientras que los iones de carbonato provienen de la sangre y de la glándula del cascarón. Cualquier factor que reduzca el aporte sanguíneo interferirá al máximo con los

depósitos de Ca CO_3 en el cascarón del huevo, que dará como resultado cáscaras de mala calidad (Chetie, StoChitescu, & Hillebrand, 2015). La cáscara no es completamente sólida, sino que está formada por una serie de poros (hasta 8.000 por huevo) que permiten el intercambio gaseoso y sobre todo la oxigenación de la sangre del embrión durante su período de desarrollo. Ingresan O_2 del exterior y se elimina CO_2 y H_2O . La cáscara tiene una capa proteica que se solidifica en 12 a 24 horas, la cutícula, (glicoproteínas) que protegerá más o menos al huevo de la penetración a través de sus poros, de hongos o gérmenes nocivos para el embrión y permeable a gases. Una vez puesto el huevo, el barniz se seca rápidamente (la parte acuosa). La cutícula o barniz, es la última capa del huevo, que se forma en el útero y está sobrepuesta al cascarón. Está compuesta por pigmentos protoporfirinas: biliverdina IX y quelato de cinc, materia orgánica y un gran porcentaje de agua, que actúa como lubricante en el momento de la postura.

2.1.3. Vagina

Es la parte que continúa en el oviducto, mide 12 cm. No tiene ninguna función en la formación del huevo que permanece en esta porción del aparato reproductor, aproximadamente 30 minutos. (Gil Cano, 2014)

2.1.4. Cloaca

Aquí se retiene al huevo completo, antes de la oviposición (postura), generalmente se expulsa rápido, pero puede también permanecer varias horas. Generalmente, y si la gallina no es molestada, el huevo sale con el extremo más ancho primero, ya que la rotación la lleva a cabo en la cloaca. La tabla 1 sintetiza las partes y funciones del oviducto durante la formación del huevo. (Chetie, StoChitescu, & Hillebrand, 2015)

Tabla 1*Formación del huevo de gallina*

Oviducto	Tiempo	Longitud	Función
Infundíbulo	15 min	9 Cm	Fecundación
Mágnum	3h	33 Cm	Albúmina
Istmo	75 min	10 Cm	Membranas Tetáceas
Útero O Cámara Calcífera	20 H 45 Min	10 – 12 Cm	Cáscara Y Cutícula
Vagina	30 min	12 Cm	-----
Total	25,45 H	65 Cm	-----

Fuente: (Chetie, StoChitescu, & Hillebrand, 2015)

Destacando que es un alimento altamente nutritivo, con pocas calorías (75 cal por unidad de 60 g aproximadamente), brindando una gran cantidad de vitaminas como B1, B2, B6, B12, E, D y A, folato; y minerales como hierro (altamente biodisponible) y zinc; además de proteínas del más alto valor biológico y sustancias muy importantes como luteína, zeaxantina y colina entre otras. (Chetie, StoChitescu, & Hillebrand, 2015)

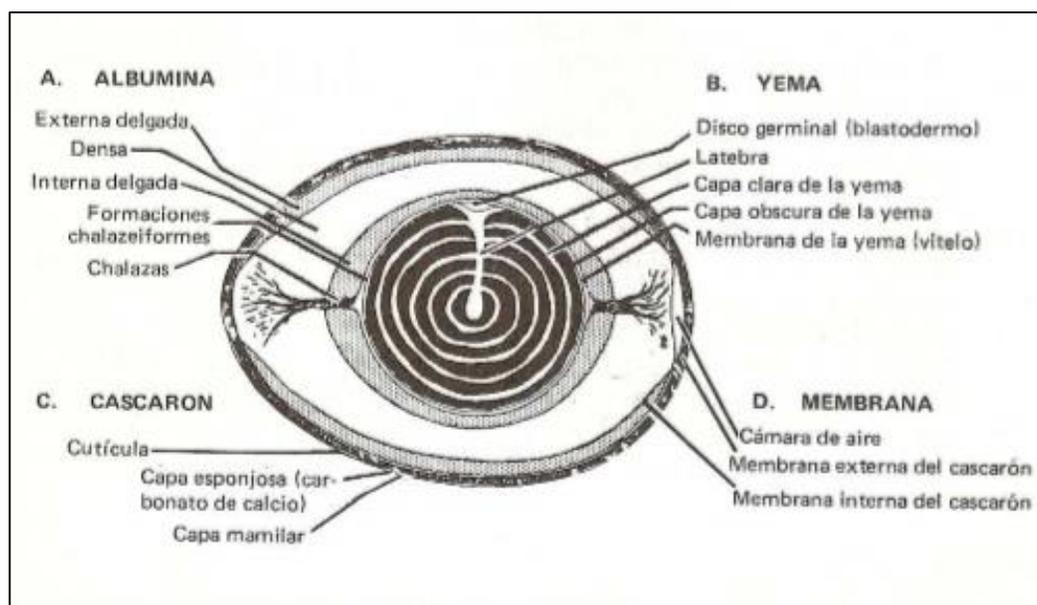


Figura 2. Estructura del huevo de gallina

Fuente: (Chetie, StoChitescu, & Hillebrand, 2015)

2.2. Estructura y composición del huevo

Según, Gil Cano. F. (2014) en el huevo se distinguen tres partes, la cáscara, el albumen y la yema que representan el 11%, el 58% y el 31%, respectivamente del peso del huevo.

2.3. Estructura y composición de la cáscara

La proporción de cáscara en un huevo es muy similar independientemente del tipo de ave y se sitúa entono a un 10-11%. La cáscara provee un perfecto envase para el huevo como alimento, y al igual que cuando está fecundado, evita la contaminación del contenido, de manera que el huevo llegue al consumidor libre de bacterias, virus y otros patógenos. La estructura de la cáscara ha ido evolucionando hasta convertirse en una protección optima del contenido del huevo de ataques físicos y microbianos que permite el intercambio de agua y gas entre el embrión y el medio externo y a su vez es la fuente de calcio necesaria para la osificación del embrión. (Gil Cano, 2014)

La cáscara tiene un grosor medio de 0.35 mm y está formada por 5 capas. Manual Merck de veterinaria.

- La parte más interna son dos membranas de fibras proteicas, las membranas testáceas, que actúan como filtros impidiendo la entrada de microorganismos del exterior y controlan la difusión del albumen y por tanto la evaporación rápida de fluidos internos del huevo. Cada fibra de las membranas testáceas posee un núcleo proteico, rodeado por una cubierta de hidratos de carbono, sobre las que se depositarán las sales de calcio provenientes del oviducto.
- La parte mineral de la cáscara se ancla a la siguiente capa de la cáscara.
- La membrana mamilar mediante los núcleos mamilares que son el origen de los conos invertidos.

- La unión de estos conos o columnas poligonales forma la capa en empalizada, se trata de una capa compacta compuesta de cristales romboédricos de calcita.
- La capa más externa es la cutícula, cubre todas las estructuras, incluidas las aperturas de los poros, su función es evitar las pérdidas de agua y la contaminación bacteriana. Se compone principalmente de proteínas como la queratina, mucopolisacáridos, lípidos y pigmentos, en el caso de los huevos de color. La cutícula es secretada inmediatamente antes de la puesta y es la primera barrera de defensa que poseen los huevos. Esta última capa confiere al huevo un aspecto brillante, pero se deteriora entre los 2 y 4 días después de la puesta y si se lava o se frota el huevo, la cutícula desaparece.

La cáscara del huevo está compuesta por 1.6% de agua, de 3.3 a 3.5% de materia orgánica y 95% de materia mineral. La parte mineral es en un 94% carbonato cálcico (del cual 37.5% es calcio y 58% carbonato), en el 6% restante se ha encontrado magnesio, fósforo y manganeso Gil Cano. F. (2014), pero también se puede encontrar sodio, zinc, hierro, cobre y aluminio. Chetie V, Sto Chitescu, et al., (2015), concluyen que la cáscara está formada por carbonato de calcio (94%), carbonato de magnesio (1%), fosfato de calcio (1%) y materia orgánica (4%).

La cáscara tiene numerosos poros, Gil Cano. F. (2014), entre 7000 y 15000 que forman túneles entre los cristales minerales y que le permiten cumplir un importante papel en el intercambio gaseoso y el equilibrio en humedad entre el interior y el medio externo. Los poros son especialmente numerosos en la zona del polo ancho del huevo, donde aparece la cámara de aire. Los poros deben ser lo suficientemente grandes y numerosos para cumplir su función sin que esto comprometa la función defensiva de la cáscara contra infecciones externas. La cámara de aire es el espacio que queda entre las dos membranas testáceas, están muy unidas entre sí excepto en el polo grueso. La separación se produce por el peso del huevo y por la contracción del huevo que se

lleva a cabo con el cambio de temperatura de dentro de la gallina (39 °C) y la temperatura externa. La membrana externa se pega a la cáscara mientras que la membrana interna se une a la albúmina.

Chetie V, Sto Chitescu, et al., (2015) menciona que el color de la cáscara tiene un origen genético, en Europa las razas tradicionales proceden de estirpes que ponen huevos con la cáscara blanca. El origen de las gallinas que ponen huevos marrones es asiático y llegaron a Europa a través de las importaciones que se realizaron en el siglo XIX. En los huevos blancos, no hay prácticamente variabilidad en la coloración de la cáscara. En cambio, en la coloración de los huevos marrones existe mayor variabilidad, se buscan huevos que sean oscuros, pero el rasgo que más se valora es que la pigmentación sea homogénea.

La coloración se debe principalmente a la presencia de los pigmentos protoporfirina-IX, pero también a la presencia del pigmento biliverdina-IX, que es también apreciable por el ojo humano B.W. Ritchie, Greg J.Harrison, Linda R.Harrison (2015), la mayoría de estos pigmentos se localizan en la cutícula del huevo pero hasta un tercio puede localizarse en la superficie de la cáscara B.W. Ritchie, (2015). El depósito de los pigmentos, comienza de forma débil al formarse la capa empaquetada y es muy importante al final de la calcificación. La porfirina, que se produce en las células uterinas por la transformación de la hemoglobina, se segrega en los conductos cíclicos del oviducto. Algunas razas tradicionales o autóctonas tienen coloraciones de la cáscara muy particulares que pueden ayudar a trazar el origen genético, como la raza Marans y la Villafranca Roja, que tienen la cáscara de color rojizo o la Araucana o la de origen chino Dongxiang, que presentan una cáscara azulada. En el caso de la raza Araucana, el color verdoso o azulado de su cáscara se debe a la biliverdina, un compuesto derivado de la descomposición de la bilis (Rose, 1997). El proceso de obtención de los pigmentos se encuentra alterado por una mutación genética dominante localizada sobre el cromosoma 1 que también aumenta el espesor de la membrana de la

cáscara y puede tener un efecto sobre la solidez de la misma. Se han realizado cruces con razas de huevos marrones, obteniéndose colores verdáceos por la superposición de pigmentos. En la cáscara se han identificado elementos bioactivos que pueden ser utilizados por la industria nutracéutica ya que algunos de sus componentes pueden ser empleados para la elaboración de alimentos funcionales porque disminuyen el riesgo de padecer enfermedades o ayudan a conservar un buen estado de salud B.W. Ritchie, Greg J.Harrison, Linda R.Harrison (2015).

2.4. Estructura y composición del albumen

Según Borroeta (2013), en el albumen del huevo se distinguen cuatro partes:

- a) El albumen denso o clara densa externa que supone el 57% del albumen total,
- b) El albumen fluido o clara fluida externa (23%) que está en contacto con las membranas testáceas de la cáscara.
- c) Las chalazas (3%) que son unas estructuras filamentosas que anclan la yema en posición central y protegida cuando la gallina realiza el volteo durante la incubación, también se conocen como clara densa interna
- d) La clara fluida interna que supone el 17%.

El albumen tiene un contenido en agua del 88% y el 12% restante está compuesto por proteínas. Se han identificado más de 40 proteínas diferentes. La ovoalbúmina representa el 54% y tiene propiedades nutricionales y culinarias, junto a la ovomucina es responsable de la consistencia de la clara.

2.5. Estructura y composición de la yema

La yema es una estructura de capas concéntricas que se observan homogéneas salvo por el blastodermo o disco germinal, una estructura ovalada y blanquecina de 3 a 4 mm que se encuentra

en la parte más externa y en el centro de la yema, este disco cuando el huevo está fecundado es el origen del embrión (CIN, 2005). La yema se encuentra protegida por una membrana denominada vitelina constituida por cuatro capas, dos de origen ovárico y las dos más externas sintetizadas en el oviducto que tienden a desaparecer con el tiempo después de la puesta. (Ritchie, Harrison, & Harrison, 1994). La yema constituye la parte lipídica del huevo, contiene un 50% de agua y el resto son proteínas (16.7%) y lípidos (31.6%), también se encuentran los carotenoides y las vitaminas liposolubles del huevo, es decir, las vitaminas A, D, E y K.

2.6. Calidad Del Huevo

La calidad del huevo está definida por sus características externas, internas y por su composición nutricional. A través de encuestas de opinión el consumidor valora que los atributos de calidad en el huevo sean la frescura, que las yemas tengan una coloración anaranjada-rojiza, que la cáscara sea dura, gruesa y sin fisuras y que la clara sea densa. Arias, J. L., (2010). La calidad del huevo es por tanto un requerimiento legal para la comercialización de los huevos, de hecho, es obligación del productor poner un producto sano en el mercado ya que es el responsable de la salubridad de los alimentos que produce. Clara, M. (2015). La calidad del huevo permite, además, conocer las condiciones de producción de las gallinas, ya que está estrechamente relacionada con la salud de las mismas, su alimentación y su bienestar animal. Conocer los parámetros que afectan a la calidad del huevo es indispensable para producir huevos con buena calidad.

2.7. Parámetros de calidad del huevo

Clara, M. (2015). El productor de huevos selecciona su producción atendiendo a criterios de calidad como, el peso, la forma del huevo, la limpieza, el color y la integridad solidez de la cáscara. En la industria de ovoproductos, la calidad concierne, principalmente, a la composición porque lo

que interesa son las propiedades funcionales como el poder emulsionante, ligante o anticristalizante. La calidad del huevo desde el punto de vista del consumidor está muy relacionada con su calidad bacteriológica y con la frescura del huevo. El huevo tiene una fecha de consumo preferente de un mes desde la fecha de puesta (Chetie, StoChitescu, & Hillebrand, 2015). El huevo es un alimento que se degrada con el tiempo porque la cáscara es una estructura que aumenta su permeabilidad progresivamente, aumentando así la probabilidad de que los patógenos de la superficie del huevo penetren en el interior, las proteínas del albumen también se pueden alterar provocando que la clara aparezca menos densa y la yema se aprecie con menos volumen o incluso no aparezca en posición central. Para determinar la calidad del huevo deben conocerse los parámetros de calidad externa, los parámetros de calidad interna y los parámetros de calidad nutricional.

2.7.1. Parámetros de calidad externa del huevo.

En el grupo de parámetros de calidad externa se incluye el peso del huevo y la calidad de la cáscara. Peso del huevo: Es el parámetro en el que se basa la legislación europea para catalogar los huevos para consumo directo humano, el consumidor conoce por el etiquetado el peso de los huevos. Los huevos de categoría A se clasifican en cuatro categorías dependiendo de su peso. (Borroeta, 2013)

- **XL**, muy grandes, con peso total ≥ 73 gramos.
- **L**, grandes, con peso ≥ 63 gramos y < 73 gramos.
- **M**, medianos, con peso ≥ 53 gramos y < 63 gramos.
- **S**, pequeños, con peso < 53 gramos.

INEN (2013). Se admiten unos márgenes de tolerancia, con un 10% de huevos con categoría de peso inmediatamente superior a la indicada en el embalaje y un 5% de huevos de la categoría inmediatamente inferior. Los centros de embalaje deben disponer de los equipos adecuados para realizar estas determinaciones. (Estrada, 2005). El peso del huevo depende de la edad productiva de la gallina, al principio de la puesta, el huevo es más pequeño que al final, pero el aumento no es lineal, ya que una gallina con 26 semanas pone huevos de 60 g, a partir de las 50 semanas los huevos pesan 50 g y cuando tiene 80 semanas los huevos pesan 68 g (Beaumont, y otros, 2010). El aumento del peso del huevo conforme envejece la gallina es el resultado del aumento del tamaño de la yema (Chavira, Gutiérrez Gonzáles, Garcia Castillo, López Trujillo, & Duarte Ortuño, 2011).

Los huevos con cáscara marrón tienen mayor peso que los de cáscara blanca independientemente del tipo de alojamiento (Estrada, 2005). Se trata de un carácter con una heredabilidad alta. Si se realiza la muda forzada al acabar el primer año de producción, los huevos tienen pesos elevados desde el principio de la puesta, superando en 4 o 5 g a los huevos de la primera puesta sin forzar la muda. (Estrada, 2005)

Las gallinas sometidas a temperaturas elevadas por ejemplo de 27 a 33 °C, durante períodos de tiempo de 20 semanas, disminuyen su ingesta, lo que provoca que pongan huevos con menores pesos (Beaumont, y otros, 2010). La alimentación que recibe la gallina afecta al peso del huevo, durante el periodo de cría ya que afecta a su madurez sexual, su peso, composición corporal, y durante el periodo de puesta o periodo productivo (Juárez, Gutiérrez, Segura, & Santos, 2010). El aumento de la cantidad de energía en la dieta ejerce un efecto favorable sobre el peso del huevo, sin embargo, Juárez, A., Gutiérrez, E., (2010), concluyen que el nivel energético de la dieta no está relacionado con el peso medio del huevo, ni con su calidad.

La cantidad de proteínas y la materia grasa consumidas afectan directamente al peso medio del huevo, Vargas (2015) demuestra que el aceite de maíz contenía un factor necesario para maximizar el peso del huevo, que más tarde se identificó como el ácido linoleico. Estudios más recientes, han demostrado que, a partir de un cierto nivel de ácido linoleico, el peso del huevo no se incrementa, por su presencia específica, sino porque se aumenta el nivel de grasa de la dieta. El consumo de pienso con niveles de energía superiores a 2850 kcal/kg se traduce en un aumento del peso del huevo y del número de huevos (Chavira, Gutiérrez Gonzáles, Garcia Castillo, López Trujillo, & Duarte Ortuño, 2011). El peso del huevo puede incrementarse si se aumenta el porcentaje de aminoácidos esenciales o metionina porque se incrementa el porcentaje de albumen y por tanto el peso final del huevo. La repercusión del tipo de alojamiento sobre el peso del huevo no es concluyente. Los huevos de gallinas criadas en jaula tienen mayor peso, entre el 1 y 2% superiores, a los huevos de gallinas con acceso al exterior (Sauveur, 2002), este porcentaje puede elevarse hasta el 10% según las prácticas ganaderas. Pero, los estudios de Patterson y colaboradores en 2009, mostraron que los huevos de las gallinas no criadas en jaulas tienen pesos mayores. En estos estudios el tipo de alojamiento está relacionado con la comida, ya que las gallinas con acceso al exterior pueden comer plantas e insectos, además del pienso que se les proporciona.

Valdés, (2007) indica que existen diferencias en el peso del huevo en gallinas en jaulas enriquecidas y gallinas alojadas en jaulas convencionales. El peso está relacionado con otros parámetros de calidad, la relación es positiva con el grosor de la cáscara, el índice de forma, el porcentaje de albumen. Sin embargo, conforme aumenta el peso del huevo disminuye el peso de la cáscara y el porcentaje de yema. Calidad de la cáscara: Este parámetro es fundamental para que el huevo llegue al consumidor en perfecto estado. El riesgo de contaminación aumenta si los poros son grandes o la integridad de la cáscara no es completa, además una mala calidad de la cáscara

acelera las pérdidas de calidad por tiempo en almacenamiento ya que es más permeable. Las enfermedades, el estrés, una alimentación inadecuada y las densidades elevadas en las granjas pueden afectar al proceso de formación y deposición de la cáscara, dando lugar a cáscaras de baja calidad, sucias o con defectos estructurales, lo que comprometerá la integridad del huevo. (Juárez, Gutiérrez, Segura, & Santos, 2010)

La alimentación correcta para que se produzca una adecuada formación de la cáscara debe contener niveles de calcio suficientes ya que la gallina tiene una capacidad de almacenamiento limitada (Ashida, y otros, 1996), debe incluir niveles de fósforo inferiores al 0.5% porque por encima impiden la movilización ósea del calcio (Hadziosmanovic, Vucemilo, & Venglovsky, 1997), suficiente Vitamina D3 y manganeso ya que participan directamente en la absorción de calcio, así el déficit en Vitamina D3 provoca huevos en fáfara o con cáscaras demasiado finas (Keshavarz, 1996), también se precisa de zinc porque participa en la metabolización del calcio de la dieta al calcio mineral que se depositará en la cáscara, el magnesio por que mejora el grosor de la cáscara (Pascual & Blas, 1997), niveles de cloro controlados, porque un exceso compromete la disponibilidad del bicarbonato cálcico para la formación de la cáscara, y niveles de sodio que lleven a una alcalosis y mejoren la calidad de la cáscara. (Balnave, 1992)

a) Resistencia de la cáscara

De este parámetro depende, en gran medida, que el índice de rotura de huevos, es decir, la cantidad de huevos rotos por la cantidad total de huevos producidos sea lo más pequeña posible ya que supone pérdidas en la explotación.

En el caso de huevos fisurados, éstos se pueden destinar a industrias de ovoproductos o a otras industrias alimentarias que apliquen un tratamiento al producto que elimine cualquier peligro de

infección. La resistencia mecánica de la cáscara depende del espesor de la cáscara y de su estructura y de la distribución de los cristales de calcita. (Nys, y otros, 2010)

Desde el punto de vista reproductivo, la calidad de la cáscara asegura la integridad del huevo y es también importante ya que supone el primer embalaje del huevo, su resistencia óptima permite que se comercialice con normalidad, y que su contenido llegue de forma segura al consumidor.

La calidad de la cáscara también depende de la genética, del estado sanitario y de la temperatura ambiente (Instituto de estudios del huevo, 2009). Las estirpes ligeras suelen tener un grosor de cáscara mayor que las estirpes semipesadas (Buxade, 2000). La resistencia de la cáscara evaluada mediante el peso de la misma y el porcentaje de cáscara depositado disminuyen conforme avanza la edad de la gallina (Lesson, 2003) ya que la gallina produce huevos más grandes, pero no es capaz de absorber ni de movilizar el calcio para depositar niveles de minerales proporcionales al aumento del tamaño.

b) Color de la cáscara

A nivel legislativo, este parámetro no es una característica cualitativa de los huevos (Wei & Bitgood, 1989). La intensidad de color de la cáscara depende sobre todo de factores genéticos (Mertens, y otros, 2010a), pudiendo ser un indicador de identificación genética (Beaumont et al., 2010). Los cambios en la coloración pueden deberse a factores fisiológicos, así la intensidad del color disminuye con la edad de la gallina porque los depósitos de calcio y de pigmentos se producen en menor medida. (Mills, Nys, Gautron, & Zawadski, 1991)

2.7.2. Parámetros de calidad interna del huevo

En el grupo de parámetros de calidad interna se incluyen los relacionados con la calidad del albumen (unidades Haugh, índice de albumen, nivel de albumen denso y transparencia del

albumen), calidad de la yema (índice, porcentaje y color de la yema) y la presencia de pigmentaciones, o restos de carne, etc. La calidad del albumen depende de la proporción de agua y proteínas que son las responsables de la consistencia. Los parámetros que se miden para valorar la calidad del albumen se basan en evaluar su consistencia. La calidad de la yema está definida por su contenido en nutrientes, por su tamaño, su peso, su color y su consistencia. (Agenjo, 1980)

a) Unidades Haugh (UH) e índice de albumen

El albumen se degrada con el tiempo porque se modifican las interacciones entre la ovomucina y la lisozima (Fennema, 1992). Con el paso del tiempo se aumenta el intercambio gaseoso entre el interior del huevo y el ambiente. La temperatura elevada y la humedad relativa en el lugar de conservación aceleran la licuefacción del albumen porque aumenta la pérdida de agua. Las temperaturas altas también conllevan una pérdida de anhídrido carbónico que aumenta el pH de la clara que se traduce en una pérdida de altura por licuefacción (Kirunda & McKee, 2000). El factor determinante en la calidad del albumen es la edad de la gallina, al inicio de la puesta los huevos tienen una calidad del albumen superior a las 95 UH, a las 45 semanas alrededor de 80 UH y a las 65 semanas 75 UH (Buxade, 2000), las gallinas de mayor edad producen albumen de peor calidad porque las proteínas que se depositan durante la formación del huevo son de peor calidad (Leeson, Caston, & Summers, 1997). La edad de la gallina no da lugar a UH inferiores al límite de aceptación del consumidor que se sitúa alrededor a las 60 UH, la edad de la gallina debe por tanto combinarse con otros factores para que se supere dicho límite. (Castelló, Barragán, Borroeta, & Calvet, 2010)

b) Porcentaje de albumen denso

Además de la consistencia del albumen, la calidad también está definida por la cantidad de albumen que depende de los aportes de proteína y aminoácidos esenciales a través de la dieta, sin embargo, el consumo de agua no tiene efectos sobre la estructura del albumen (Castelló, Barragán,

Borroeta, & Calvet, 2010). El porcentaje de albumen disminuye conforme aumenta la edad de la gallina, aunque el peso del huevo y el peso del albumen son mayores. (Zita, Tumova, & Stolc, 2009)

c) Transparencia del albumen

La clara debe ser totalmente transparente, es un parámetro de calidad fácilmente apreciable por el consumidor. La coloración verdosa de la clara puede deberse a contaminaciones por *Pseudomonas* o a exceso de riboflavina en la dieta. La coloración blanquecina se produce por unas malas condiciones de almacenamiento como temperaturas entre 0-4 °C o abundancia de CO₂. Cuando la clara adopta un tono rosáceo es producto de la contaminación por gossipol, un polifenol derivado de la planta del algodón y si es un tono más oscuro puede deberse a hemorragias en el oviducto, a iluminación inadecuada o cambios bruscos de temperatura. Si el albumen aparece negruzco es que ha habido una contaminación del huevo por bacterias del género *Proteus* (Buxade, 2000) De forma excepcional, se han observado coloraciones amarillentas por migración de los pigmentos añadidos al pienso para colorear la yema. (Castelló, Barragán, Borroeta, & Calvet, 2010)

d) Índice y porcentaje de yema

Las proteínas de la yema se degradan con el paso del tiempo, cuando se alteran las que forman la membrana vitelina se produce una migración de agua del albumen a la yema. Esta pérdida de consistencia se observa en un aplanamiento de la yema, que se traduce en una disminución del índice de yema y favorece que las yemas se rompan al abrir el huevo. (Ahn, Sell, Jo, Chamruspollert, & Jeffrey, 1999)

e) Índice de color de la yema

El color de la yema es un parámetro de calidad porque es una característica que condiciona la satisfacción del consumidor, pero no se considera un parámetro objetivo para evaluar la frescura o

la calidad del huevo ya que la pigmentación de la yema depende exclusivamente del aporte de carotenos en las dietas de las gallinas, ya sean naturales o artificiales. La capacidad para movilizar los carotenoides de la dieta a la yema depende de algunos factores como la estirpe de la gallina (Halaj, Benkova, & Baumgartner, 1998), las enfermedades como las coccidiosis o las infecciones respiratorias porque pueden afectar a la mucosa intestinal y por tanto dificultar la absorción de carotenoides, del contenido de grasas saturadas en la dieta de las gallinas, ya que colaboran en el transporte de carotenoides hasta la yema y del exceso de vitamina A y calcio, ya que puede provocar yemas más pálidas. (Estévez, 2015)

2.7.3. Parámetros de calidad nutricional del huevo

En el grupo de parámetros de calidad nutricional se incluyen el contenido en agua, minerales totales o cenizas, proteínas, grasas, carotenoides y vitaminas. Humedad: La humedad o el contenido en agua del huevo depende de la humedad y de la temperatura relativa en el lugar de almacenaje. Cenizas: El contenido en macroelementos en la parte comestible del huevo, como calcio, fósforo, sodio y potasio es invariable (Romanoff, 1949). La cantidad de oligoelementos como el yodo, y el selenio depende del aporte mineral del pienso mientras que la suplementación con hierro de la dieta no se traduce en mayores contenidos de hierro en el huevo. (Naber, 1979)

Porcentaje de proteínas: Para que las gallinas depositen la cantidad de proteínas óptima en el huevo es necesario que la dieta aporte proteínas en cantidad suficiente. Cuando se reduce la cantidad de proteínas de la dieta de un 16% a un 13% se observa que se reduce la cantidad de albumen (Penz & Jensen, 1991), este efecto es mayor si la dieta más pobre en proteínas se proporciona cuando en el huevo se está formando el magnum ya que se reduce la biodisponibilidad de las proteínas. Porcentaje de grasa: La cantidad de grasa en el huevo es proporcional al peso de

la yema que depende principalmente de la edad de la gallina (Zita, Tumova, & Stolc, 2009). Perfil lipídico: El contenido en ácidos grasos del huevo depende del perfil de ácidos grasos en la dieta de la gallina (Romanoff, 1949). La proporción entre ácidos grasos insaturados y ácidos grasos saturados es relativamente estable, mientras que la cantidad de esos ácidos grasos sí que puede alterarse dependiendo de la composición de la dieta, se puede multiplicar de 5 a 10 veces la cantidad de ácido araquidónico y ácido docosahexanoico o ácido cervónico si se incluye en la dieta de la gallina pescados o aceites de pescado ricos en ácidos grasos ω -3 o aceites vegetales ricos en ω -6 como el de girasol o ricos en ω -3 como el de colza y lino (Nau, Nus, Yamakawa, & Réhault-Godbert, 2010). Las cantidades de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados pueden ser controladas modificando la cantidad de este tipo de grasas en la dieta de las gallinas, la cantidad de grasas saturadas en el huevo es independiente del aporte dietético (Bouvarel, Nys, Panheleux, & Lescoat, 2010). Cantidad de carotenoides totales: La cantidad de carotenoides en el huevo depende del aporte de estos pigmentos en la dieta, ya sean naturales o artificiales, de la absorción intestinal, del transporte plasmático, y del metabolismo, así como de la degradación de los pigmentos (Nys, y otros, 2010). Cantidad de vitaminas: La cantidad y la variedad de vitaminas liposolubles en la yema depende directamente del aporte alimentario (Nys, y otros, 2010), por tanto, es posible controlar la cantidad de estas vitaminas en el huevo si se modifica la proporción en la dieta.

2.7.4. Valor nutricional del huevo

El huevo es un alimento adecuado para una correcta alimentación humana porque contiene una importante diversidad de nutrientes en cantidades equilibradas. Los componentes nutricionales se reparten de manera distinta entre la clara y la yema. La clara está formada principalmente por agua (88%) y proteínas (11%) mientras que los lípidos, una parte de las proteínas, los minerales y las

vitaminas se encuentran en la yema. Se considera que una ración para una persona adulta equivale a dos huevos medianos, con un peso total de unos 100 g de parte comestible (sin la cáscara). El valor nutricional del huevo frente a otros alimentos proteicos de origen animal destaca por aportar vitamina E, vitamina A, vitamina D y hierro. La tabla 6 muestra el aporte de contenido nutricional del contenido en proteína, grasa, los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), y los niveles en vitaminas y minerales, expresados por cada 100 g de huevo y la densidad nutricional expresada por cada 1000 kcal, en diferentes alimentos de origen animal (Sastre, y otros, 2002). Un huevo contiene de media 6 g de proteína, de los cuáles el 74% están en la clara y el 16% en la yema (Castelló, Barragán, Borroeta, & Calvet, 2010), lo que se traduce en 12 g de proteína, aproximadamente, por cada 100 g de huevo sin cáscara (Aparicio, Borroeta, López, & Ortega, 2008). Las proteínas del huevo se consideran de alto valor biológico (94%) porque aportan un perfil de aminoácidos esenciales similar al que se considera ideal para el hombre.

Las proteínas del huevo son de fácil digestión siempre y cuando se cocine el huevo, ya que el calor desnaturaliza los inhibidores de las proteasas digestivas que se encuentran en la clara cruda. Sin embargo, las proteínas de las yemas se digieren mejor en crudo porque el calor reduce la digestión de las lipoproteínas. (Martín & Rodríguez, 2002)

Nys y Saveur (2010) indican que las proteínas del huevo son mayoritariamente glicoproteínas como la ovoalbúmina (54%), la ovotransferrina (12%), el ovomucoide (11%), la ovomucina (1.5%), también se encuentran las globulinas (8%), la lisozima, la ovoflavoproteína y la avidina.

Las grasas del huevo aportan alrededor de 70 kcal y suponen la fuente de energía mayoritaria, ya que el huevo contiene 0.3 g de carbohidratos. Según Sastre et al. (2002) un huevo contiene alrededor de 4 g de grasa, de los cuales 1.8 g son ácidos grasos monoinsaturados (AGM), 1.4 g son ácidos grasos saturados (AGS) y 0.8 g son poliinsaturados (AGPI). Por otro lado, Pontes y Castelló

(1995) indican que un huevo de 60 g contiene alrededor de 5.5 g de grasa de la cual el 66% son triglicéridos, un 28% fosfolípidos y un 5% colesterol.

2.8. Muda forzada en Gallinas Productoras de Huevo para Plato

Fernández O. (2013). La muda de pluma inducida o, pelecha de la gallina ponedora, se utiliza para obtener un segundo ciclo de producción que permita obtener una mayor cantidad de huevos producidos por vida de la gallina y, puede representar una mejora en la rentabilidad de las empresas al incrementar la calidad interna y externa del huevo.

La muda forzada se ha utilizado desde hace décadas, por ejemplo: En EE.UU. se usa en más del 75 % de las parvadas de gallinas que producen huevo para plato (Bell, 2003). En México, la muda se utiliza en promedio en un 35 % de las parvadas. En la zona de los Altos Jalisco, México, en los últimos años se ha utilizado aproximadamente en el 45 % de las parvadas. (Bell, 2003)

Sánchez, C. (2003), conceptualiza según su criterio, la muda forzada se utiliza para aumentar la vida productiva de una parvada y hecha correctamente puede prolongarla de 70 a 110 semanas de edad.

Negrín, O. y Verdecchia, P. (2007), interpreta, después de aplicar la pelecha o muda forzada, el pico de puesta próximo llegará a lo superior a un nivel inferior al 10% del pico de puesta del ciclo anterior. La demanda de alimento es mayor. Primero es precisa la recuperación del ave y de su aparato reproductor; esto demora dos semanas, y el incremento en la puesta es paulatino, el pico lo alcanza a los 40 ó 50 días posteriores a la primera puesta, y el ciclo viable económicamente de puesta se reduce a 150 días. Por otra parte, la capacidad de conversión de alimento en carne o huevo disminuye en cualquier especie con la edad.

Palacios, A. (2010), sintetiza lo siguiente: La edad de las aves que van para la muda forzada debe realizar entre 70 a 80 semanas dependiendo del porcentaje de postura; El porcentaje de postura no inferior para esas edades 70 a 75%; La desparasitación antes; El suministro de una fuente de calcio; El programar perfectamente todo el proceso con suficiente antelación; Nunca permitir a las gallinas una pérdida de peso superior al 25%. Estar monitoreando un grupo patrón. No olvidar que el retiro del agua no debe pasar de tres días y ver si es época de verano. Enfatizarse en un importante el manejo de la luz tanto natural como artificial. En algunos casos después de la muda forzada llega a tener posturas de 80 a 85%.

Miller, k., et al. (2013), reportaron que para aves híbridas autosexantes de alta postura sometidas a muda forzada se han reportado como valores normales entre 70 y 75% en el pico de postura. Otro aspecto relacionado a la producción post-muda es el tiempo transcurrido entre la fase de realimentación (reingreso a la producción) y el pico de postura. Se considera que el 50% de la producción se alcanza a las 6 semanas de iniciada la muda (en el caso de la muda rápida) y a las 8 semanas en el caso de la muda lenta.

La reducción del peso corporal de las aves más allá del 30% es ineficaz y aumenta la mortalidad durante la muda y el tiempo necesario para volver a la producción de huevo. (Buxade, 2000)

Aunque el tiempo que demanda llegar a la pérdida de peso corporal deseado se halla relacionado a muchos factores (método de muda aplicado, características del lote, sistemas de alojamiento e infraestructura, etc.) (Webster, 2000), por lo general se citan períodos que van entre 7 a 15 días. (Buxade, 2000)

ISA (1996). Por lo general, los métodos de muda rápida pretenden que las aves recuperen su actividad productiva tras un corto intervalo de tiempo (unas 4-6 semanas). En los métodos de muda lenta el período improductivo se alarga notablemente (7-10 semanas e incluso más).

Según Marlone, G., (1982), reporta que la muda forzada es una práctica que viene avanzando en gallinas ponedoras, que permite obtener de los lotes de aves un mayor número de huevos, con una mejor calidad de los mismos, tanto interna como externa. Hay múltiples formas de realizar la muda: Inicialmente se realizaba casi exclusivamente por privación de alimento y/o agua. En los últimos años, debido al rechazo que esta forma de lograr la muda, origina en los grupos defensores de los derechos de las aves, se comenzó a trabajar en programas de muda sin ayuno, basados en cambios nutricionales, que provocan la salida de producción temporaria en las aves.

La edad para iniciar la muda forzada, no debe superar las 80 semanas de vida. Cuantos más jóvenes sean las aves al iniciar el período de muda, mayor será el pico de producción que se logre y mejor será la persistencia. (Negrín & Verdecchia, 2007)

El tamaño de los huevos producidos por lotes en los que se realiza la muda es entre 2 y 3 gramos mayor que los huevos que producían las aves antes de terminar el primer ciclo de producción. La conversión de lotes mudados es más alta que en lotes de primer ciclo.

2.8.1. Fisiología de la muda forzada.

La muda de pluma se inicia cuando se interrumpe el mecanismo neuroendocrino que regula la formación del huevo y la ovoposición. Generalmente son factores ambientales estresantes (restricción de agua y de alimento, altas temperaturas), los que provocan incremento de la actividad tiroidea y adrenal, atrofia de los órganos genitales, atrofia de los caracteres sexuales externos, atrofia del aparato digestivo y, caída de la pluma. Posteriormente ocurre una fase regenerativa en la que se forman nuevas plumas y se restablece la estructura anatómica y funcional del aparato digestivo y genital. (Buxade, 2000)

Estrada, M., (2010), manifiesta que la reducción en el peso vivo del ave es el resultado de la suma de la regresión del peso del ovario, del oviducto, de las reservas de grasa y de la pérdida de músculo (proteína). La reducción del peso es necesaria para rejuvenecer los tejidos corporales.

2.8.2. Productividad y rentabilidad de la muda o pelecha

El segundo ciclo de producción de la gallina no es tan bueno como el primero, pero el costo de la polla se "diluye" entre más huevos producidos por vida. En el cuadro siguiente se comparan la productividad de los dos ciclos. (Webster, 2000)

Tabla 2

Comportamiento productivo en el primer y segundo ciclo de una gallina moderna

Parámetros	Primer Ciclo	Segundo Ciclo
Semanas De Producción	60	40
% De Mortalidad	7%	8%
% De Producción	81%	65,20%
# De Huevos Por Ave Por Ciclo	365	181
Kg. Huevo Por Ave Por Ciclo	21,9	11,6
# De Huevos Por Ave Por Dia	0,87	0,65
Kg De Huevo Por Ave Por Dia	0,052	0,041
Conversión De Alimento	1,98	2,4

Fuente: (Webster, 2000)

2.8.3. Ventajas y desventajas de la muda forzada

Webster, A (2000) identifica las ventajas y desventajas de la muda forzada:

VENTAJAS

Menor Costo De La Gallina Vs Pollona. Mejor Inicio Del Peso Del Huevo. Incremento De La Calidad Interna Y Externa Del Huevo. Menor Necesidad De Pollitas De Reemplazo. Conviene Cuando Se Tiene Un Excelente Precio Del Huevo. Conviene Cuando Es Bajo El Precio De La Gallina De Desecho

DESVENTAJAS

Alta Mortalidad. Corto Periodo De Producción. Alta Reducción Del % De Producción Semanal.

Mayor Consumo De Alimento. Mayor Tamaño Del Huevo. Mayor Costo Por Kg De Huevo

2.8.4. Técnicas para inducir la Pelecha o muda

Se han utilizado distintos procedimientos para inducir la muda forzada (pelecha), Swanson and Bell (1974), señalan que las técnicas para provocar la muda forzada se pueden clasificar en tres grupos que consideran:

- a) Limitación de agua y alimento.
- b) Raciones bajas en nutrimentos. Por ejemplo, la manipulación de algunos minerales como zinc, iodo, sodio, cloro, cobre, calcio y aluminio.
- c) Aditivos alimenticios anovulatorios. Por ejemplo: tratamientos con progesterona y altos niveles de Iodo, uso de corticosterona.

La técnica más común es la de restringir el alimento hasta que el ave reduzca su peso corporal entre un 25 a 30 %; con esto se puede esperar una mayor cantidad y mejor calidad de huevo en el periodo de pos-muda (Baker, Brake, & Krista, 2009). Algunos autores mencionan que el periodo en que el ave logra reducir del 25 al 30 % está entre los 10 y 11 días.

Bell (2003), muestra en el siguiente gráfico la evolución del peso del ave. La mayor pérdida de peso corporal se alcanzó a los 5 días (20 %), por lo cual se recomienda realizar el pesaje del ave al primero y quinto día; después del séptimo día se debe realizar diariamente un pesaje del ave para determinar el momento exacto del inicio de la alimentación.

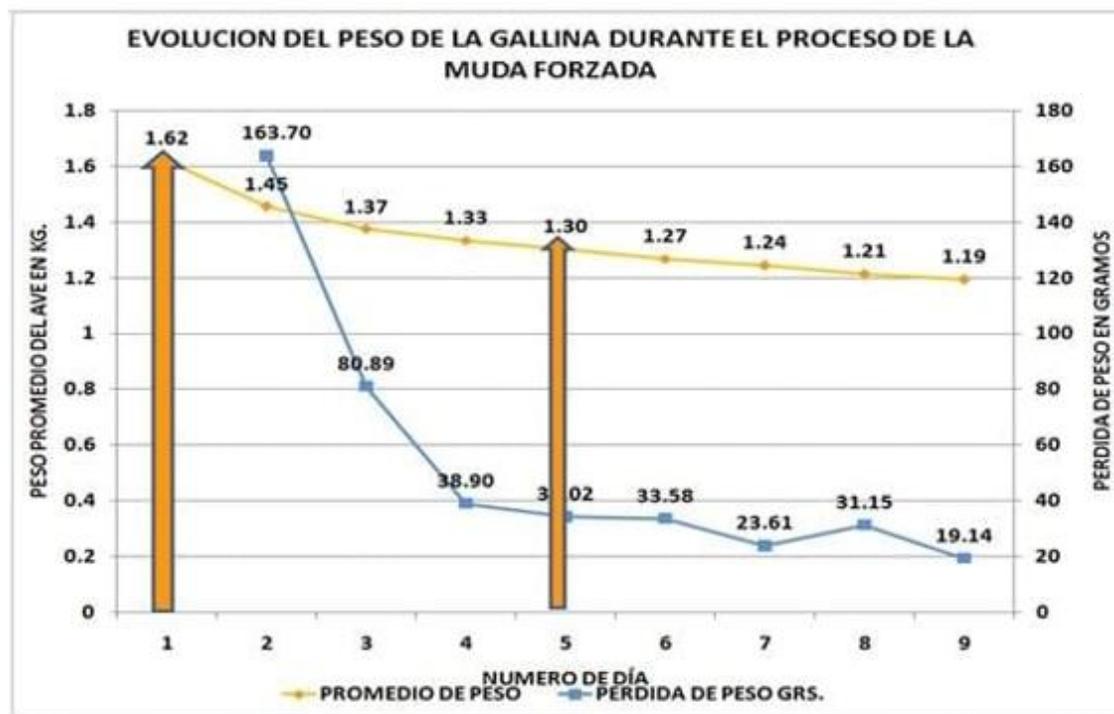


Figura 3. Evolución del Peso de la Gallina durante el proceso de una muda forzada.

Fuente: (Bell, 2003)

Es importante garantizar una buena uniformidad de peso en el lote que iniciará un segundo ciclo de producción el cual, tendrá una duración de 4 a 7 semanas dependiendo del sistema. (Berry, 2003)

En mudas cortas el ave alcanza el 50 % de producción después de 6 semanas y, en mudas largas, el ave alcanza el 50 % de producción después de 8 semanas. Bell (2003), encontró mejoras significativas en la producción temprana del huevo cuando las gallinas fueron alimentadas inmediatamente y mostraron una pelecha rápida; sin embargo, esto repercutió en una reducción en la calidad de cascarón.

Al iniciar la muda se presentan dos situaciones contrapuestas: una pausa improductiva corta y rendimientos pos-muda que alcanzan el máximo pico de producción. Estos dos factores presentan una correlación negativa. (Buxade, 2000)

2.8.5. Resultados de investigaciones sobre algunas técnicas de muda forzada.

Tabla 3

Técnicas de muda forzada

AUTOR	TRATAMIENTO	COMENTARIO
(Baker, Brake, & Krista, 2009)	Reducción del peso vivo entre 30 a 35%	Mencionan que se reduce en un 50% la grasa abdominal, 61% el peso del hígado, 90% el peso del ovario y 84% el peso del oviducto.
(Koel, Parsons, & Moshtaghian, 1992)	Restricción de alimento menor a 10 días	Se logra un excelente pico de producción, sin embargo, se obtiene una baja persistencia de la misma y se presenta una baja calidad del cascarón
(Buxade, La gallina ponedora, segunda edición, 2000)	Reducción de peso > al 30% del peso vivo	Esto solo incrementa la mortalidad y el período de recuperación de la gallina.
Otros Investigadores	Sin Correlación	No se tiene correlación entre la productividad del primer ciclo y el segundo ciclo de producción, lo que indica que una gallina que fue buena productora en el primer ciclo, será buena en el segundo ciclo.
(Buxade, La gallina ponedora, segunda edición, 2000)	Edad de la pelecha (62 – 68 semanas)	Se tiene una correlación positiva entre la edad de la pelecha y el pico de producción

Fuente: (Saldaña, 2012)

2.8.6. Métodos de muda forzada

Patiño, F. (2007), señala, el mejor método de realizar la Muda forzada es el ayuno de alimento por más de 10 días (15 días inclusive), hasta que las aves pierdan en promedio el 25% del peso al inicio del proceso. Pero en todos los trabajos comparando las prácticas alternativas (ayuno menos prolongado, reducción del fotoperiodo, aumento de los niveles de zinc en sangre, etc.), el ayuno prolongado es el que mejor resultado ha dado hasta el momento.

Solórzano, R. (1998), realizó la evaluación de tres sistemas de muda forzada en gallinas Dekalb-Warren y su Efecto en el Segundo Período de Postura. Donde se obtuvo los siguientes resultados, con la aplicación de los sistemas de muda forzada convencional y oxido de zinc no existieron diferencias significativas ($P < .05$), obteniéndose picos de producción de 83.5% y 79.8% respectivamente, los cuales mostraron diferencias significativas en comparación al tratamiento

con progesterona que alcanzo un pico de producción del 68%. ya que los parámetros de producción y económicos resultaron mejores con los sistemas de muda convencional y oxido de zinc.

Por su parte, Echeverría, L. (1991), recomienda aplicar un sistema de muda forzada con restricción total de alimento durante 5 días y de agua 48 horas hasta lograr el cero por ciento de postura. Luego el alimento se restituye así:

- El primer día post muda 40 g/ave día.
- El segundo día post muda 55 g/ave día.
- El tercer día post muda 70 g/ave día.
- El cuarto día post muda 85 g/ave día.
- El quinto día post muda 100 g/ave día.
- El sexto día post muda 116g/ave día.

Proaño, H. (1981), recomienda aplicar una restricción de agua de 0 a 3 días, sin alimento de 0 a 10 días y alimento a voluntad desde el día 11.

Buxadé, C. (2000), propone un modelo general que reúne los siguientes aspectos. Supresión total o parcial del alimento sólido durante 7-12 días o, también, en función a la pérdida de peso vivo por las aves (hasta el 35 por 100 del peso inicial e incluso más).

Sánchez, C. (2003), analizó sobre el método nutricional, en estos casos, la reducción de la producción de huevos y la inducción de la muda forzada se da por el aumento del nivel de zinc dietético, que es de 50 mg/kg. Para la máxima producción de huevos. Diversas investigaciones ya demostraron que la adición de 15 mil a 25 mil mg/kg. de zinc en la dieta, en la forma de óxido de zinc, reduce la postura a cero e induce a la muda de plumas, por promover una intoxicación y

volver el alimento de pésimo sabor. Esto provoca la disminución de su consumo: en los primeros días el ave absorbe de 25 a 30 gramos y en los días siguientes de 7 a 15 g, un semi-ayuno que induce a las aves a paralizar la producción de huevos y la muda.

2.9.Métodos Farmacológicos

Según, North, M (1982) indica que suministrar a las aves (en el alimento o mediante inyección) determinados fármacos, hormonas u otros compuestos (anovulatorios, entre ellos), que dan lugar a una detención de la puesta, provocando la subsiguiente muda.

Entre las hormonas ligadas a la reproducción, destacan la progesterona, aunque también han sido estudiados otras como, por ejemplo, el propionato de testosterona, la corticosterona, etc.

La progesterona puede incorporarse al pienso o inyectarse. Cuando se aplica, a pesar de las variaciones que se registran en los resultados, en función de las dosis y de los tiempos de aplicación, normalmente la parada en la puesta se produce tras 2-4 días y la caída de las plumas acontece a los 7-12 días de tratamiento. Una vez concluido éste, la reproducción se reinicia a las 3-4 semanas. Proaño, H. (1981), menciona dosis de progesterona de 40 mg. por inyección y de 13,2mg/kg. de alimento.

También se recogen experiencias con distintos fungicidas, entre los que hay que destacar a los dio carbamatos que actúan a nivel del sistema nervioso central y cuyos efectos se contrarrestan con una inyección de LH. (Unido a algunos posibles efectos perjudiciales que su empleo podría ocasionar en el consumidor final), ha hecho que, los métodos farmacológicos no tengan ningún interés práctico y no se haya difundido en la realidad de la avicultura comercial, quedando hasta la fecha restringidos a un nivel experimental. (Ricci, 2011)

2.10. Métodos Nutricionales

Se puede hacer una muda forzada con un déficit de Calcio o de Sodio, con exceso de Yodo que aumenta la actividad de la tiroides, exceso de Zinc, Magnesio y Cobre; siendo el más común el uso del óxido de Zinc. En realidad, el óxido de Zinc no hace que el animal tire la pluma y pare la actividad sexual, sino que ocasiona un rechazo en el alimento, siendo esto lo que lleva al animal a la repluma, durante un tiempo, para más tarde, volver a suministrar la dieta normal. (Buxade, 2000)

2.10.1. Exceso de Zinc en la Dieta

Ricci,(2010) revela de todas las posibilidades expuestas, la más eficaz es la que emplea dietas con exceso de zinc. Esta es una de las razones por las que este método ha adquirido una notable importancia en los últimos años, a pesar de las dificultades que su utilización lleva parejas. Por el contrario, dietas con exceso de magnesio o de cobre han tenido, al menos hasta la fecha, una difusión mucho menor: el magnesio a niveles del 2 por 100 no se ha demostrado eficaz, ni en forma de óxido ni de acetato: el cobre, por el contrario, sí parece más prometedor a niveles de 2 g Cu/kg pienso, en forma de SO_4Cu , suministrado durante una semana.

El zinc se utilizó por primera vez para provocar la muda en las ponedoras en 1976 por Scott y Greger (citado por Buxadé, C.2000), desde entonces, ha sido objeto de numerosos estudios y no menos numerosas controversias.

Ricci (2010) manifiesta que, con la utilización de raciones de zinc, a niveles de 10.000-25.000 ppm se consigue.

1. Una parada rápida y total de la puesta, dentro de los 4-7 días de iniciado el tratamiento.

2. Una rápida recuperación de la puesta, tras la supresión del tratamiento.
3. Una importante pérdida de peso (20-40 por 100) durante el período de suministro de exceso de zinc, consecuencia de la vertiginosa caída en el consumo, que puede superar incluso el 85 por 100.
4. Una pequeña pérdida de plumas.
5. Una mortalidad muy reducida (en general, significativamente menor que en el caso de la muda clásica).

Ricci (2010), señala que al añadir estas grandes cantidades de zinc al pienso (las ponedoras requieren unos 50 ppm), dos efectos que, a su vez, son la causa del desencadenante de la muda.

- Una intoxicación de las aves.
- Un consumo reducido (prácticamente es un ayuno).

El método consiste en suministrar un pienso fuertemente suplementado con zinc a las ponedoras, durante un breve período para volver, una vez transcurrido éste, al pienso normal de ponedoras.

Oguique, et all. (2005). Los mejores resultados parecen conseguirse con una adición de zinc de 20.000 ppm, suministrados durante 7 días. Como el consumo va a ser muy pequeño de 50 a 100 g de pienso por gallina y período, aunque el pienso se aporta a discreción, todo el alimento necesario se puede suministrar el primer día. El pienso sobrante, si lo hay, debe retirarse, una vez transcurridos los 7 días, y destruirse. La fuente de zinc utilizada con más frecuencia es el óxido (al 2,5 por 100, lo que supone un nivel de zinc del orden del 2 por 100), pero también puede emplearse el acetato. El método expuesto debe complementarse con medidas tales como: utilización de pienso

sin sal, para la mezcla con óxido de zinc y supresión de la iluminación artificial, durante el periodo de muda.

2.10.2. Disminución de Calcio en la dieta

Buxade (2000) puntualiza, los niveles de calcio de 0,05-0,08 por 100 garantizan las necesidades de mantenimiento, pero consiguen detener, aunque no siempre de forma absoluta, la puesta. Niveles de Ca de 0,8-2,5 por 100 no logran parar la producción, pero se trata de un intervalo sumamente peligroso. No es suficientemente bajo como para detener la puesta (si bien la reduce). No es lo bastante elevado como para evitar la movilización de las reservas óseas de calcio. Niveles de Ca superiores al 2,5 por 100: son los normales en los piensos para ponedoras.

Buxade (2000) afirma si se desea detener la producción habrá que emplear niveles de calcio comprendidos entre el 0,8 y el 0,0 por 100. Por ello, no es de extrañar que la mayor parte de los trabajos utilicen raciones con valores de calcio inferiores al 0,2 por 100. La utilización de raciones deficientes en calcio, para provocar la muda forzada, puede provocar un aumento de la mortalidad (zonas peligrosas) e incluso, producir parálisis pasajeras (sobre todo, en las aves dominadas, que tienen dificultades para acceder al pienso). En realidad, no se produce una muda en el sentido estricto y ni el ovario, ni el oviducto sufren una auténtica regresión. Por todas estas razones, este método no parece el más indicado para provocar la muda en las explotaciones industriales de puesta comercial.

2.10.3. Utilización de raciones deficientes en sodio

La experiencia ha demostrado que se trata de un método notablemente más efectivo que el de la carencia de calcio. Suministrando a las ponedoras dietas que contienen niveles de sodio (Na)

inferiores al 0,04 por 100, la producción descende, en 2-3 semanas, por debajo del 5 por 100 e incluso puede cesar por completo al cabo de 4 semanas de tratamiento. (Ricci, 2011)

Cuando se suministran raciones deficientes en sodio, ocurre, lo siguiente: La puesta descende rápidamente y se estabiliza a niveles proporcionales al contenido en sodio del alimento. El consumo también disminuye, en función del nivel de sodio. Cuando este es mínimo (0,2 g Na/kg pienso, que es el mínimo que se puede conseguir con un pienso a base de maíz y soja, sin añadirle sal), el nivel de ingesta va descendiendo a lo largo de todo el período de suministro. La pérdida de peso producida inicialmente se recupera, en su mayor parte, a partir de las 4-5 semanas de iniciado el suministro de la dieta baja en sodio; no obstante, en el caso de dietas con niveles de sodio del 0,2 por 100, la pérdida de peso prácticamente prosigue mientras dura el tratamiento. La regresión del aparato genital es importante: es completa cuando el nivel de sodio es del 0,02 por 100. La pérdida de plumas es escasa.

2.10.4. Utilización de raciones con exceso de yodo

Suministrando a las aves ponedoras en producción dietas con altos niveles de yodo (superiores a 5000 ppm), se logra que la puesta cese de un modo efectivo, al cabo de una semana, aproximadamente. Es conveniente, que las necesidades de yodo de las gallinas ponedoras son del orden de 0,3 mg/kg de pienso (esto es, 0,3 ppm). (NRC, 1994).

Las principales cuantificaciones que se debe tener en cuenta para poder realizar el manejo adecuado en cada fase de producción de acuerdo a los parámetros, se observa en la tabla 4 (Echeverria, 1991)

Tabla 4

Parámetros a evaluar en las diferentes fases del ciclo de producción de las gallinas ponedoras.

Fases	Edad (sem)	Peso Corporal	Huevos rotos acumulados	Mortalidad Acumulada	Huevos/ave Alojada
		(g)	(%)	(%)	
Primer Ciclo	20 - 74	1.980	0,55	7	320
Muda	9 a 12 días	1.550	0,40		
Post Muda	77 -104	2.000	0,58	8	135

Fuente: (Echeverría, 1991)

2.11. Estudios realizados

Proaño (1981) comparó cuatro sistemas de Muda Forzada en ponedoras semipesadas: basados todos los tratamientos en métodos de manejo. Todos con restricción de agua 3 días, diferenciándose en el ayuno sólido, que consistía: El primer tratamiento en ayuno total del 0-3 día, luego alimento controlado desde 15 g a 90 g aumentando en forma gradual desde el cuarto al décimo tercer día. El tratamiento 2 en ayuno total de 0 a 6 días. El tratamiento 3, ayuno de 8 días y el tratamiento 4, ayuno de 10 días. Entre los tratamientos, fue mejor el que hubo un ayuno de 10 días.

2.12. Situación avícola del ecuador

Según CONAVE, AMEVEA; AGROCALIDAD, MAG (2015). La industria del huevo a nivel global crece a un ritmo de 4% anual y tiene un valor de más de 100.000 millones de dólares al año. La producción mundial alcanzaba 35,2 millones de toneladas en 1990, mientras que en 2010 se llegó a 64,2 millones de toneladas, registrando un incremento de 82,4%.

De acuerdo a un estudio elaborado por la International Egg Commission (IEC), (2014) se estima que para 2015 se producirán 12 millones de toneladas de huevos de mesa adicionales para suplir la demanda proyectada.

Actualmente la Industria Avícola Nacional, está creciendo de una manera acelerada, y lleva varios años esta tendencia, siendo Tungurahua la provincia con mayor cantidad de aves explotadas, seguida de Manabí, Pichincha y Cotopaxi con el 49, 22, 15 y 11% respectivamente; Por ende, la demanda de huevo de mesa ha crecido, llevando a la población a consumir una buena proteína animal de bajo costo para su aprovechamiento y consumo. El consumo per cápita de huevos en el Ecuador, según CONAVE (2015) se encuentra alrededor de 140 unid/p/año, con una población de 9 millones de ponedoras y una producción de huevos de 2.093 millones, lo cual significa que este segmento de la producción aporta el 13% en el PIB agropecuario, aportando con el 4,6% de empleos directos a la población económicamente activa. (Industria Avicola, 2017)

2.13. Ácido Guanidinoacético (AGA)

El ácido guanidinoacético está aprobado en Europa como aditivo perteneciente a la categoría “aditivos nutricionales” y los grupos funcionales “aminoácidos, sus sales y análogos”. Ácido Guanidinoacético (AGA) es una novedosa forma de AGA, un derivado de aminoácidos y un precursor natural de la creatina en el cuerpo. La creatina es un componente de gran importancia en el metabolismo energético, particularmente de las células de los músculos. (EVONIK, 2015)

Ringel, J., et al., (2008). Los organismos vertebrados pueden formar creatina a través de la síntesis de novo; por medio de la metilación del AGA, el cual se forma a partir de los aminoácidos glicina y arginina en el riñón. En animales de alto rendimiento productivo como lo son los pollos de engorde, la capacidad de síntesis de novo de la creatina puede ser un factor limitante y la suplementación por la vía del alimento puede ser benéfica, deficiencia que puede ser compensada convenientemente al utilizar Ácido Guanidinoacético (AGA).

Mejora significativamente el desempeño productivo en los pollos de engorde. Debido a que se han observado importantes mejoras en la conversión alimenticia, una mayor ganancia de peso y un mejor rendimiento de pechuga. Instrucciones de Uso Ácido Guanidinoacético (AGA) se adiciona en el alimento durante todo el periodo de crecimiento del pollo de engorde a una inclusión de 600 g/ton de alimento. (EVONIK, 2015)

Ácido Guanidinoacético (AGA), un preparado de ácido guanidinoacético como precursor de la creatina que ayuda al metabolismo energético de las aves. El ácido guanidinoacético ha sido recientemente reconocido en Europa como un aditivo perteneciente a la categoría de “aditivos nutricionales” y al grupo funcional “aminoácidos, sus sales y análogos”. Estudios recientes han revelado que la creatina es un nutriente esencial para el crecimiento rápido de los animales. Ácido Guanidinoacético (AGA) restaura con eficacia los niveles de creatina muscular a la vez que mejora el rendimiento de los animales. (EVONIK, 2015)

2.14. Creatina

La creatina desempeña un papel fundamental en el metabolismo energético, se sintetiza a partir del ácido guanidinoacético en el hígado, que a su vez es sintetizado a partir de la glicina

y la arginina en el riñón. La creatina y su forma fosforilada, la fosfocreatina, desempeñan un rol importante para el almacenamiento y transporte de la energía celular. La creatina y su forma fosforilada, la fosfocreatina, desempeñan un rol importante para el almacenamiento y transporte de la energía celular.

La creatina es parte del metabolismo energético en la célula al transformar el ATP a ADP sobre todo en las células musculares. Por lo que el 90% de la creatina del cuerpo del animal se encuentra en el musculo, los animales la pueden adquirir en los subproductos de origen animal o sintetizarla de novo a través de la metilación del ácido guanidinoacético (AGA). La producción de AGA se realiza en el riñón por la reacción de transaminación de los aminoácidos arginina y glicina. Las aves que son alimentadas con granos, contienen menos cantidad de creatina en comparación de animales alimentados con dietas con harinas de carne por lo que las aves pueden tener una deficiencia condicional de creatina. (Lemme, Ravindran, & Brydeb, 2004)

Brosnan, J. (2009), manifiesta el desarrollo embrionario depende de los nutrientes depositados en el huevo por lo tanto los minerales y vitaminas se estudian tradicionalmente con el propósito de observar su efecto en la mejora del rendimiento reproductivo y la capacidad de eclosión de los huevos.

Araújo (2010) señala que el huevo puesto por las gallinas contiene una baja cantidad de creatina, la síntesis de creatina aumenta en el huevo en la incubación a partir del sexto día de incubación debido por la mayor actividad de la enzima arginina-glicina amidinotransferasa que produce (AGA). La oxidación de los lípidos aumenta desde los nueve días de incubación y por

el día 19 se incrementa la demanda de energía para el nacimiento. Sin embargo, no hay mucha información de la adición del ácido guanidinoacético como precursor de creatina, en dietas de reproductoras, para aumentar el contenido de creatina en el huevo y contribuir a la mayor disponibilidad de ATP para satisfacer el metabolismo embrionario y en consecuencia, mejorar la incubabilidad y los parámetros productivos de las reproductoras ligeras.

2.14.1. Función de la creatina.

Los sistemas de creatina / fosfo-creatina funcionan como una copia de seguridad del trifosfato de adenosina (ATP)/ sistema de adenosina di-fosfato (ADP) con el fin de almacenar y movilizar energía cuando sea necesario en corto aviso, particularmente en las células musculares. (Branch, 2003)

La creatina (Cr), o metilguanidina-ácido acético, es un compuesto de nitrógeno natural que se encuentra principalmente en el músculo esquelético, y su forma fosforilada, la fosfocreatina (PCr), desempeña un papel fundamental en el metabolismo energético donando sus grupos fosfato a adenosina di fosfato (ADP) para regenerar el trifosfato de adenosina (ATP). Aproximadamente del 66 al 75% de los requerimientos de creatina se encuentran endógenamente, y el resto debe ser suministrado por dieta. Mientras que los subproductos de origen animal contienen creatina, los ingredientes vegetales son no es una fuente de este compuesto. Por lo tanto, las dietas vegetales no pueden suministrar creatina a las aves de corral y puede aumentar los requisitos de arginina y glicina, aminoácidos necesarios para la síntesis endógena de creatina. (Branch, 2003)

Candow, D. (2007) explica que un constituyente de importancia mayor para el metabolismo energético en especial en células musculares; Por consiguiente, más del 90% del total de la creatina del cuerpo está ubicado en los tejidos musculares, la exigencia de creatina del animal puede

satisfacerse parcialmente a partir de la creatina que está presente en sub productos animales. En el cuerpo la creatina se forma por la síntesis de – novo a través de la metilación del ácido guanidinoacético que a su vez se forma a partir de los aminoácidos glicina y arginina. En animales que crecen rápidamente, la demanda no es totalmente compensada por la síntesis de –novo, por lo que se estima que los dos tercios de la necesidad diaria de creatina está cubierta por la síntesis corporal, mientras el resto tiene que ser suplido a través del alimento. Branch, J. D (2003). La creatina es entonces transportada por la corriente sanguínea a las células blanco, la mayor parte (>95%) del total de creatina (fosfocreatina / creatina) se encuentra en los músculos esqueléticos, la porción restante en el cerebro y el corazón.

Candow, D. (2007). La creatina y su forma fosforilada, desempeñan un rol importante para el almacenamiento y transporte de la energía celular. En todas las formas vivas el trifosfato de adenosina ATP es la forma de energía universal. En caso de demanda el ATP suministra fosfato de alta energía y se convierte en di fosfato de adenosina ADP de baja energía. La concentración de ATP en las células está firmemente regulada. La cantidad disponible es suficiente solamente para un corto periodo de tiempo cuando la demanda energética es alta. El sistema de fosfocreatina / creatina funciona como un sistema de reserva para asegurar la disponibilidad de ATP en todas las situaciones. La fosfocreatina sirve como un reservorio dinámico de fosfato de alta energía, ejerciendo un efecto de amortiguación en la regulación ATP / ADP en la célula impidiendo fluctuaciones rápidas que serían perjudiciales en las funciones celulares de consumo de energía.

Branch, J. D (2003). La degradación de la creatina resulta de la creatinina que se excreta a través de la orina. El metabolismo de AGA creatina y creatinina representa una vía de un único sentido sin ramificaciones, excepto por la reacción reversible creatina / fosfocreatina. El AGA no puede ser degradado nuevamente a los dos aminoácidos de origen, tampoco puede la creatina ser

transformado en AGA. La degradación cíclica resultante de la creatina, no se puede convertir nuevamente en creatina.

2.14.2. Regulación de la producción de creatina.

Además de los efectos reguladores de Cre sobre la actividad AGA, la interrupción completa de nutrientes (es decir, el ayuno) también influye en AGA. Magri, E. et al., (2011) descubrió que los polluelos alimentados con una dieta con 3% de Cre suplementario tenían una disminución en la actividad AGA después de 3 días de la alimentación ($7.3 \mu\text{mol GAA} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ peso húmedo en aves control en comparación con $0.5 \mu\text{mol GAA} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ peso húmedo del hígado en aves tratadas). El ayuno también causa una disminución de los niveles de AGA debido al aumento en los niveles de Cre en la sangre que se produce cuando un animal está en ayunas (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). En el siguiente grafico se presenta la formación y destino metabólico del ácido guanidinoacético (AGA) en el organismo.

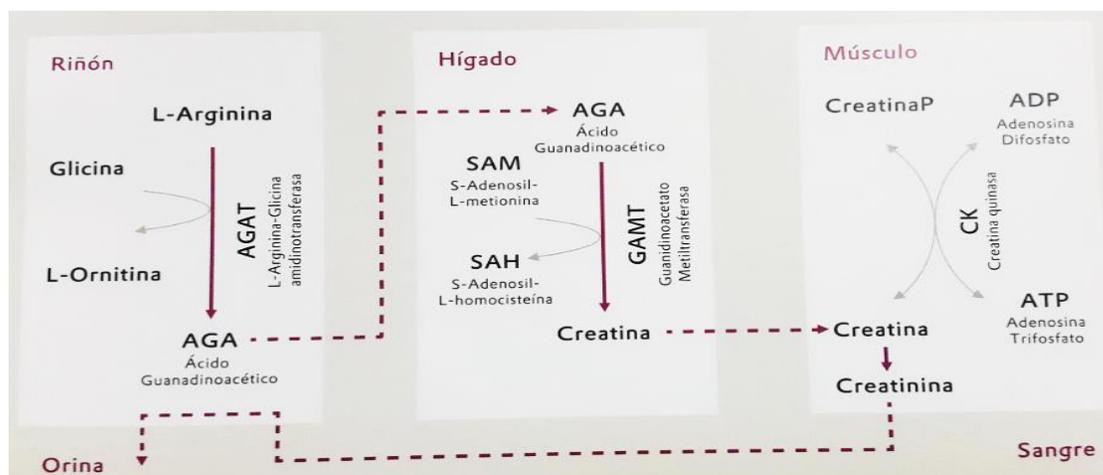


Figura 4. Formación y destino metabólico del ácido guanidinoacético (AGA) en el organismo

Fuente: (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000)

2.15. Producción del ácido guanidinoacético.

El (AGA) es un compuesto que se produce naturalmente en seres humanos y animales. El (AGA) enzimáticamente formado por los aminoácidos glicina y arginina en el riñón o absorbido a partir del intestino, es transportado por el torrente sanguíneo donde se transforma eficientemente en creatina a través de una reacción enzimática posterior. (Baker, Brake, & Krista, 2009)

AGA es un precursor inmediato de CREA que solo requiere una transferencia de grupo metilo de SAM. Baker, Brake, & Krista (2009) planteó así la hipótesis de que la AGA dietética podría evitar la L-arginina en la dieta, un aminoácido esencial para las aves, de la misma manera que el CREA dietético. El ácido guanidinoacético también podría ser favorable en pollos jóvenes de crecimiento rápido debido a su alta necesidad de suministrar CREA a los músculos en crecimiento.

En los mamíferos, la producción de AGA se produce principalmente en los riñones, donde la actividad AGAT es más alta, aunque se han detectado pequeñas cantidades de AGAT en el hígado.

Los pollos, son capaces de sintetizar AGA en ambos riñones e hígado, con actividad AGAT de $2.5 \mu\text{mol GAA} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ riñón y $3.5 \mu\text{mol GAA} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$ hígado.

Comparativamente, la actividad enzimática de AGAT en el pollo es de aproximadamente el 25% de lo observado en el ser humano, pero la enzima está más distribuida en el pollo que en el humano.

El Ácido Guanodinoacético (AGA) se sintetiza a partir de arginina y glicina y es precursor para la síntesis de creatina (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). Los estudios han demostrado que un 50% de las necesidades diarias de creatina se suministra a través de in-novo síntesis y la parte restante por la alimentación (Lemme, Ravindran, & Brydeb, 2004). La falta de creatina reduce el rendimiento celular y el rendimiento productivo, finalmente, en los animales debido a su papel en

el metabolismo Stahl CA. et al, (2003). Los estudios han demostrado que el AGA incrementa su conversión a la creatina y esta conversión se evidenció por un aumento en el músculo y la creatina en sangre Abudabos AM. Et al, (2014). Los estudios han demostrado que el AGA incorpora niveles de arginina a una dieta deficiente en la misma y que, además, mejora el rendimiento de crecimiento en dietas con niveles estables de arginina. (Michiels, y otros, 2012)

Estudios anteriores han demostrado la importancia de la arginina para el óxido nítrico y la síntesis de proteínas, el crecimiento y el desarrollo en vertebrados. (Wu, Vakani, & Small, 1998)

Libera además óxido nítrico gonadotropina hormona (GnRH) mediante la activación de la sintasa de óxido nítrico pituitaria que finalmente influye en las hormonas FSH y LH.

Los estudios han indicado que la FSH está involucrado en el reclutamiento de nuevos folículos en el ovario y también la maduración y el crecimiento rápido de estos nuevos folículos Li Z, et al, (1993). Un estudio demostró que la FSH y las hormonas LH aumentan secreciones en el oviducto y el peso del huevo y también mejoran el índice de conversión en las gallinas ponedoras Zuelke KA, et al. (1993). Basiouni GF (2009) declaró que la arginina aumenta la secreción de la hormona LH y, posteriormente, mejora el rendimiento productivo en gallinas ponedoras. Por otro lado, la arginina reduce los lípidos y los saldos de almacenamiento de lípidos abdominal por la síntesis del óxido nítrico Jobgen WS et al. (2005). Yang H. et al (2006), mostró que la inclusión de arginina en la dieta redujo significativamente niveles de aspartato aminotransferasa en el hígado de gallinas ponedoras, lo que implica que la arginina reduce daños hepáticos.

Con el objeto de evaluar el ácido guanidinoacético como precursor de creatina, sobre la incubabilidad y los parámetros productivos de un ciclo de reproductoras ligeras, se realizó un experimento. Harris, R. et al., (1992) utilizaron 450 reproductoras ligeras (400 hembras y 50

machos) de la estirpe Bovans blancas con 28 semanas de edad y 8 semanas en producción. Las aves se distribuyeron en un diseño completamente al azar en 2 pisos con 50 nidos para 200 hembras con 25 machos cada uno. Los 2 tratamientos o dietas fueron tipo prácticas sorgo + pasta de soya, que cubrían las necesidades de nutrientes para la estirpe. De los resultados obtenidos bajo las condiciones experimentales empleadas, se puede concluir que: El ácido guanidinoacético mejoró el porcentaje de postura, el porcentaje de incubabilidad de los huevos fértiles y disminuyó el porcentaje de mortalidad embrionaria hasta el día 19 de incubación. No se encontró una mejora en consumo de alimento ave/día, peso del huevo, porcentaje de huevo incubable, sucio, roto ni en porcentaje de fertilidad, longitud del embrión y porcentaje del peso del embrión a los 19 días sin saco vitelino.

2.16. Efecto económico del uso de la arginina.

El ahorro de componentes solo es posible porque AGAT está regulado por el producto final de Cre. Con respecto a la producción de AGA, tanto Arg como Gly pueden usarse para otras funciones en el cuerpo, como la acreción de proteínas, la producción de óxido nítrico o novo síntesis de aminoácidos. (Almquist, 2008)

Almquist F. (2008) informaron que la suplementación de Cre y AGA estimuló el crecimiento de pollos alimentados con dietas con deficiencia de Arg, lo que indica que todos los compuestos exhibieron efectos de conservación de Arg. Para determinar la mejor manera de aliviar la deficiencia de Arg en dietas basadas en caseína alimentadas a pollos. Se observó que la suplementación Cre mejoraba las tasas de crecimiento en pollos alimentados con una dieta deficiente en Arg. Fisher et al. (2004), contrariamente a investigaciones previas, informaron que la

suplementación con Cre provocó muy poca mejora en el crecimiento, en comparación con otras dietas suplementadas con Arg, Gly, Met o sus combinaciones.

2.17. Metionina

Como la metionina es limitada en fuentes de proteínas vegetales y se requiere un alto nivel para el crecimiento de plumas y la síntesis de proteínas, la metionina siempre se clasifica como el primer aminoácido limitante en aves de corral. La metionina tiene muchas funciones fisiológicas, por ejemplo, como un importante donante de metilo para proporcionar el grupo metilo (CH₃) necesario para el metabolismo en el cuerpo. La metionina también es conocida por reducir el estrés oxidativo en el cuerpo al aumentar los compuestos antioxidantes como el glutatión. Los aditivos de metionina utilizados en las aves de corral y en otros alimentos son L-metionina, DL-metionina o MHA-FA, que es el análogo de hidroxilo de la metionina. Todas las plantas y animales solo pueden utilizar el isómero L y solo éste isómero está presente en proteínas. (Lemme, Ravindran, & Brydeb, 2004)

2.18. Lisina

Según Rogers, S. et al., (1992), la lisina no es sintetizada por las aves por su utilización debiendo ser suministrada en la dieta, por eso, es denominada aminoácido esencial.

La lisina, uno de los 20 aminoácidos que componen las proteínas vegetales y animales, presenta una especificidad: al contrario de los vegetales, los animales no tienen la capacidad de sintetizarla. Debido a ello, la lisina es considerada un aminoácido estrictamente esencial. Consecuentemente, todos los animales necesitan la presencia de lisina en la alimentación,

sea ella suministrada a través de materias primas como el maíz y la soya o en forma pura, producida a través de la fermentación. (Rogers & Pesti, 1992)

La harina de soya, mayor fuente proteica disponible para la alimentación animal, contiene un alto contenido de lisina de alrededor del 2,7% a 3,0%. Existen, sin embargo, limitaciones para su inclusión en alimentos balanceados, sean estas de orden económica o zootécnica. Las exigencias de lisina de los animales monogástricos son altas, debido al elevado contenido de lisina de las carnes de cerdo y ave, alrededor del 5% al 7% de proteína. (Rogers & Pesti, 1992)

La rápida evolución de las líneas genéticas de gallinas ponedoras, resulta en el aumento permanente de las exigencias de lisina, proporcionalmente al incremento de la eficiencia alimenticia por el simple proceso de concentración. Además, la selección genética apunta a la obtención de carnes magras, generando mayor necesidad de lisina. (Rogers & Pesti, 1992)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del lugar de investigación

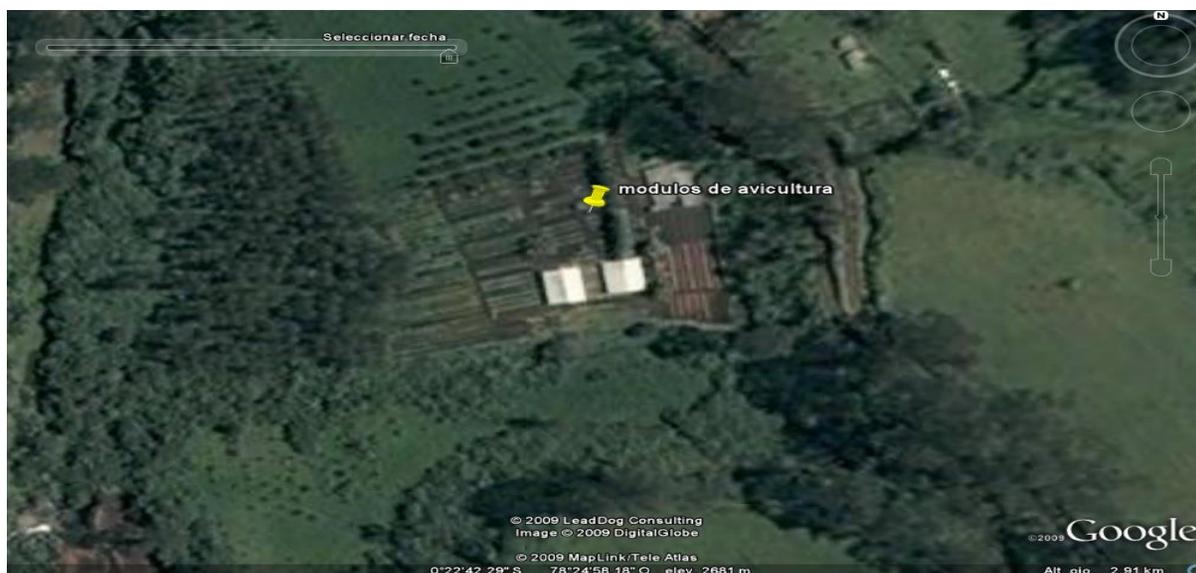


Figura 5. Fotografía del lugar del experimento – Proyecto Avícola Carrera de ingeniería Agropecuaria, puntos de donde fueron tomadas las coordenadas geográficas.

Fuente: (Google Earth, 2017)

3.2 Ubicación Ecológica

La Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE (antes llamada Escuela Politécnica del Ejercito) es un centro de educación superior ubicado en Sangolquí (Pichincha - Ecuador). Tiene su origen en la Escuela de Oficiales Ingenieros, creada el 16 de junio de 1922. Actualmente cuenta con cinco sedes: ESPE Sangolquí (Campus Matriz), IASA (Hacienda el Prado), Ciencias Tecnológicas Héroes del Cenepa en Quito, ESPE sede en Latacunga y IASA II (Hacienda Zoila Luz) en Santo Domingo. Constituye uno de los Centros de Educación Superior más prestigiosos del Ecuador, el Consejo Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior del Ecuador (CONEA), en el 2009 la ubicó en la categoría "A", la máxima calificación otorgada a los Centros de Educación Superior en el país. Adicionalmente, el CONEA extendió la carta de Acreditación a la Escuela

Politécnica del Ejército el 7 de enero de 2010. Desde 2012 pertenece a la Red Ecuatoriana de Universidades para Investigación y Postgrados.

3.3 Características climáticas

Altitud	2748 m
Temperatura Media	16.35 °C
Precipitación	1270 mm/año
Humedad relativa	69.03%
Temperatura promedio del agua	12-13 °C
Concentración de oxígeno	8 ppm
Luminosidad	12h/luz

Fuente: (INAMHI, 2016)

3.4 Materiales de campo

- Balanza analítica
- Pala
- Rastrillo
- Comederos

3.4.1 Materiales y Equipos de laboratorio

MATERIALES:

- Recipientes de Vidrio
- Microtubos de 0.5, 1.5 y 2 mL
- Puntas para micropipetas
- Placas de microensayos de 96 pocillos
- Cubiertos
- Tubos de Ensayo
- Papel Aluminio

EQUIPOS:

- Micropipetas
- Micropipeta Multicanal
- Espectrofotómetro de microensayos μ Quant (BioTek Instruments, Inc., USA)
- Incubadora
- Vortex
- Centrífuga de Microtubos
- Centrífuga

3.5 Compuesto de la Prueba

El compuesto de la prueba es Ácido Guanidinoacético (AGA) (ácido guanidinoacético 96%), mismo que fue provisto por Evonik Nutrition & Care GmbH.

3.6 Variables de estudio

Todos los tratamientos fueron revisados en busca de aves enfermas y muertas diariamente. El tratamiento, la repetición y el número de cada ave muerta se anotaron en una hoja de registro del galpón. Se registro el estado general de salud, la mortalidad y la causa de muerte, así como las alteraciones / síntomas morfológicos de las aves muertas. Antes del inicio del ensayo, se peso una muestra representativa de aves del galpón, las mismas que de manera uniforme fueron distribuidas en cada tratamiento para confirmar que la comparación sea válida. El consumo de alimento se registró de acuerdo a cada tratamiento.

Para los huevos, se evaluarán los siguientes parámetros:

1. Peso huevo
2. Altura albumina
3. Color de yema
4. Unidades Haugh
5. Resistencia Cascara
6. Espesor de la cáscara (EC)
7. Número de huevos
8. Creatina en yema con sarcosina
9. Creatina en yema sin sarcosina

3.7 Tratamientos Experimentales

Tabla 5

Tratamientos experimentales con los distintos niveles de AGA empleados:

	Tipo de Dieta	Nivel de Ácido Guanidinoacético (AGA) %
1	Trt 0; Control - Alimento Standard Postura	-
2	Trt 1; Control + Ácido Guanidinoacético (AGA)	0.06
3	Trt 2; Control + Ácido Guanidinoacético (AGA)	0.08
4	Trt 3; Control + Ácido Guanidinoacético (AGA)	0.10
5	Trt 4; Control + Ácido Guanidinoacético (AGA)	0.12

Fuente: (EVONIK, 2015)

3.8 Diseño experimental

El presente trabajo de investigación, se llevó a cabo en las instalaciones del Proyecto Avícola de la carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE - IASA. Las gallinas ponedoras correspondieron a la línea Lohmann Brown, de una edad de 92 semanas, para las cuales, bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA), se distribuyeron aleatoriamente a los diferentes tratamientos y sus respectivas repeticiones (5 tratamientos con 15 repeticiones y un tamaño de unidad experimental de 10 aves), durante un período de tiempo de 10 semanas (70 días). En el periodo de prueba se les ofreció el alimento distintos niveles de Ácido Guanidinoacético (AGA) al inicio de la postura 0,00 – 0,06 – 0,08 – 0,010 – 0,012 para los distintos tratamientos T0, T1, T2, T3, T4 respectivamente, con una ración de alimento de 120 grs/ave/día. Las aves tuvieron un período de adaptación a las dietas experimentales de 3 semanas antes del período experimental.

3.9 Metodología específica para el manejo del ensayo

El experimento se realizó en el galpón experimental de aves de postura comercial, quienes presentaban el mismo porcentaje de puesta. Los tratamientos fueron en el mismo sitio y también

fueron idénticos en términos de entorno interno, instalaciones y cantidad de aves contenidas en el mismo. Los datos recopilados forman la base de la comparación. La administración de los sitios de control y prueba fue idéntica.

3.9.1 Proceso de Muda

Al inicio del proceso de muda, se llevó a cabo actividades de manejo relacionadas con la preparación y acondicionamiento de las aves: suministro de 4gr. de calcio diariamente (durante todo el proceso de muda), acompañado de una prueba de serología para la determinación de *Mycoplasma gallisepticum*. Se realizaron vacunaciones contra BI (Bronquitis infecciosa) y NC (Newcastle) en agua, así como la vacuna contra la Coriza Infecciosa por vía intramuscular. Los días 13 y 14, el alimento se redujo al 25%. A partir del día 15, se procedió a la restricción total de alimento durante un período de 7 días. Después del día 23 se reinició la alimentación con una base de maíz molido al 50% del volumen de la dieta diaria (durante 7 días), al día 30 se suministró la dieta completa. A partir del día 37, se incorporó el alimento de pre-postura para estimular el reinicio de la producción, finalizando el proceso de muda el día 44 con el suministro de la ración completa (120 gramos/ave/día) del alimento "Ponedoras 1 pico". Durante el periodo experimental se llevaron registros. El Ácido Guanidinoacético (AGA) se suministró a partir del día 45 completando el proceso de muda y comienza el estímulo nutricional.

El alimento calculado se elaboró en planta de alimentos ESPE – UTA experimental de la Universidad, la formulación fue a base de maíz y soya de acuerdo con el estado fisiológico y el requerimiento de las aves. Las dietas fueron iso-calóricas, iso-proteicas e iso-fosfóricas. El alimento se fabricó dos veces durante el período experimental a fin de mantener el alimento fresco; se tomaron muestras durante la fabricación para conocer la formulación correcta y la suplementación con Ácido Guanidinoacético (AGA). Del mismo modo, antes de llevar a cabo el

período de muda forzada, se realizó una evaluación de la calidad de huevos y después de la muda en forma semanal, se evaluaron muestras representativas (15 huevos / tratamiento) para evaluar el efecto de los tratamientos. Para este propósito, se usó un analizador de calidad huevos DET NABBEL 6000.

Los parámetros zootécnicos y la información se registraron semanalmente para comparar el efecto de Ácido Guanidinoacético (AGA) entre los tratamientos. Además, se llevó a cabo la determinación o medición del contenido de creatina en huevo utilizando el kit para creatina de Sigma - Aldrich®.

3.9.2 Aves

Se utilizaron gallinas de 92 semanas después de un período de muda, reiniciando el período de postura. Estas aves estuvieron en la prueba hasta las 100 semanas de edad.

3.9.3 Alojamiento

El número máximo de aves por jaula y espacio por ave, respectivamente, estuvo de acuerdo con la legislación vigente y las prácticas de producción de la Universidad. El alimento fue suministrado en relación de 120 gr /ave/día, el agua se suministró para consumo ad libitum. El régimen de temperatura e iluminación estuvo de acuerdo con la recomendación de la línea genética.

3.9.4 Periodo de Adaptación

En el periodo de prueba se les ofreció el alimento con niveles de Ácido Guanidinoacético (AGA) ya establecidos a razón de 120 grs/ave/día. Las aves tuvieron un período de adaptación a las dietas experimentales de 3 semanas antes del período experimental. Para la medición de creatina en huevo se alargó el periodo experimental hasta la semana 15.

3.9.5 Dietas

El Ácido Guanidinoacético (AGA) utilizado fue a razón de 600, 800, 1.000, 1.200 gramos por tonelada. La forma de alimentación fue en polvo. El alimento de prueba se introdujo tres semanas antes del comienzo de la prueba (período de adaptación).

Se enviaron muestras de 100 g de materias primas (maíz, harina de soya, afrecho de arroz, harina de palmiste) para análisis de aminoácidos utilizando el servicio AMINONIR Advanced de Evonik Nutrition & Care. Los detalles de la composición de la dieta se ajustaron con base en el contenido nutricional de las materias primas. Después de la fabricación de alimento, se tomaron muestras de 200 g de las dietas experimentales para análisis de aminoácidos, AGA y determinación de proximales. Para alimentos completos, se realizaron análisis de proximales y energía utilizando los servicios NIR de Evonik Nutrition & Care, AMINOProx Feed y AMINONRG Feed.

Tabla 7
Composición nutricional de la dieta T0

Cod	Nutriente	Unidad	Min	Max	Cod	Ingrediente	Precio	Kg	Cod	Nutriente	Unidad	Min	Real	Max
001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,870	059	MAIZ IASA	\$ 0,44	271,869	001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,870	2,870
021	PROTEINA T	%	1,500	16,000	063	HNA SOYA IASA	\$ 0,62	251,935	021	PROTEINA T	%	1,500	15,000	16,000
064	LIS DIG AVES	%	0,722		070	L VALINA	\$ 6,00	209,342	064	LIS DIG AVES	%	0,722	0,752	
065	METIO.DIG.AVE	%	0,390		455	CALCIO 30	\$ 0,06	118,917	065	METIO.DIG.AVE	%	0,390	0,509	
066	M+C DIG.AVES	%	0,708		062	SALVADO TRIGO I	\$ 0,35	90,000	066	M+C DIG.AVES	%	0,708	0,708	
067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166		523	ACEITE DE PALMA	\$ 0,92	20,000	067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166	0,175	
068	TREON.DIG.AVE	%	0,556		429	FOSFATO 18/20	\$ 0,60	12,814	068	TREON.DIG.AVE	%	0,556	0,556	
070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563		030	ZYMEASE	\$ 5,10	12,025	070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563	0,585	
072	FENI.DIG.AVE	%	0,469		460	SAL	\$ 0,21	3,582	072	FENI.DIG.AVE	%	0,469	0,685	
075	VALI.DIG.AVE	%	0,880		500	METIONINA 99 %	\$ 4,85	3,088	075	VALI.DIG.AVE	%	0,880	20,840	
045	CALCIO	%	3,800	4,000	468	VIT- POSTURA	\$ 2,33	2,000	045	CALCIO	%	3,800	4,000	4,000
044	FOSFORO ASIM	%	0,300	0,450	524	ACIDO	\$ 1,40	1,000	044	FOSFORO ASIM	%	0,300	0,450	0,450
109	SODIO	%	0,170	0,180	525	ATRAPANTE	\$ 0,90	1,000	109	SODIO	%	0,170	0,176	0,180
124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000		041	OSMEQ PONEDOR	\$ 2,00	1,000	124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000	200,000	
110	CLORUROS	%	0,150		445	TREONINA	\$ 4,20	0,728	110	CLORUROS	%	0,150	0,260	
108	POTASIO	%	0,441		067	CLORURO DE COL	\$ 1,28	0,600	108	POTASIO	%	0,441	0,726	
					441	FITASA	\$ 3,80	0,100						

Fuente: (EVONIK, 2019)

Tabla 8
Composición nutricional de la dieta T1

Cod	Nutriente	Uni	Min	Max	Cod	Ingrediente	Precio	Kg	Cod	Nutriente	Uni	Min	Real	Max
001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,870	059	MAIZ IASA	\$ 0,44	525,636	001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,850	2,870
021	PROTEINA T	%	15,500	16,000	063	HNA SOYA IASA	\$ 0,62	227,224	021	PROTEINA T	%	15,500	15,695	16,000
064	LIS DIG AVES	%	0,722		455	CALCIO 30	\$ 0,06	118,498	064	LIS DIG AVES	%	0,722	0,722	
065	METIO.DIG.AVE	%	0,390		062	SALVADO TRIGO l	\$ 0,35	43,116	065	METIO.DIG.AVE	%	0,390	0,493	
066	M+C DIG.AVES	%	0,708		064	PALMISTE IASA	\$ 0,35	41,646	066	M+C DIG.AVES	%	0,708	0,708	
067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166		523	ACEITE DE PALMA	\$ 0,92	25,000	067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166	0,166	
068	TREON.DIG.AVE	%	0,556		429	FOSFATO 18/20	\$ 0,60	3,637	068	TREON.DIG.AVE	%	0,556	0,556	
070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563		500	METIONINA 99 %	\$ 4,85	2,754	070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563	0,583	
072	FENI.DIG.AVE	%	0,469		070	L VALINA	\$ 6,00	2,364	072	FENI.DIG.AVE	%	0,469	0,692	
075	VALI.DIG.AVE	%	0,880		468	VIT-POSTURA	\$ 2,33	2,000	075	VALI.DIG.AVE	%	0,880	0,880	
045	CALCIO	%	3,800	4,000	041	OSMEQ PONEADOR	\$ 2,00	2,000	045	CALCIO	%	3,800	3,800	4,000
044	FOSFORO ASIM	%	0,300	0,450	460	SAL	\$ 0,21	1,141	044	FOSFORO ASIM	%	0,300	0,300	0,450
109	SODIO	%	0,170	0,180	030	ZYMEASE	\$ 5,10	1,000	109	SODIO	%	0,170	0,170	0,180
124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000		524	ACIDO	\$ 1,40	1,000	124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000	207,423	
110	CLORUROS	%	0,150	0,160	525	ATRAPANTE	\$ 0,90	1,000	110	CLORUROS	%	0,150	0,160	0,160
108	POTASIO	%	0,441		445	TREONINA	\$ 4,20	0,663	108	POTASIO	%	0,441	0,728	
					051	CREAMINO	\$ 8,00	0,600						
					067	CLORURO DE COL	\$ 1,28	0,600						
					441	FITASA	\$ 3,80	0,100						
					601	TRIPTOFANO 98 %	\$ 4,00	0,020						

Fuente: (EVONIK, 2019)

Tabla 9
Composición nutricional de la dieta T2

Cod	Nutriente	Uni	Min	Max	Cod	Ingrediente	Precio	Kg	Cod	Nutriente	Uni	Min	Real	Max
001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,870	059	MAIZ IASA	\$ 0,44	512,388	001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,850	2,870
021	PROTEINA T	%	15,500	16,000	063	HNA SOYA IASA	\$ 0,62	225,435	021	PROTEINA T	%	15,500	15,766	16,000
064	LIS DIG AVES	%	0,722		455	CALCIO 30	\$ 0,06	118,705	064	LIS DIG AVES	%	0,722	0,722	
065	METIO.DIG.AVE	%	0,390		062	SALVADO TRIGO l	\$ 0,35	58,349	065	METIO.DIG.AVE	%	0,390	0,493	
066	M+C DIG.AVES	%	0,708		064	PALMISTE IASA	\$ 0,35	41,429	066	M+C DIG.AVES	%	0,708	0,708	
067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166		523	ACEITE DE PALMA	\$ 0,92	25,000	067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166	0,166	
068	TREON.DIG.AVE	%	0,556		429	FOSFATO 18/20	\$ 0,60	3,266	068	TREON.DIG.AVE	%	0,556	0,556	
070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563		500	METIONINA 99 %	\$ 4,85	2,752	070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563	0,582	
072	FENI.DIG.AVE	%	0,469		070	L VALINA	\$ 6,00	2,359	072	FENI.DIG.AVE	%	0,469	0,692	
075	VALI.DIG.AVE	%	0,880		468	VIT-POSTURA	\$ 2,33	2,000	075	VALI.DIG.AVE	%	0,880	0,880	
045	CALCIO	%	3,800	4,000	041	OSMEQ PONEADOR	\$ 2,00	2,000	045	CALCIO	%	3,800	3,800	4,000
044	FOSFORO ASIM	%	0,300	0,450	460	SAL	\$ 0,21	1,147	044	FOSFORO ASIM	%	0,300	0,300	0,450
109	SODIO	%	0,170	0,180	030	ZYMEASE	\$ 5,10	1,000	109	SODIO	%	0,170	0,170	0,180
124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000		524	ACIDO	\$ 1,40	1,000	124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000	210,130	
110	CLORUROS	%	0,150	0,160	525	ATRAPANTE	\$ 0,90	1,000	110	CLORUROS	%	0,150	0,160	0,160
108	POTASIO	%	0,441		051	CREAMINO	\$ 8,00	0,800	108	POTASIO	%	0,441	0,736	
					445	TREONINA	\$ 4,20	0,664						
					067	CLORURO DE COL	\$ 1,28	0,600						
					441	FITASA	\$ 3,80	0,100						
					601	TRIPTOFANO 98 %	\$ 4,00	0,005						

Fuente: (EVONIK, 2019)

Tabla 10
Composición nutricional de la dieta T3

Cod	Nutriente	Unidad	Min	Max	Cod	Ingrediente	Precio	Kg	Cod	Nutriente	Unidad	Min	Real	Max
001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,870	059	MAIZ IASA	\$ 0,44	510,532	001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,850	2,870
021	PROTEINA T	%	15,500	16,000	063	HNA SOYA IASA	\$ 0,62	224,644	021	PROTEINA T	%	15,500	15,824	16,000
064	LIS DIG AVES	%	0,722		455	CALCIO 30	\$ 0,06	118,775	064	LIS DIG AVES	%	0,722	0,722	
065	METIO.DIG.AVE	%	0,390		062	SALVADO TRIGO I	\$ 0,35	63,286	065	METIO.DIG.AVE	%	0,390	0,492	
066	M+C DIG.AVES	%	0,708		064	PALMISTE IASA	\$ 0,35	41,455	066	M+C DIG.AVES	%	0,708	0,708	
067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166		523	ACEITE DE PALMA	\$ 0,92	22,561	067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166	0,166	
068	TREON.DIG.AVE	%	0,556		429	FOSFATO 18/20	\$ 0,60	3,142	068	TREON.DIG.AVE	%	0,556	0,556	
070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563		500	METIONINA 99 %	\$ 4,85	2,746	070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563	0,582	
072	FENI.DIG.AVE	%	0,469		070	L VALINA	\$ 6,00	2,353	072	FENI.DIG.AVE	%	0,469	0,692	
075	VALI.DIG.AVE	%	0,880		468	VIT- POSTURA	\$ 2,33	2,000	075	VALI.DIG.AVE	%	0,880	0,880	
045	CALCIO	%	3,800	4,000	041	OSMEQ PONEDOR	\$ 2,00	2,000	045	CALCIO	%	3,800	3,800	4,000
044	FOSFORD ASIM	%	0,300	0,450	460	SAL	\$ 0,21	1,145	044	FOSFORD ASIM	%	0,300	0,300	0,450
109	SODIO	%	0,170	0,180	030	ZYMEASE	\$ 5,10	1,000	109	SODIO	%	0,170	0,170	0,180
124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000		051	CREAMINO	\$ 8,00	1,000	124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000	211,084	
110	CLORUROS	%	0,150	0,160	524	ACIDO	\$ 1,40	1,000	110	CLORUROS	%	0,150	0,160	0,160
108	POTASIO	%	0,441		525	ATRAPANTE	\$ 0,90	1,000	108	POTASIO	%	0,441	0,740	
					445	TREONINA	\$ 4,20	0,661						
					067	CLORURO DE COL	\$ 1,28	0,600						
					441	FITASA	\$ 3,80	0,100						

Fuente: (EVONIK, 2019)

Tabla 11
Composición nutricional de la dieta T4

Cod	Nutriente	Unidad	Min	Max	Cod	Ingrediente	Precio	Kg	Cod	Nutriente	Unidad	Min	Real	Max
001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,870	059	MAIZ IASA	\$ 0,44	509,254	001	EM AVES	MC/KI	2,850	2,850	2,870
021	PROTEINA T	%	15,500	16,000	063	HNA SOYA IASA	\$ 0,62	223,906	021	PROTEINA T	%	15,500	15,882	16,000
064	LIS DIG AVES	%	0,722		455	CALCIO 30	\$ 0,06	118,837	064	LIS DIG AVES	%	0,722	0,722	
065	METIO.DIG.AVE	%	0,390		062	SALVADO TRIGO I	\$ 0,35	67,692	065	METIO.DIG.AVE	%	0,390	0,492	
066	M+C DIG.AVES	%	0,708		064	PALMISTE IASA	\$ 0,35	41,492	066	M+C DIG.AVES	%	0,708	0,708	
067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166		523	ACEITE DE PALMA	\$ 0,92	20,000	067	TRIP.DIG.AVE	%	0,166	0,166	
068	TREON.DIG.AVE	%	0,556		429	FOSFATO 18/20	\$ 0,60	3,031	068	TREON.DIG.AVE	%	0,556	0,556	
070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563		500	METIONINA 99 %	\$ 4,85	2,740	070	ISOLE.DIG.AVE	%	0,563	0,582	
072	FENI.DIG.AVE	%	0,469		070	L VALINA	\$ 6,00	2,347	072	FENI.DIG.AVE	%	0,469	0,692	
075	VALI.DIG.AVE	%	0,880		468	VIT- POSTURA	\$ 2,33	2,000	075	VALI.DIG.AVE	%	0,880	0,880	
045	CALCIO	%	3,800	4,000	041	OSMEQ PONEDOR	\$ 2,00	2,000	045	CALCIO	%	3,800	3,800	4,000
044	FOSFORD ASIM	%	0,300	0,450	051	CREAMINO	\$ 8,00	1,200	044	FOSFORD ASIM	%	0,300	0,300	0,450
109	SODIO	%	0,170	0,180	460	SAL	\$ 0,21	1,142	109	SODIO	%	0,170	0,170	0,180
124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000		030	ZYMEASE	\$ 5,10	1,000	124	BALANCE ELECTF	MEQ	200,000	211,948	
110	CLORUROS	%	0,150	0,160	524	ACIDO	\$ 1,40	1,000	110	CLORUROS	%	0,150	0,160	0,160
108	POTASIO	%	0,441		525	ATRAPANTE	\$ 0,90	1,000	108	POTASIO	%	0,441	0,743	
					445	TREONINA	\$ 4,20	0,658						
					067	CLORURO DE COL	\$ 1,28	0,600						
					441	FITASA	\$ 3,80	0,100						

Fuente: (EVONIK, 2019)

Analytical Report

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE / IASA (71019), Sangolquí, Ecuador

Description: EC 008 - Laying Hen + CreAMINO 0.0% - ESPE - T0
 Material: Laying Hens, Phase 1
 Lab code: DE18-0000557-005
 Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Crude protein (%)*: 15.80
 Crude protein (% as is): 16.24
 Dry matter (%): 90.47

Results of amino acid analysis / total contents after hydrolysis of protein

Parameter	Content (% as is)	Content (%)*	Content (% in CP)
Methionine	0.545	0.53	3.356
Cystine	0.299	0.291	1.841
Methionine + Cystine	0.844	0.821	5.197
Lysine	0.836	0.813	5.148
Threonine	0.658	0.64	4.052
Tryptophan		0.188	1.188
Arginine	1.098	1.068	6.761
Isoleucine	0.666	0.648	4.101
Leucine	1.315	1.279	8.097
Valine	0.769	0.748	4.735
Histidine	0.433	0.421	2.666
Phenylalanine	0.781	0.76	4.809
Glycine	0.683	0.664	4.206
Serine	0.777	0.756	4.784
Proline	0.957	0.931	5.893
Alanine	0.812	0.79	5
Aspartic acid	1.569	1.526	9.661
Glutamic acid	2.802	2.726	17.254
NH3	0.34	0.331	2.094

* DMS: Figures standardized to a dry matter content of 88% , CP = Crude protein, based on Dumas combustion method (CP factor= 6.25)

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE / IASA (71019), Sangolquí, Ecuador

Description: EC 008 - Laying Hen + CreAMINO 0.0% - ESPE - T0
 Material: Laying Hens, Phase 1
 Lab code: DE18-0000557-005
 Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Dry matter (%): 90.47

Supplemented contents

Parameter	Content (% as is)
Methionine	0.279
Lysine	<0.02
Threonine	0.07
Valine	<0.02
CreAMINO (g/MT)	<21
GAA (g/MT)	<20

Figura 6. Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacetico en dieta T0

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE / IASA (71019), Sangolquí, Ecuador

Description: EC 004 - Laying Hen + CreAMINO 0.06% - ESPE - T1
 Material: Laying Hens, Phase 1
 Lab code: DE18-0000557-001
 Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Crude protein (%)*: 16.72
 Crude protein (% as is): 17.04
 Dry matter (%): 89.68

Results of amino acid analysis / total contents after hydrolysis of protein

Parameter	Content (% as is)	Content (%)*	Content (% in CP)
Methionine	0.579	0.568	3.398
Cystine	0.309	0.303	1.813
Methionine + Cystine	0.888	0.871	5.211
Lysine	0.898	0.881	5.27
Threonine	0.698	0.685	4.096
Tryptophan		0.199	1.191
Arginine	1.117	1.096	6.555
Isoleucine	0.703	0.69	4.126
Leucine	1.379	1.353	8.093
Valine	0.797	0.782	4.677
Histidine	0.453	0.445	2.658
Phenylalanine	0.824	0.809	4.836
Glycine	0.712	0.699	4.178
Serine	0.814	0.799	4.777
Proline	1.014	0.995	5.951
Alanine	0.849	0.833	4.982
Aspartic acid	1.656	1.625	9.718
Glutamic acid	2.927	2.872	17.177
NH3	0.359	0.352	2.107

Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Dry matter (%): 90.17

Supplemented contents

Parameter	Content (% as is)
Methionine	0.295
Lysine	<0.02
Threonine	<0.01
Alanine	<0.02
CreAMINO (g/MT)	577
AA (g/MT)	554

Figura 7. Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacetico en dieta T1

Analytical Report

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE / IASA (71019), Sangolquí, Ecuador

Description: EC 005 - Laying Hen + CreAMINO 0.08% - ESPE - T2
 Material: Laying Hens, Phase 1
 Lab code: DE18-0000557-002
 Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Crude protein (%)*: 14.14
 Crude protein (% as is): 14.49
 Dry matter (%): 90.17

Results of amino acid analysis / total contents after hydrolysis of protein

Parameter	Content (% as is)	Content (%)*	Content (% in CP)
Methionine	0.519	0.507	3.582
Cystine	0.272	0.265	1.877
Methionine + Cystine	0.791	0.772	5.459
Lysine	0.72	0.703	4.969
Threonine	0.534	0.521	3.685
Tryptophan		0.164	1.159
Arginine	0.954	0.931	6.584
Isoleucine	0.577	0.563	3.982
Leucine	1.192	1.163	8.226
Valine	0.679	0.663	4.686
Histidine	0.388	0.379	2.678
Phenylalanine	0.692	0.675	4.776
Glycine	0.615	0.6	4.244
Serine	0.69	0.673	4.762
Proline	0.914	0.892	6.308
Alanine	0.752	0.734	5.19
Aspartic acid	1.348	1.316	9.303
Glutamic acid	2.489	2.429	17.177
NH3	0.306	0.299	2.112

Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Dry matter (%): 90.17

Supplemented contents

Parameter	Content (% as is)
Methionine	0.295
Lysine	<0.02
Threonine	<0.01
Valine	<0.02
CreAMINO (g/MT)	577
GAA (g/MT)	554

Figura 8. Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacetico en dieta T2

Analytical Report

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE / IASA (71019), Sangolquí, Ecuador

Description: EC 006 - Laying Hen + CreAMINO 0.10% - ESPE - T3
 Material: Laying Hens, Phase 1
 Lab code: DE18-0000557-003
 Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Crude protein (%)*: 17.16
 Crude protein (% as is): 17.50
 Dry matter (%): 89.76

Results of amino acid analysis / total contents after hydrolysis of protein

Parameter	Content (% as is)	Content (%)*	Content (% in CP)
Methionine	0.54	0.529	3.086
Cystine	0.32	0.314	1.829
Methionine + Cystine	0.86	0.843	4.914
Lysine	0.897	0.879	5.126
Threonine	0.703	0.689	4.017
Tryptophan		0.208	1.211
Arginine	1.139	1.117	6.509
Isoleucine	0.698	0.684	3.989
Leucine	1.381	1.354	7.891
Valine	0.808	0.792	4.617
Histidine	0.459	0.45	2.623
Phenylalanine	0.836	0.82	4.777
Glycine	0.739	0.725	4.223
Serine	0.823	0.807	4.703
Proline	1.042	1.022	5.954
Alanine	0.867	0.85	4.954
Aspartic acid	1.648	1.616	9.417
Glutamic acid	2.959	2.901	16.909
NH3	0.36	0.353	2.057

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE / IASA (71019), Sangolquí, Ecuador

Description: EC 006 - Laying Hen + CreAMINO 0.10% - ESPE - T3
 Material: Laying Hens, Phase 1
 Lab code: DE18-0000557-003
 Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Dry matter (%): 89.76

Supplemented contents

Parameter	Content (% as is)
Methionine	0.26
Lysine	<0.02
Threonine	0.071
Valine	<0.02
CreAMINO (g/MT)	1086
GAA (g/MT)	1043

Figura 9. Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacetico en dieta T3

Analytical Report

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE / IASA (71019), Sangolquí, Ecuador
 Description: EC 007 - Laying Hen + CreAMINO 0.12% - ESPE - T4
 Material: Laying Hens, Phase 1
 Lab code: DE18-0000557-004
 Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Crude protein (%)*: 16.16
 Crude protein (% as is): 16.53
 Dry matter (%): 89.99

Results of amino acid analysis / total contents after hydrolysis of protein

Parameter	Content (% as is)	Content (%)*	Content (% in CP)
Methionine	0.493	0.482	2.982
Cystine	0.303	0.296	1.833
Methionine + Cystine	0.796	0.778	4.815
Lysine	0.833	0.815	5.039
Threonine	0.655	0.641	3.962
Tryptophan		0.195	1.204
Arginine	1.083	1.059	6.552
Isoleucine	0.657	0.642	3.975
Leucine	1.319	1.29	7.979
Valine	0.757	0.74	4.58
Hisidine	0.431	0.421	2.607
Phenylalanine	0.784	0.767	4.743
Glycine	0.692	0.677	4.186
Serine	0.791	0.774	4.785
Proline	0.967	0.946	5.85
Alanine	0.82	0.802	4.961
Aspartic acid	1.565	1.53	9.468
Glutamic acid	2.817	2.755	17.042
NH3	0.341	0.333	2.063

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE / IASA (71019), Sangolquí, Ecuador
 Description: EC 007 - Laying Hen + CreAMINO 0.12% - ESPE - T4
 Material: Laying Hens, Phase 1
 Lab code: DE18-0000557-004
 Date of delivery: 5 April 2018
 Date of release: 19 April 2018
 Dry matter (%): 89.99

Supplemented contents

Parameter	Content (% as is)
Methionine	0.232
Lysine	<0.02
Threonine	0.054
Valine	<0.02
CreAMINO (g/MT)	1.259
GAA (g/MT)	1.209

Figura 10. Análisis contenido de aminoácidos y Acido Guanidinoacético en dieta T4

3.10 Metodología de Laboratorio

Se recibió un total de 50 huevos tomados al azar: Para la identificación de la creatinina se trabajó con 10 huevos par cada tratamiento (T0, T1, T2, T3, T4).

Tratamiento	Concentración de AGA
T0	0 g/Ton
T1	600 g/Ton
T2	800 g/Ton
T3	1000 g/Ton
T4	1200 g/Ton

De estos se extrajeron las yemas y se mezclaron 2 yemas para obtener una repetición y al final 5 repeticiones. Las yemas fueron homogenizadas por agitación manual y se extrajo 2 ml en micro tubos, los cuales fueron agitados en vortex durante 2 minutos para lograr una completa homogenización. Se tomó 50 mL del homogenizado de yema y se lo diluyó en 200 mL de Creatine Assay Buffer, se volvió a homogenizar y se centrifugó a 13000g por 10 minutos a 4°C. Las muestras obtenidas se diluyeron en buffer de Creatine Assay diluido a 1/2 de Buffer (dilución final: 1/10). Adicionalmente se prepararon los estándares (0, 2, 4, 6, 8, 10 nmol/pocillo), según el protocolo proporcionado por el fabricante. En las placas de micropocillos, se dispensó 50 µL de los estándares, así como también de las muestras ya preparadas. Con la finalidad de corregir el efecto de la Sarcosina que interfiere con la lectura real de la creatina (producto del metabolismo de la creatina mediante la creatinasa), adicionalmente se preparó lecturas para clara y yemas de huevo como blancos. Las muestras fueron dispuestas en la placa de 96 pocillos según el siguiente esquema:

Los estándares y las muestras se añadieron 50 μ L de mix por muestra en cada pocillo naranja y azul (Figura 1), los valores de cada reactivo están dadas por reacción. Para los blancos se preparó un mix sin creatinasa (pocillos amarillos).

Std 0	Std 8	T0 R3	T1 R2	T2 R1	T2 R5	T3 R4	T4 R3	T2 Clara	Blk T1 R1	Blk T2 R4	Blk T4 R2
Std 0	Std 8	T0 R3	T1 R2	T2 R1	T2 R5	T3 R4	T4 R3	T3 Clara	Blk T1 R2	Blk T2 R5	Blk T4 R3
Std 2	Std 10	T0 R4	T1 R3	T2 R2	T3 R1	T3 R5	T4 R4	T4 Clara	Blk T1 R3	Blk T3 R1	Blk T4 R4
Std 2	Std 10	T0 R4	T1 R3	T2 R2	T3 R1	T3 R5	T4 R4	Blk T0 R1	Blk T1 R4	Blk T3 R2	Blk T4 R5
Std 4		T0 R1	T0 R5	T1 R4	T2 R3	T3 R2	T4 R1	T4 R5	Blk T0 R2	Blk T1 R5	Blk T3 R3
Std 4		T0 R1	T0 R5	T1 R4	T2 R3	T3 R2	T4 R1	T4 R5	Blk T0 R3	Blk T2 R1	Blk T3 R4
Std 6		T0 R2	T1 R1	T1 R5	T2 R4	T3 R3	T4 R2	T0 Clara	Blk T0 R4	Blk T2 R2	Blk T3 R5
Std 6		T0 R2	T1 R1	T1 R5	T2 R4	T3 R3	T4 R2	T1 Clara	Blk T0 R5	Blk T2 R3	Blk T4 R1

Figura 11. Distribución de muestras en Placa micropocillos

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Peso del Huevo

Tabla 6

Determinación de la variable peso de Huevo según el análisis Fisher

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	94.21	4	23.55	8.11	<0.0001
TRATAMIENTO	94.21	4	23.55	8.11	<0.0001
Error	203.35	70	2.91		
Total	297.57	74			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.24127

Error: 2.9051 gl: 70

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
0	70.26	15	0.44	A			
1	69.44	15	0.44	A	B		
2	68.57	15	0.44		B	C	
3	67.57	15	0.44			C	D
4	67.28	15	0.44				D

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

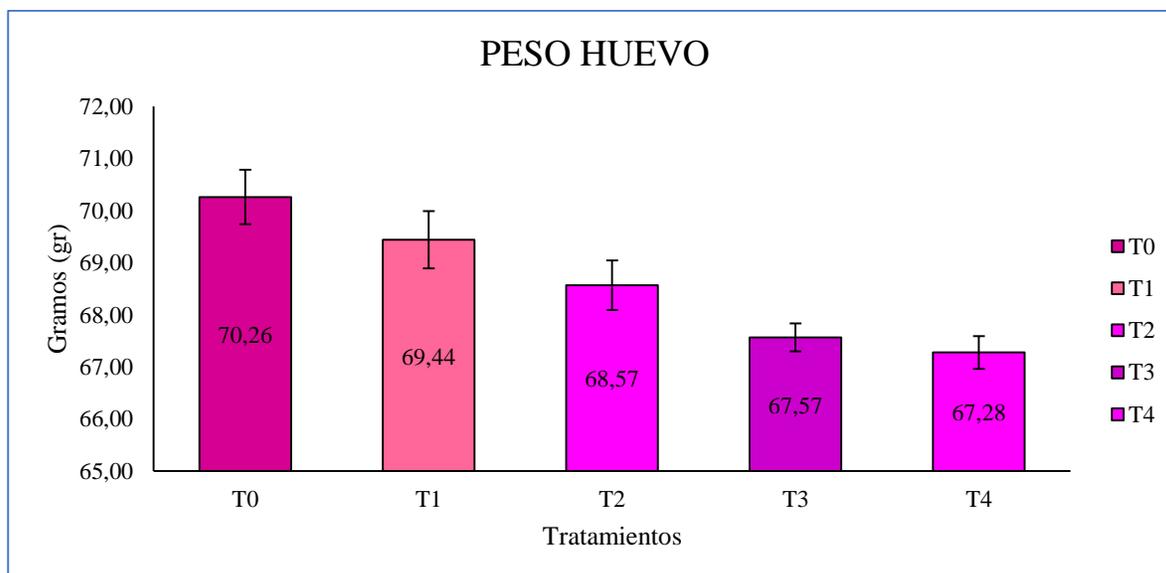


Figura 12. Peso del Huevo

Tabla 7*Promedio ± Error estándar del Peso del Huevo*

<i>Semana</i>	<i>T0</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>EE</i>	<i>p-valor</i>
<i>1</i>	69,2	69,77	68,01	66,15	65,72	1,23	0,1000
<i>2</i>	68,7	67,91	67,45	68,15	69,15	1,04	0,8438
<i>3</i>	75,8 <i>a</i>	70,5 <i>b</i>	66,3 <i>b</i>	69,86 <i>b</i>	68,71 <i>b</i>	1,60	0,0022
<i>4</i>	68,1	65,84	65,56	65,19	68,35	1,14	0,1628
<i>5</i>	70,6	71,05	66,45	70,63	66,94	1,59	0,1455
<i>6</i>	71,9 <i>a</i>	70,71 <i>ab</i>	71,91 <i>a</i>	67,37 <i>b</i>	67,73 <i>b</i>	1,39	0,0477
<i>7</i>	70,1 <i>a</i>	70,28 <i>a</i>	69,64 <i>a</i>	68,05 <i>ab</i>	64,61 <i>b</i>	1,44	0,0409
<i>8</i>	68,4 <i>ab</i>	68,28 <i>ab</i>	71,38 <i>a</i>	64,71 <i>c</i>	66,05 <i>bc</i>	1,20	0,0027
<i>9</i>	68,4	69,26	69,07	64,88	66,43	1,35	0,1096
<i>10</i>	70,5	70,53	69,31	72,08	69,47	1,37	0,6494
<i>1 a 10</i>	70,3 <i>a</i>	69,44 <i>ab</i>	68,57 <i>bc</i>	67,57 <i>cd</i>	67,28 <i>d</i>	0,44	0,0001

Para la variable peso huevo se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las semanas 3, 6, 7 y 8 ($p=0,0022$), durante todo el experimento se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, ($p<0,0001$), las gallinas que no fueron suministradas una dosis de Ácido Guanidinoacético (AGA) presentaron mayor peso de huevo $70,26(\text{gr})\pm 0,44$. Estudios similares realizados por Jones et al. (2010), alcanzaron pesos promedios de 65.19 g. Según Benjamin M., et al. (2015). Al evaluar el ácido guanidinoacético como precursor de creatina, sobre incubabilidad y parámetros productivos de reproductoras ligeras; distribuyendo a las aves en dos tratamientos (una dieta sin ácido guanidinoacético y otra dieta con 800g/ton) completamente al azar. Encontraron que para la variable peso del huevo no se encontró diferencia entre los tratamientos ($p>0.05$); alcanzando pesos de 60 gr para los dos tratamientos.

El peso está relacionado con otros parámetros de calidad, la relación es positiva con el grosor de la cáscara, el índice de forma, el porcentaje de albumen. Sin embargo, conforme aumenta el peso del huevo disminuye el peso de la cáscara y el porcentaje de yema. (Shi et al., 2009). El

consumo de pienso con niveles de energía superiores a 2850 kcal/kg se traduce en un aumento del peso del huevo y del número de huevos. El peso del huevo puede incrementarse si se aumenta el porcentaje de aminoácidos esenciales o metionina porque se incrementa el porcentaje de albumen y por tanto el peso final del huevo Perez B., et al. 2012.

4.2 Altura albumina

Tabla 8

Determinación de la variable altura de la albumina según el análisis Fisher

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.24	4	0.31	1.49	0.2133
TRATAMIENTO	1.24	4	0.31	1.49	0.2133
Error	14.52	70	0.21		
Total	15.76	74			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.33169

Error: 0.2074 gl: 70

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
4	8.35	15	0.12	A	
0	8.14	15	0.12	A	B
2	8.07	15	0.12	A	B
1	8.04	15	0.12	A	B
3	7.99	15	0.12		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

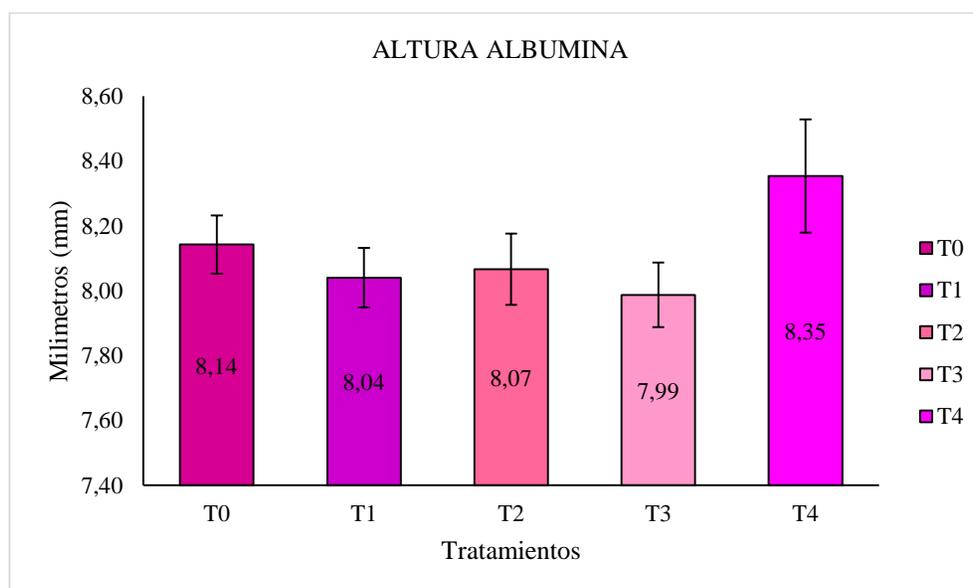


Figura 13. Altura Albumina

Tabla 9
Promedio ± Error estándar de la Altura de la Albumina

Semana	T0	T1	T2	T3	T4	EE	p-valor
1	9,29	8,24	7,99	7,41	7,99	0,53	0,1938
2	7,58 <i>ab</i>	7,28 <i>b</i>	7,67 <i>ab</i>	8,78 <i>a</i>	8,74 <i>a</i>	0,44	0,0766
3	7,78 <i>b</i>	9,24 <i>a</i>	8,65 <i>b</i>	9,15 <i>b</i>	11,12 <i>b</i>	0,55	0,0037
4	7,43	7,17	7,58	7,21	7,01	0,24	0,4702
5	9,31	8,98	9,2	8,15	8,45	0,40	0,2352
6	7,77 <i>ab</i>	7,53 <i>ab</i>	6,73 <i>c</i>	7,33 <i>bc</i>	8,09 <i>a</i>	0,27	0,0091
7	8,28	8,09	8,83	8,28	8,01	0,31	0,3966
8	7,17	7,55	7,42	7,12	7,56	0,30	0,7420
9	8,27	8,26	8,75	8,08	8,17	0,34	0,6650
10	8,59	7,99	7,95	8,39	8,81	0,33	0,2742
1 a 10	8,14 <i>ab</i>	8,04 <i>ab</i>	8,07 <i>ab</i>	7,99 <i>b</i>	8,35 <i>a</i>	0,12	0,2133

La altura de albumina tuvo un efecto significativo solamente en las semanas 3 y 6 ($p=0,0037$ y $p=0,0091$ respectivamente), los huevos de las gallinas alimentadas con el tratamiento T4 presentaron la mayor altura $8,35\text{mm}\pm 0,12$. Al respecto, Marío G. (2017); Ácido Guanidinoacético (AGA), por el método calorimétrico ha detectado un promedio de 0.38 y 2.97 μmol de creatina en la albumina y yema, respectivamente. El contenido de arginina libre enzimáticamente determinado fue 15,7 μmol en la yema y 3,38 μmol en el albumen. La cantidad de Arginina suman la mayoría de compuestos guanidinos de la yema (85%) y la mitad del albumen (48%). La calidad del albumen depende de la proporción de agua y proteínas que son las responsables de la consistencia. Los parámetros que se miden para valorar la calidad del albumen se basan en evaluar su consistencia. (Agenko, 1980).

Ramírez et al. (1970) no detectaron niveles de creatina en la yema o en la albúmina de los huevos de los criadores de White Leghorn, lo que sugiere que el embrión podría no recibir una fuente de creatina del criador a través del huevo. En el presente estudio, sin embargo, la transferencia de

19.63 μg de creatina / g de huevo se encontró en las aves alimentadas con la dieta basal, y la transferencia de 26.75 μg de creatina / g de huevo se encontró en criadores alimentados con 0.24% de AGA, representando así un aumento del 36% de creatina / g de huevo producido en comparación con los huevos de dieta basal. Por lo tanto, los embriones no solo recibieron una fuente directa de creatina del criador a través del huevo, sino que también esta transferencia puede mejorarse en los huevos de los criadores suplementados con GAA.

4.3 Color De Yema

Tabla 10

Determinación de la variable Color de Yema según el análisis Fisher

Análisis de la Varianza					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<i>Modelo.</i>	0.46	4	0.11	1.58	0.1882
TRATAMIENTO	0.46	4	0.11	1.58	0.1882
<i>Error</i>		5.06	70		0.07
<i>Total</i>		5.52	74		
Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.19578					
<i>Error: 0.0723 gl: 70</i>					
TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
3	7.27	15	0.07	A	
1	7.21	15	0.07	A	B
2	7.16	15	0.07	A	B
0	7.11	15	0.07	A	B
4	7.04	15	0.07		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

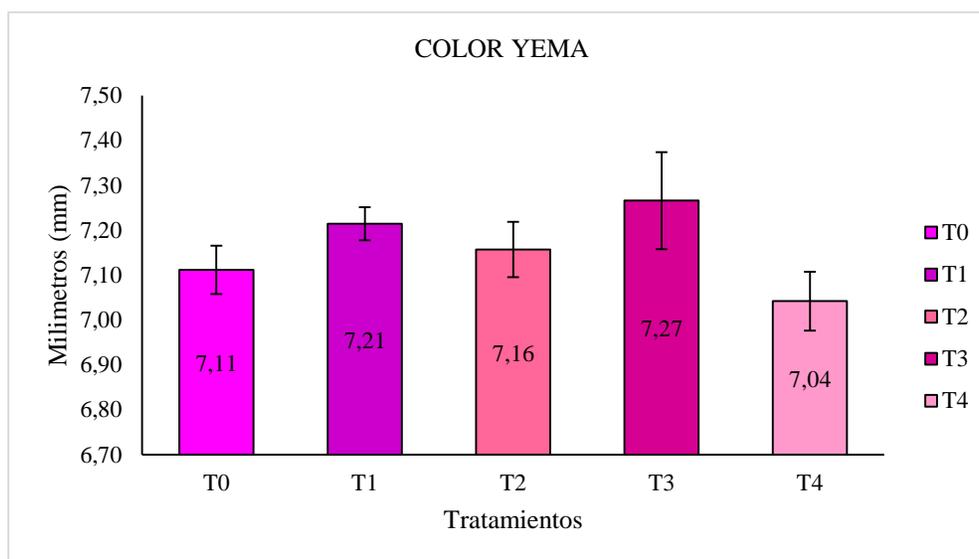


Figura 14. Color de la Yema

Tabla 11

Promedio ± Error estándar del Color de Yema

<i>Semana</i>	<i>T0</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>EE</i>	<i>p-valor</i>
1	7,49 ^a	7,59 ^a	7,15 ^{ab}	7,12 ^{ab}	6,68 ^b	0,16	0,0024
2	6,96	7,25	7,18	7,23	6,72	0,17	0,2026
3	7,29	7,46	7,13	6,41	6,62	0,31	0,1068
4	6,97 ^b	7,68 ^a	6,99 ^b	7,05 ^b	6,63 ^b	0,17	0,0014
5	7,39	7,51	7,58	7,83	7,61	0,16	0,4595
6	7,29 ^{ab}	6,75 ^c	7,27 ^b	7,79 ^a	7,56 ^{ab}	0,18	0,0016
7	7,41 ^b	7,05 ^b	7,47 ^{ab}	7,94 ^a	7,59 ^a	0,18	0,0263
8	6,97 ^{bc}	6,92 ^{bc}	6,83 ^c	7,31 ^{ab}	7,63 ^a	0,16	0,0037
9	6,68	7,04	6,75	7,18	6,79	0,18	0,2343
10	6,67 ^b	6,91 ^{ab}	7,31 ^a	6,94 ^{ab}	6,53 ^b	0,17	0,0247
1 a 10	7,11 ^{ab}	7,21 ^{ab}	7,16 ^{ab}	7,27 ^a	7,04 ^b	0,07	0,1882

El color de yema tuvo efectos significativos para las semanas 1, 4, 6, 7, 8, y 10 ($p=0,0016$). Siendo el tratamiento 3 quien presento el mayor nivel en coloración de yema 7,27mm. La calidad de la yema está definida por su contenido en nutrientes, por su tamaño, su peso, su color y su consistencia (Agenko C., 1980). Es una característica condicionada más por la satisfacción del consumidor, ya que la pigmentación de la yema depende exclusivamente del aporte de carotenos en las dietas de las gallinas, del contenido de grasas saturadas en la dieta, ya que colaboran en el

transporte de carotenoides hasta la yema y del exceso de vitamina A y calcio, provocando yemas más pálidas.

4.4 Unidades Haugs

Tabla 10

Determinación de la variable Unidades Haugs según el análisis Fisher

Análisis de la Varianza					
<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
<i>Modelo.</i>	51.12	4	12.78	1.62	0.1801
<i>TRATAMIENTO</i>	51.12	4	12.78	1.62	0.1801
<i>Error</i>	553.81	70	7.91		
<i>Total</i>	604.93	74			

Prueba: LSD Fisher Alfa = 0.05 DMS = 2.04844

CONTINUA→

Error: 7.9116 gl: 70

<i>TRATAMIENTO</i>	<i>Medias</i>	<i>n</i>	<i>E.E.</i>		
4	88.61	15	0.73	A	
2	86.74	15	0.73	A	B
0	86.73	15	0.73	A	B
3	86.54	15	0.73		B
1	86.32	15	0.73		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

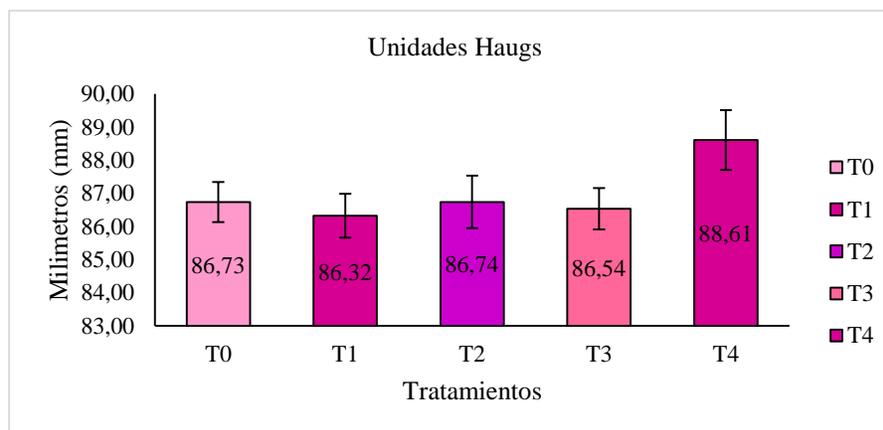


Figura 15. Unidades Haugs

Tabla 12

Promedio ± Error estándar de Unidades Haugs

<i>Semana</i>	<i>T0</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>EE</i>	<i>p-valor</i>
<i>1</i>	94	86,49	84,75	80,64	86,22	1,23	0,2653
<i>2</i>	83,2 ^{ab}	78,79 ^b	84,18 ^{ab}	91,52 ^a	91,05 ^a	3,69	0,0886

3	80,9 ^b	93,56 ^a	91,39 ^{ab}	92,73 ^a	99,93 ^a	2,99	0,0025
4	83,9	82,77	85,25	82,95	80,83	1,55	0,3687
5	93,4	91,69	94,03	86,1	89,76	2,15	0,1081
6	84,8	83,81	77,45	83,45	87,65	1,62	0,2986
7	86,8	87,14	91,12	88,69	88,08	2,32	0,7100
8	81,9	84,14	82,81	82,61	84,68	1,78	0,7987
9	88,3	88,08	91,15	87,89	88,48	1,97	0,7626
10	89,9	85,75	86,13	88,48	91,29	1,94	0,2140
1 a 10	86,5	86,32	86,75	86,54	88,61	0,73	0,1801

Para las unidades Haugh se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en la semana 3 ($p=0,0025$) donde los huevos de las gallinas que no fueron suplementadas con Ácido Guanidinoacético (AGA) presentaron mayor puntuación $94\pm 1,23$. Al final del experimento no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,1801$), numéricamente los huevos del tratamiento T4 obtuvieron un puntaje mayor $88,61\pm 0,73$. El factor determinante en la calidad del albumen es la edad de la gallina, al inicio de la puesta los huevos tienen una calidad del albumen superior a las 95 UH, a las 45 semanas alrededor de 80 UH y a las 65 semanas 75 UH (Buxadé C., 2000), las gallinas de mayor edad producen albumen de peor calidad porque las proteínas que se depositan durante la formación del huevo son de peor calidad. La edad de la gallina no da lugar a UH inferiores al límite de aceptación del consumidor que se sitúa alrededor a las 60 UH. (Leeson et al., 1997). Castelló et al., (2010), indica en su investigación que gallinas Hyline, Lohmann e IsaBrown x Negra Castellana presentan los valores más altos de UH 86-87, las gallinas del tipo Andaluza azul, alcanzan valores intermedios 82UH y gallinas ISAbrown y Bovans, obtienen valores más bajos 76-78 UH. Raigón et al. (2002) explican que un aumento en el peso unitario del huevo repercute en una disminución en el valor de las unidades Haugh.

4.5 Resistencia Cascara

Tabla 13

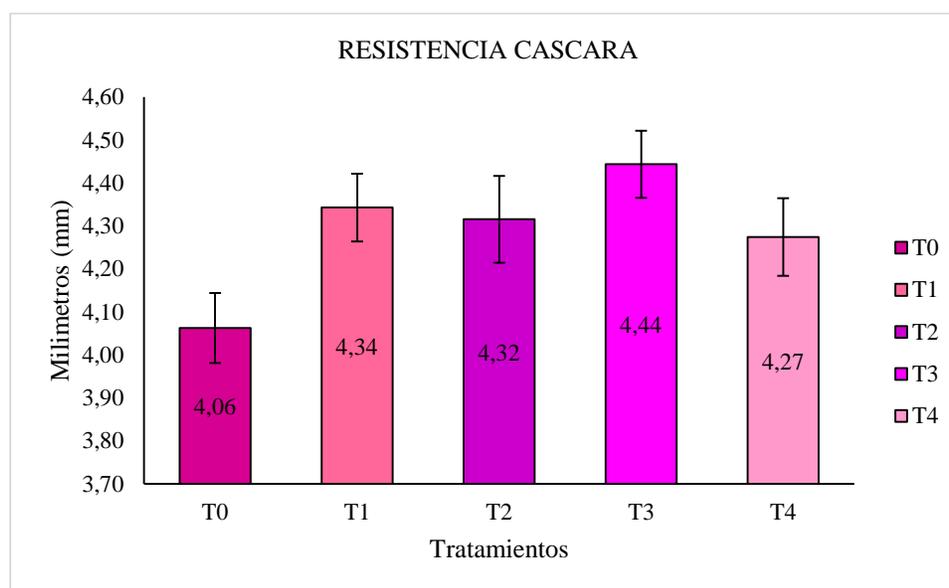
Determinación de la variable Resistencia de la Cascara según el análisis Fisher

Análisis de la Varianza							
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor		
Modelo.	1.18		4		0.30	2.64	0.0408
TRATAMIENTO	1.18	4		0.30		2.64	0.0408
Error	7.82	70			0.11		
Total	9.00	74					

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.24342
Error: 0.1117 gl: 70

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
3	4.44	15	0.09	A	
1	4.34	15	0.09	A	
2	4.32	15	0.09	A	
4	4.27	15	0.09	A	B
0	4.06	15	0.09		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

**Tabla 14**

Promedio \pm Error estándar de la Resistencia de la Cascara

Semana	T0	T1	T2	T3	T4	EE	p-valor
1	4,34	4,43	4,7	4,33	3,94	0,3	0,5575
2	4,18	4,51	4,09	4,26	4,23	0,3	0,9165
3	4,34	4,28	4,51	4,55	3,97	0,32	0,7458
4	4,11	5,02	4,61	4,76	4,94	0,27	0,1387
5	3,89	4,31	4,08	4,51	4,31	0,27	0,5712
6	4,05	4,31	4,35	4,78	4,58	0,28	0,4090
7	3,68 ^b	4,74 ^a	4,53 ^a	4,44 ^a	5,03 ^a	0,26	0,0090
8	4,43	4,28	3,69	4,19	3,88	0,31	0,4349

9	4	4,15	4,35	4,3	3,95	0,28	0,8049
10	3,6	3,51	4,21	4,19	3,79	0,32	0,4198
1 a 10	4,06 ^b	4,34 ^a	4,32 ^a	4,44 ^a	4,27 ^{ab}	0,09	0,0408

En la semana 11 y alrededor de todo el experimento se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,0408$), en el primer caso el tratamiento T4 $5,03\pm 0,26$ represento numéricamente una resistencia de cascara superior a las demás dosis mientras que en el segundo caso el tratamiento T3 tuvo mayor resistencia $4,44\pm 0,31$. Carnarius et al. (1996) las características favorables para que un huevo sea resistente se basan en su estructura microscópica, así, cuerpos mamilares bien redondeados que estén en cercana asociación con las fibras de la membrana de la cáscara, sumados a un ancho uniforme de los mismos y a una capa empalizada no porosa de suficiente espesor, sería la conformación ideal para un cascarón de calidad. De esta forma, de acuerdo a estudios del mismo autor, si las columnas de calcita (capa empalizada) que se depositan sobre los cuerpos mamilares se encontrasen con cierta porosidad, dispuestas en pendiente o incompletas debido a una falla en la calcificación, se debilitaría la estructura de la cáscara, lo que también ocurriría en los casos en que los cuerpos mamilares estuviesen conformados de manera desorganizada e inestable. Así es posible explicar el hecho de que el espesor del cascarón no presenta altas correlaciones con los otros métodos de evaluación de calidad de cáscara, ya que su ultraestructura más que su espesor, es determinante para las otras características, particularmente en lo que respecta a la capa empalizada.

4.6 Espesor de la Cascara

Tabla 15

Determinación de la variable Espesor de la Cascara según el análisis Fisher

Análisis de la Varianza					
<i>F.V.</i>	<i>SC</i>	<i>gl</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>p-valor</i>
<i>Modelo.</i>	<i>3.0E-03</i>	<i>4</i>	<i>7.5E-04</i>	<i>3.68</i>	<i>0.0089</i>
<i>TRATAMIENTO</i>	<i>3.0E-03</i>	<i>4</i>	<i>7.5E-04</i>	<i>3.68</i>	<i>0.0089</i>
<i>Error</i>	<i>0.01</i>	<i>70</i>	<i>2.0E-04</i>		

Total 0.02 74

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01040

Error: 0.0002 gl: 70

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
3	0.38	15	3.7E-03 A
4	0.38	15	3.7E-03 A
1	0.38	15	3.7E-03 A
2	0.37	15	3.7E-03 A
0	0.36	15	3.7E-03 B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

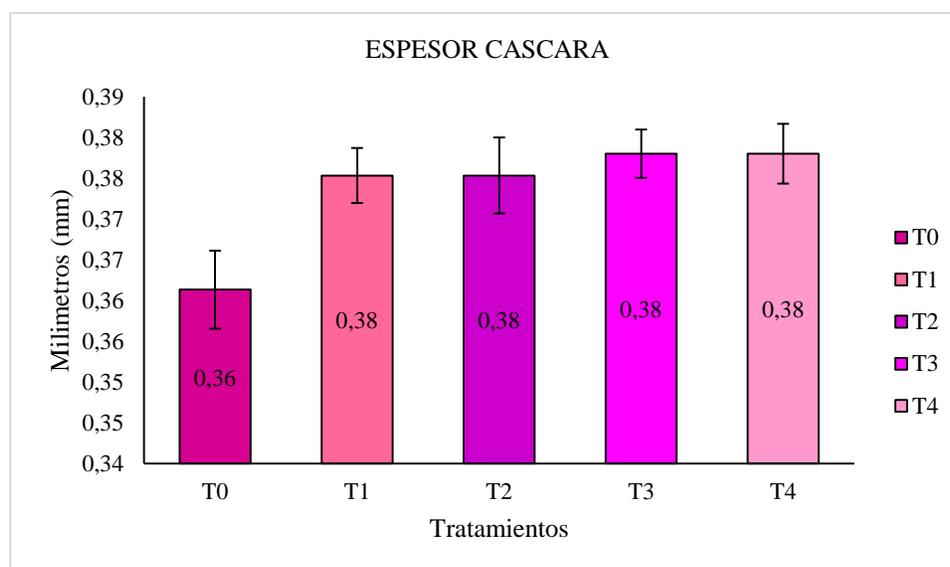


Figura 16. Espesor de la Cascara

Tabla 16

Promedio \pm Error estándar del Espesor de la Cáscara

Semana	T0	T1	T2	T3	T4	EE	p-valor
1	0,35	0,37	0,36	0,38	0,36	0,01	0,5377
2	0,37	0,36	0,37	0,38	0,37	0,01	0,8285
3	0,36	0,37	0,37	0,36	0,36	0,01	0,9565
4	0,34 ^b	0,37 ^a	0,36 ^{ab}	0,36 ^{ab}	0,38 ^a	0,01	0,0395
5	0,38	0,38	0,38	0,39	0,43	0,01	0,1424
6	0,37	0,37	0,36	0,38	0,37	0,01	0,8247
7	0,38	0,4	0,39	0,39	0,39	0,01	0,8855
8	0,35	0,37	0,38	0,37	0,36	0,01	0,3803
9	0,35 ^b	0,37 ^a	0,37 ^{ab}	0,38 ^a	0,39 ^a	0,01	0,0081
10	0,36	0,39	0,41	0,41	0,38	0,02	0,2055
1 a 10	0,36 ^b	0,38 ^a	0,37 ^a	0,38 ^a	0,38 ^a	0,01	0,0089

El espesor de la cascara tuvo diferencias significativas en las semanas 4, 9 y durante todo en experimento los huevos de las gallinas alimentadas con el tratamiento T4 en estas semanas proporcionaron espesores de $0,38 \pm 0,01$; $0,39 \pm 0,01$ y $0,38 \pm 0,01$ respectivamente los cuales fueron los más altos. Yan et al. (2014) se debería tener especial consideración con la uniformidad del espesor del cascarón, característica escasamente evaluada, debido a que juega un rol importante en huevos con cáscaras delgadas ($0,297 \pm 0,018$ mm de espesor promedio) e intermedias ($0,356 \pm 0,020$ mm de espesor promedio), en que, a mayor uniformidad del espesor, mayor es la resistencia del cascarón. Incluso se ha demostrado que huevos de ponedoras Lohmann Brown con cáscaras delgadas pero muy uniformes han resultado ser más resistentes que aquellos con cáscaras de espesores intermedios, pero de baja uniformidad.

Estos resultados coinciden con datos del Informe de prueba de Evonik acerca de la expresión de los CRT (transportadores de creatina) en el aparato reproductivo de las gallinas reproductoras de pollos de engorde (2017) indican que el aumento de la expresión relativa de la TRC en el mágnium podría deberse al alto potencial de este segmento para transferir creatina. La suplementación con CreAMINO® lleva a alcanzar este potencial. Shoukry, H.M.S et al 1998 refiere en su trabajo ENERGY PARTITIONING AND TISSUE RESPIRATORY METABOLISM OF LAYING CHICKENS REARED UNDER SUMMER CONDITIONS OF EGYPT* que el nivel de energía dietética no tuvo un efecto significativo en todas las posturas. Wu et al., (2005) encontraron que el aumento de energía en la dieta de 2719 a 2956 Kcal no afectó la producción de huevos y la conversión de energía (dieta Kcal / 1 g de huevo). Wu et al., (2007) encontraron que el aumento de la energía dietética de 2784 a 2887 Kcal / kg con diferentes niveles de proteína no afectó la masa del huevo, el consumo de alimento, el peso corporal, la conversión del alimento y el consumo de energía para 1 g de huevo. El Jack y Blum (1978) informaron que la energía de la dieta no afectó

la producción de huevos de gallinas ponedoras criadas en temperaturas ambientales altas. Lo que sugiere que la acción del AGA como precursor de energía para incrementar de forma sostenible los procesos de biomineralización del huevo.

4.7 Numero de huevos

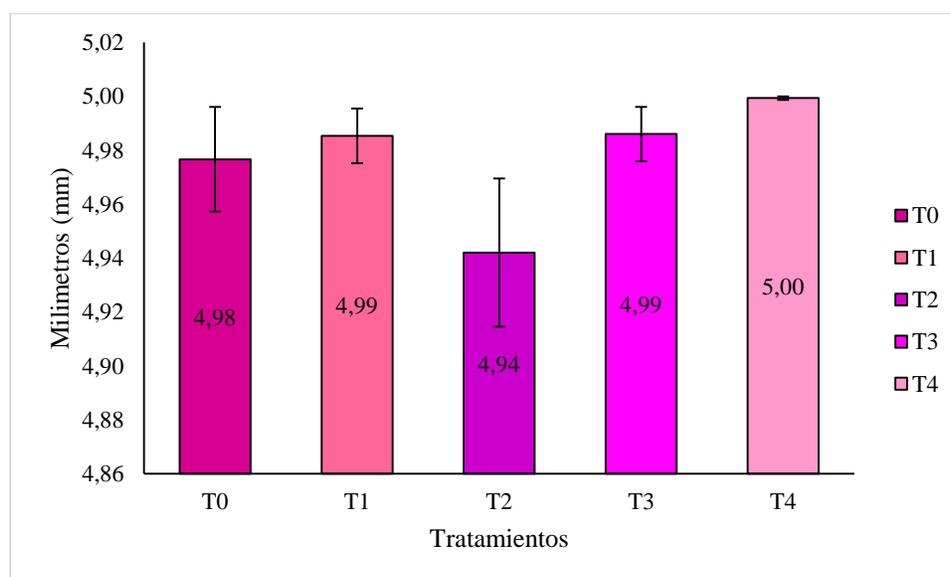


Figura 17. Numero de huevos

Tabla 17

Determinación de la variable Número de Huevos según el análisis Fisher

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	4	0.01	1.75	0.1496
TRATAMIENTO	0.03	4	0.01	1.75	0.1496
Error	0.28	70	4.1E-03		
Total	0.31	74			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04636

Error: 0.0041 gl: 70

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
4	5.00	15	0.02	A	
3	4.99	15	0.02	A	B
1	4.99	15	0.02	A	B

0	4.98	15	0.02	A	B
2	4.94	15	0.02		B

Nota: Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Tabla 18

Promedio \pm Error estándar del número de huevos de gallinas alimentadas con diferentes dosis de creamino en la Hacienda el Prado-IASA.

Semana	T0	T1	T2	T3	T4	EE	p-valor
1	4,96 ^a	4,88 ^a	4,89 ^a	4,88 ^a	4,99 ^a	0,07	0,6732
2	4,96 ^a	4,97 ^a	4,97 ^a	5 ^a	5 ^a	0,03	0,7118
3	4,88 ^a	5 ^a	4,87 ^a	5 ^a	5 ^a	0,06	0,3131
4	5 ^a	5 ^a	4,8 ^b	5 ^a	5 ^a	0,04	0,1021
5	5 ^a	5 ^a	5 ^a	4,92 ^a	5 ^a	0,03	0,3532
6	4,95 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a	0,02	0,4135
7	5 ^a	5 ^a	4,97 ^a	5 ^a	5 ^a	0,01	0,1889
8	5 ^a	5 ^a	5 ^a	4,99 ^a	5 ^a	0,01	0,4230
9	5 ^a	5 ^a	5 ^a	4,98 ^a	5 ^a	0,01	0,4230
10	5 ^a	5 ^a	4,93 ^b	5 ^a	5 ^a	0,02	0,1121
1 a 10	4,98 ^{ab}	4,99 ^{ab}	4,94 ^b	4,99 ^{ab}	5 ^a	0,02	0,1496

Durante cada una de las semanas y al final del experimento no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ($p=0,7114$), sin embargo, al final del estudio se pudo apreciar que el tratamiento T4 tubo numéricamente un mayor número de huevos $5 \pm 0,02$.

Estos resultados coinciden con Gita KHAKRAN et al 2018 donde indica que El aumento del peso corporal en las gallinas ponedoras no es deseable y, en base a sus resultados, el AGA no tiene ningún papel en la mejora de la producción de huevos, por lo que AGA no puede aumentar la FCR en las gallinas ponedoras. El segundo estado fue que GAA puede ahorrar la arginina y ayudar a la síntesis de proteínas, lo que finalmente aumenta el EP y la EM, Bryant-Angeloni 2010 Mostró que GAA sintetiza

Proteína ahorrando arginina. Teniendo en cuenta el efecto ahorrador de la arginina por GAA, Basiouni *et al* 2006 mostró que la inclusión dietética de arginina digestible al 1.5% en la dieta de gallina ponedora incrementó la producción del 52% al 67.86%. Silva *et al* 2012 informó que la inclusión dietética de arginina aumentó la producción de huevos en las reproductoras de pollos de engorde.

En el presente estudio, parece que GAA no pudo ahorrar arginina y, posteriormente, no influyó en la producción de huevos.

4.8 Resumen

Tabla 19

Resumen de variables de propiedades de calidad de huevo de gallinas alimentadas con diferentes dosis de Ácido Guanidinoacético (AGA) en la Hacienda el Prado-IASA-ESPE

	<i>T0</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>	<i>EE</i>	<i>p-valor</i>
Peso huevo (gr)	70,3 ^a	69,44 ^{ab}	68,57 ^{bc}	67,57 ^{cd}	67,28 ^d	0,44	0,0001
Altura Albumina (mm)	8,14	8,04	8,07	7,99	8,35	0,12	0,2133
Color yema (mm)	7,11	7,21	7,16	7,27	7,04	0,07	0,1882
Unidades Haugh (UH)	86,5	86,32	86,75	86,54	88,61	0,73	0,1801
Resistencia (mm)	4,06 ^b	4,34 ^a	4,32 ^a	4,44 ^a	4,27 ^{ab}	0,09	0,0408
Espesor Cascaron (mm)	0,36 ^b	0,38 ^a	0,37 ^a	0,38 ^a	0,38 ^a	0,01	0,0089
Numero Huevos (Unidad)	4,98	4,99	4,94	4,99	5	0,02	0,1496

4.9 Determinación De Creatina En Yema

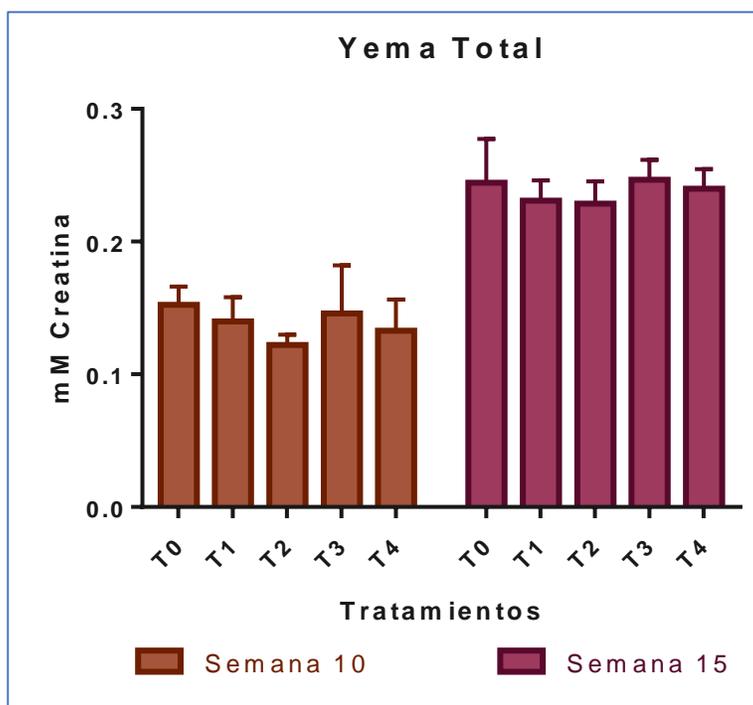


Figura 18. Niveles de Creatina Sin interferencia de Sarcosina (Interacción Semana 10 – Semana 15)

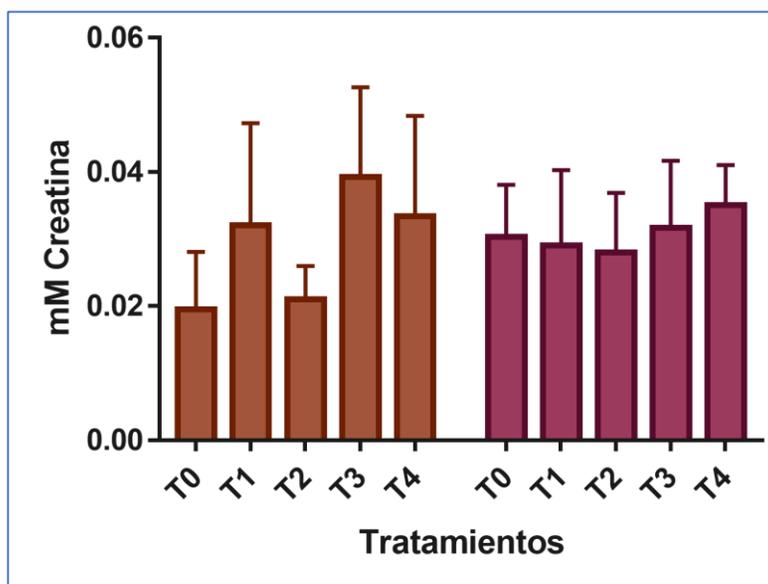


Figura 19. Niveles de Creatina Con interferencia de Sarcosina (Interacción Semana 10 – Semana 15)

Con la finalidad de establecer diferencias significativas, se procedió a realizar gráficos de barras, además se realizó un Análisis ANOVA de un parámetro y de Kruskal-Wallis (No paramétrico). Los resultados mostraron que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$), ni entre los que poseen dieta de Ácido Guanidinoacético (AGA) con el testigo (T0), por lo cual se determina que no hay efecto del Ácido Guanidinoacético (AGA) sobre la cantidad de creatina en la muestra. Adicionalmente se realizó una comparación entre los resultados obtenidos en los dos tiempos analizados, se evaluó si hay diferencias significativas entre tratamientos en cada tiempo. Estos análisis fueron realizados tanto para las mediciones con y sin interferencia de sarcosina. Se determinó que en la medición sin interferencia de sarcosina, hubo un aumento significativo en todos los tratamientos, en los dos tiempos analizados ($p < 0.05$). Sin embargo, al restar la sarcosina presente en el medio, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados mostraron que no hay una diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$), ni entre los que poseen dieta de Ácido Guanidinoacético (AGA) con el testigo (T0), por lo cual se determina que no hay efecto del Ácido Guanidinoacético (AGA) sobre la cantidad de creatina en la muestra. Estos resultados coinciden con datos del Informe de prueba de Evonik acerca de la expresión de los CRT (transportadores de creatina) en el aparato reproductivo de las gallinas reproductoras de pollos de engorde (2017) quienes indican la hipótesis de que la disminución significativa en la expresión relativa de CRT (Transportadores de creatina) en la membrana folicular del ovario (F1) y en el istmo es el resultado de la regulación descendente del transportador en respuesta a la mayor concentración de su sustrato. Esto está de acuerdo con estudios moleculares similares de los efectos de la suplementación dietética de aditivos alimenticios en ratones y cerdos, que mostraron un efecto de la regulación descendente de los transportadores en respuesta a la integración de sus sustratos en el alimento. (Nicola et al., 2015; Hansen et al., 2010). Los resultados obtenidos con la Prueba

de Kruskal Wallis sin interferencia de sarcosina coinciden con los obtenidos por Murakami A., et al. (2014) quien reporto que Los niveles de GAA en la dieta no afectaron ($P > 0.05$) la productividad de los reproductores de codornices tipo carne, aunque la concentración de compuestos guanidínicos (creatina, AGA y creatinina) en los huevos de los reproductores aumentó linealmente ($P < 0.05$) de acuerdo con el Incremento en los niveles dietéticos de GAA. En cambio, RAMIREZ O., et al. (1970): No detecto niveles de creatina en extractos de yema de huevo.

4.10 Análisis económico

Valoración Económica de las dietas:

Tabla 20

Valoración económica para los ingredientes seleccionados para To

INGREDIENTES SELECCIONADOS T0			
Ingrediente	Cantidad utilizada (kg)	Precio	Costo total
Maiz	525,636	\$0,44	\$231,28
Harina de soya	227,224	\$0,62	\$140,88
Calcio	118,498	\$0,06	\$7,11
Salvado de trigo	43,116	\$0,35	\$15,09
Palmiste	41,646	\$0,35	\$14,58
Aceite de palma	25	\$0,92	\$23,00
Fosfato	3,637	\$0,60	\$2,18
Metionina 99%	2,754	\$4,85	\$13,36

L-valina	2,364	\$6,00	\$14,18
Vit-postura	2	\$2,33	\$4,66
Osmeq ponedora	2	\$2,00	\$4,00
Sal	1,141	\$0,21	\$0,24
Zymease	1	\$5,10	\$5,10
Acido	1	\$1,40	\$1,40
Atrapante	1	\$0,90	\$0,90
Treonina	0,663	\$4,20	\$2,78
Cloruro de magnesio	0,6	\$1,28	\$0,77
Fitasa	0,1	\$3,80	\$0,38
Triptofano	0,02	\$4,00	\$0,08
Costo total	999,40		\$481,97

Tabla 21

Valoración económica para los ingredientes seleccionados para T1

INGREDIENTES SELECCIONADOS T1			
Ingrediente	Cantidad utilizada (kg)	Precio	Costo total
Maiz	525,636	\$0,44	\$231,28
Harina de soya	227,224	\$0,62	\$140,88
Calcio	118,498	\$0,06	\$7,11
Salvado de trigo	43,116	\$0,35	\$15,09
Palmiste	41,646	\$0,35	\$14,58

CONTINUA→

Aceite de palma	25	\$0,92	\$23,00
Fosfato	3,637	\$0,60	\$2,18
Metionina 99%	2,754	\$4,85	\$13,36
L-valina	2,364	\$6,00	\$14,18
Vit-postura	2	\$2,33	\$4,66
Osmeq ponedora	2	\$2,00	\$4,00
Sal	1,141	\$0,21	\$0,24
Zymease	1	\$5,10	\$5,10
Acido	1	\$1,40	\$1,40
Atrapante	1	\$0,90	\$0,90
Treonina	0,663	\$4,20	\$2,78
Creamino	0,6	\$8,00	\$4,80
Cloruro de magnesio	0,6	\$1,28	\$0,77
Fitasa	0,1	\$3,80	\$0,38
Triptófano	0,02	\$4,00	\$0,08
Costo total	999,999		\$486,77

Tabla 22

Valoración económica para los ingredientes seleccionados para T2

INGREDIENTES SELECCIONADOS T2			
Ingrediente	Cantidad utilizada (kg)	Precio	Costo total
Maíz	525,636	\$0,44	\$231,28
Harina de soya	227,224	\$0,62	\$140,88
Calcio	118,498	\$0,06	\$7,11
Salvado de trigo	43,116	\$0,35	\$15,09
Palmiste	41,646	\$0,35	\$14,58
Aceite de palma	25	\$0,92	\$23,00
Fosfato	3,637	\$0,60	\$2,18
Metionina 99%	2,754	\$4,85	\$13,36
L-valina	2,364	\$6,00	\$14,18
Vit-postura	2	\$2,33	\$4,66
Osmeq ponedora	2	\$2,00	\$4,00
Sal	1,141	\$0,21	\$0,24
Zymease	1	\$5,10	\$5,10
Acido	1	\$1,40	\$1,40
Atrapante	1	\$0,90	\$0,90
Treonina	0,663	\$4,20	\$2,78
Creamino	0,8	\$8,00	\$6,40

CONTINUA→

Cloruro de magnesio	0,6	\$1,28	\$0,77
Fitasa	0,1	\$3,80	\$0,38
Triptofano	0,02	\$4,00	\$0,08
Costo total	1000,199		\$488,37

Tabla 23*Valoración económica para los ingredientes seleccionados para T3*

INGREDIENTES SELECCIONADOS T3			
Ingrediente	Cantidad utilizada (kg)	Precio	Costo total
Maíz	525,636	\$0,44	\$231,28
Harina de soya	227,224	\$0,62	\$140,88
Calcio	118,498	\$0,06	\$7,11
Salvado de trigo	43,116	\$0,35	\$15,09
Palmiste	41,646	\$0,35	\$14,58
Aceite de palma	25	\$0,92	\$23,00
Fosfato	3,637	\$0,60	\$2,18
Metionina 99%	2,754	\$4,85	\$13,36
L-valina	2,364	\$6,00	\$14,18
Vit-postura	2	\$2,33	\$4,66
Osmeq ponedora	2	\$2,00	\$4,00
Sal	1,141	\$0,21	\$0,24
Zymease	1	\$5,10	\$5,10
Acido	1	\$1,40	\$1,40
Atrapante	1	\$0,90	\$0,90
Treonina	0,663	\$4,20	\$2,78
Creamino	1	\$8,00	\$8,00
Cloruro de magnesio	0,6	\$1,28	\$0,77
Fitasa	0,1	\$3,80	\$0,38
Triptofano	0,02	\$4,00	\$0,08
Costo total	1000,399		\$489,97

Tabla 24*Valoración económica para los ingredientes seleccionados para T4*

INGREDIENTES SELECCIONADOS T4			
Ingrediente	Cantidad utilizada (kg)	Precio	Costo total
Maíz	525,636	\$0,44	\$231,28
Harina de soya	227,224	\$0,62	\$140,88
Calcio	118,498	\$0,06	\$7,11
Salvado de trigo	43,116	\$0,35	\$15,09
Palmiste	41,646	\$0,35	\$14,58
Aceite de palma	25	\$0,92	\$23,00
Fosfato	3,637	\$0,60	\$2,18
Metionina 99%	2,754	\$4,85	\$13,36
L-valina	2,364	\$6,00	\$14,18
Vit-postura	2	\$2,33	\$4,66
Osmeq ponedora	2	\$2,00	\$4,00
Sal	1,141	\$0,21	\$0,24
Zymease	1	\$5,10	\$5,10
Acido	1	\$1,40	\$1,40
Atrapante	1	\$0,90	\$0,90
Treonina	0,663	\$4,20	\$2,78
Creamino	1,2	\$8,00	\$9,60
Cloruro de magnesio	0,6	\$1,28	\$0,77
Fitasa	0,1	\$3,80	\$0,38
Triptófano	0,02	\$4,00	\$0,08
Costo total	1000,599		\$491,57

Presupuesto inicial					
Egresos	T0	T1	T2	T3	T4
Aves	150	150	150	150	150
Costo por ave	3	3	3	3	3
Total	86,30	86,30	86,30	86,30	86,30
Galponero	220,20	220,20	220,20	220,20	220,20
Alimento tn	482	486,77	488,37	489,97	491,22
Costo del kg de alimento (\$)	0,482	0,487	0,488	0,490	0,491
Consumo diario /gr/ave	120	120	120	120	120
Númro de días de consumo gr	70	70	70	70	70
Consumo alimento prueba ave/día	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
Consumo kgs total prueba por tratamiento (70 días)	588	588	588	588	588
Costo alimento/tratamiento \$	283,4	286,2	287,2	288,1	288,8
Numero de huevos producidos	7187,0	7187,0	7187,0	7187,0	7187,0
Costp pdn huevo	0,082	0,083	0,083	0,083	0,083

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Al término del presente trabajo, el efecto del Ácido Guanidinoacético (AGA) como precursor de la creatina altamente biodisponible, mejora los parámetros de calidad en las variables resistencia y espesor de cascara bajo las condiciones experimentales empleadas. Durante la aplicación a mediano plazo, el AGA tiene un perfil de efectos secundarios aceptable con una baja incidencia en los parámetros: peso huevo, altura de albumina, color de yema, creatina en yema con y sin sarcosina. Sin embargo, tomando en cuenta que en la calidad del huevo se determina a medida que aumenta la puntuación de UH, el tratamiento 4 presenta mayor puntuación, definiéndolo como el mejor tratamiento en calidad de huevo.
- El Ácido Guanidinoacético (AGA) no tuvo un efecto positivo para el incremento de la producción de huevos, ya que al final del estudio no presento diferencias estadísticas.
- El efecto del aumento de los niveles de AGA suplementario en el T3, refleja una mayor disponibilidad de la concentración de creatina en la cascara de huevo mejorando su resistencia y espesor, lo que sugiere un mayor transporte de calcio hacia la cascara del huevo, proceso que requiere un alto gasto energético, que es suplementado en la dieta mediante la adición de AGA.
- Al analizar los tratamientos aplicados (T0, T1, T2, T3, T4) con diferentes niveles de Ácido Guanidinoacético (AGA) (0 – 0,06 – 0,08 – 0,10 – 0,12) respectivamente, podemos determinar que el costo de un huevo con adición de AGA incrementa en \$ 0,01, \$ 0,01, \$0,01, \$0,01 (Un centavo de dólar americano) en los tratamientos T1, T2, T3, T4 respectivamente; esto en relación al costo original del huevo obtenido en el T0 \$0,083 (Ochenta y tres Centavos de dólar). Sin embargo, aunque el aumento del costo de producción de un huevo con adición de AGA es significativo, sigue siendo rentable ya que incrementa notablemente el índice de UH, evitando de esta manera perdidas por huevos rotos.
- Los tratamientos con creamino no mostraron un aumento significativo en el nivel de creatina en yema, tanto en la medición sin y con interferencia de sarcosina, a las semanas 10 y 15.

5.2 Recomendación

- Los hallazgos preliminares sugieren que el AGA podría considerarse como una forma innovadora de mejorar el rendimiento del espesor, resistencia de la cascara e índice de unidades Haugh, sin embargo, se sugiere más estudios para evaluar su cinética a largo plazo de la suplementación con AGA, junto con los posibles mecanismos relacionados con el rendimiento zootécnico en aves de segundo ciclo de postura.
- Se sugiere el uso de niveles diferentes, y días de experimentación en estudios futuros para comprender la relación GAA y la creatina en las gallinas ponedoras.

BIBLIOGRAFIA

- Afshar, g. K. (2018). *Effect of Guanidine Acetic Acid addition to Corn-Soybean Meal Based Diets on Productive Performance, Blood Biochemical Parameters and Reproductive Hormones of Laying Hens*.
- Agenjo, C. (1980). *Enciclopedia de la inspección veterinaria y análisis de alimentos*. Madrid: Espasa-Calpe, S.A.
- Ahn, D., Sell, J., Jo, C., Chamruspollert, M., & Jeffrey, M. (1999). Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality characteristics of chicken eggs during refrigerated storage. *Poultry Science*, 78, 922-928.
- Álvarez, R., & Combellas, J. (1998). Efecto de la suplementación con cama de pollo sobre el consumo y la digestión ruminal de bovinos estabulados consumiendo rastrojo de sorgo. Instituto de Producción Animal (IPA). In Dr. Manuel Vicente Benezra. Venezuela.
- Álvarez, R., & Combellas, J. (1998b). Efecto de la suplementación con cama de pollo sobre la producción de vacas de doble propósito pastoreando rastrojo de maíz durante la estación seca. In D. M. Vicente, *Instituto de Producción Animal (IPA)* (pp. 96-97). Venezuela.
- Anon, A. (2000). La gallinaza. *Revista Plumosos. Colombia*. 5:12. , 26.
- Aparicio, A., Borroeta, A., López, A., & Ortega, R. (2008). *Tabla de composición del huevo de gallina. Etiquetado nutricional*. Madrid. 58 pp: Instituto de estudios del huevo.
- Ashida, K., Nakajanima, T., Hirabayashi, M., Saito, Y., Matsui, T., & Yano, H. (1996). Effects of dietary casein phosphopeptides and calcium levels on eggshell quality and bone status in laying hens. *Animal Science and Technology*, 67, 967-974.
- Baker, M., Brake, T., & Krista, M. (2009). Total body lipid and uterine lipid changes during a forced molt of caged layers. *Poultry* 60, 1593.
- Balnave, D. (1992). Influence of saline drinking water on eggshell quality and formation. *World's Poultry Science Journal*, 49, 109-119.
- Basiouni, G. N.-A. (2006). Influence of extra supplementation with arginine and lysine on overall Performance ovarian activities and humoral immune response in local Saudi hens. *J Poult Sci.*, 441.448.
- Beaumont, C., Calenge, F., Chapuis, H., Fablet, J., Minvielle, F., & TixierBoichard, M. (2010). Génétique de la qualité de l'oeuf. *INRA Prod. Anim*, 23(2), 123- 132.
- Bell, D. (2003). Historical and current molting practice in the U.S. table egg industry. *Poultry Sci* 82, 956-970.
- Berry, W. (2003). He physiology of Induced Molting. *Poultry Sci.* 82, 971-980.
- Bhattacharya, A., & Fontenot, J. (1966). Protein and energy value of peanut hulls and wood shaving poultry litters. *J. Anim. Sci.* 25, 367.
- Borroeta, A. (2013, 01 23). *Formacion del huevo*. Retrieved from <https://dieteticaieselgetares.files.wordpress.com/2013/01/formacic3b3n-del-huevo.pdf>.
- Bouvarel, I., Nys, Y., Panheleux, M., & Lescoat, P. (2010). INRA. *Prod. Anim.*,23(2): 167-182, 167-182.
- Branch, J. (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: A meta-analysis. *Internacional journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 198-226.
- Buxade, C. (2000). *La gallina ponedora, segunda edición*. Madrid, España.: Mundiprensa.

- Buxade, C. (2000). *La gallina ponedora: sistemas de explotación y técnicas de producción 2ª Edición. Actualizada y ampliada*. Mundi - Prensa.
- Castelló, J., Barragán, J., Borroeta, A., & Calvet, S. (2010). *Producción de huevos*. Barcelona: Real Escuela de Avicultura.
- Chavira, J. S., Gutiérrez Gonzáles, J. C., Garcia Castillo, R., López Trujillo, R., & Duarte Ortuño, A. (2011). Digestibilidad in situ de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorda. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 379-385.
- Cheryl, F., Atkinson, D., Jones, D., & Joseph, J. (1996). Biodegradability and microbial activities during composting of poultry litter. *Poult. Sci.* 75, 608.
- Chetie, V., StoChitescu, C., & Hillebrand, A. (2015, Octubre 27). *Anatomía de las Aves domésticas*. Editorial Acribia, Zaragoza. Retrieved from Real Escuela de Avicultura. Selecciones Avícolas:
http://ddd.uab.cat/pub/selavi/selavi_a1982m6v24n6@reavicultura/selavi_a1982m6v24n6p230@reavicultura.pdf
- CIN. (2005). Alimento huevo: nuevos hallazgos científicos. *American Journal of the College of Nutrition*, Vol. 24, No 6, 510-515.
- Combellas, J., & Alvarez, R. (2001, marzo 20). *Uso de excretas de aves en la alimentación de ovinos*. Retrieved from SciELO: <http://www.scielo.org.ve>
- Dastar, B., Golian, A., & Campbell, L. (2001). Effect of caeca microflora on endogenous amino acid losses and amino acid digestibility in some poultry feedstuffs. *Agric. Sci. Tech.* 15, 7.
- Echeverria, L. (1991). Manejo de ponedoras y pollos de engorde. *Produccion de monogastricos*, 10.
- Edwards, D. (1996). Recycling livestock manure on pastures. R. E. *Nutrient cycling in forage systems Potash and Phosphate Institute. Norcross*, 45.
- Estrada, M. (2005). Manejo y Procesamiento de la Gallinaza. *LaSallista de investigacion*, 43-48.
- Eurostat . (2011, Septiembre 28). *Forests Cover around 40% EU Land*. Retrieved from <https://foresteurope.org/eurostat-2011-portrait-forests-cover-around-40-eu-land/>
- Evers, G. (1998). Comparison of broiler poultry litter and commercial fertilizer for Coastal Bermudagrass Production in the Southeastern US. *J. Sustainable Agriculture*, Vol. 12, 4.
- EVONIK. (2015, Febrero 22). *Annual Report*. Retrieved from <https://corporate.evonik.de/downloads/corporate/evonik%20annual%20report%202015.pdf>
- EVONIK. (2017). *Creatine transfer from hen to egg and to the embryo, following GAA supplementation*. PSA Israel.
- EVONIK. (2019). *Optimize feed specifications and control feed costs at the highest quality and speed*. Retrieved from <https://metamino-hub.evonik.com/aminonir/>
- FAOSTAT. (2012, 23 Mayo). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fennema, O. (1992). *Química de los alimentos. Capítulo 14: Características de los alimentos líquidos de origen animal*. Zaragoza: Acribia, S.A.
- Fontenot, J. (1998). *Alimentación del ganado con residuos avícolas*. En: *Memorias de la Conferencia Internacional sobre ganado en el trópico*. Florida: Gainesville.
- Gabalton, L., Melo, J., Laine, C., & Combellas, J. (1999). Sustitución de la cascarilla de soya por cama de pollo en el concentrado de vacas de doble propósito en pastoreo. *Zootecnia Tropical* 1, 51.

- García, Y., Elías, A., & Herrera, F. (2005). Dinámica microbiana de la fermentación in vitro de las excretas de gallinas ponedoras. *Rev. Cubana Cienc. Agríc*, 39:75.
- Gil Cano, F. (2014, Enero 2). *Anatomía específica de aves: aspectos funcionales y clínicos*. Retrieved from Facultad de Veterinaria.Unidad Docente de Anatomía y Embriología .Universidad de Murcia: <https://www.um.es/web/anatvet/interactividad/aaves/anatomia-aves-10.pdf>
- González, G., & García, M. (1999). Uso de aditivos como mejorantes de la calidad de las dietas para monogástricos: enzimas y acidificantes. V Encuentro sobre Nutrición y Producción de Animales Monogástricos. In *Producción de Aves* (p. 1). Maracay, Venezuela.
- Google maps. (2018, 01 15). *Mapa de la ubicación del Cantón Antonio Ante*. Retrieved from <http://puembo.gob.ec/datos.htm>
- Griffiths, N. (1988). Best practice guidelines for using poultry litter on pastures. In *NSW Agriculture. 6th edition*. (p. 1).
- Hadziosmanovic, A., Vucemilo, M., & Venglovsky, J. (1997). Effect of saline drinking water on laying hen productivity. *Veterinarianni Medicina*, 42, 295-298.
- Halaj, M., Benkova, J., & Baumgartner, J. (1998). Parameters of hen egg quality in various breeds and strains. *Czech Journal of Animal Science*, 43, 375-378.
- Hansen, S. L. (2010). Age and Dietary Iron Affect Expression of Genes Involved in Iron Acquisition and Homeostasis in Young Pigs 1 – 3. *The Journal of Nutrition*, 5(5), 271 – 277.
- Helmer, L., & Bartley, E. (1971). Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants vol 54. *J. Dairy Sci*, 25-51.
- INAMHI. (2016). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología . <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/>.
- Inaoka, T., Okubo, G., Yokota, M., & Takemasa, M. (1999). Nutritive value of house fly larvae and pupae fed on chicken faeces as food source for poultry. *Jap. Poult. Sci.* 36, 174.
- Industria Avícola. (2017, marzo 23). Retrieved from <http://www.industriaavicola-digital.com/201703/index.php?startid=18#/28>
- Instituto de estudios del huevo. (2009). *El gran libro del huevo*. EverestS.A. León. 176 pp.
- Iqbal, Z., Lateef, M., Jabbar, A., Muhammad, G., & Khan, M. (2005). Anthelmintic activity of *Calotropis procera* (Ait.) Ait. F. flowers in sheep. *J. Ethnopharm.*, 102 (2, 256-26.
- Jeffrey, J., Kirk, J., Atwill, E., & Cullor, J. (1998). Prevalence os selected microbial pathogens in processed poultry waste used as dairy cattle feed. . *Poult. Sci.* 77, 808.
- Jongbloed, A., & Kemme, P. (1997). XIII Curso de Especialización FEDNA. 91.
- Juárez, A., Gutiérrez, E., Segura, J., & Santos. (2010). Calidad del huevo de gallinas criolla craidas en traspatio en Michoacan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, vol. 12, núm. 1, 109-115.
- Kelley, T., Pancorbo, O., Merka, W., Thompson, S., Cabrera, M., & Barnhart, H. (1996). Elemental Concentration of Stored Whole and Fractionated Broilers Litter. *J. Appl. Poult. Res.* 5, 176.
- Keshavarz, K. (1996). The effect of different levels of vitamin C and cholecalciferol with adequate or marginal levels of dietary calcium on performance and eggshell quality of laying hens. *Poultry Science*, 75, 1227-123.
- KI, B.-A. (2010). Dietary guanidino acetic acid spares arginine and dietary L-homoserine spares threonine in the chick. *MSc Thesis. University of Illinois at Urbana-Champaign*.

- Kirunda, D., & McKee, S. (2000). Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. *Poultry Science*, 79, 1189-1193.
- Koel, K., Parsons, R., & Moshtaghian, J. (1992). Effect of duration of fasting post molt laying hen performanc. *Poultry Sci.* 71, 434-439.
- Kwak, W. (1999). Effects of moisture levels on the fermentation characteristics of high moisture broiler litter added with different water absorbents. *Kor. J. Anim. Sci.* 41, 537.
- Leeson, S., Caston, L., & Summers, J. (1997). Layer performance of four strains of Leghorn pullets subjected to various rearing programs. *Poultry Science*, 76, 1-5.
- Lehninger, A. (1977). Biochemistry. 2nd Edition. *Chem. Educ.* 549A386.
- Lehninger, A., Nelson, D., M, M., Cuchillo, F., Claudi, M., Vendrell, R., & Josep, T. (1993). *Principios de bioquímica*. Barcelona : Omega.
- Lemme, A., Ravindran, V., & Brydeb, W. (2004). Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. *World's Poultry Science Journa*, 421-435.
- Lesson, S. (2003, 9 23). *La producción de pollos parrilleros del futuro: desde la bioseguridad hasta el control de la contaminación*. Retrieved from <http://www.engormix.com/nuevo/prueba/alltech.asp>
- Lichtenberg, E., Parker, D., & Lynch, L. (2002, 01 12). *Economic value of poultry litter supplies in alternative uses*. Retrieved from <http://www.arec.umd.edu/policycenter>
- Lima, I. (2003). Converting poultry litters into activated carbon. *World Poult*, 19: 28.
- Lu, J., Sanchez, S., Hofacre, C., Maurer, J., Harmon, B., & Lee, M. (2003). Evaluation of broiler litter with reference to the microbial composition as assessed by using 16S rRNA and functional gene markers. *Appl. & Environmental Microbiol.*, 69(2): 901.
- Manivela, D., Ryssen, J., Van Last, R., & Van Russen, J. (1997). The effects of broiler litter diets as survival ration on the health of sheep. *South African Vet. Assoc.* , 68:121.
- Marlone, G., & Chaloyпка, G. (1982). Evaluation of shredded newspaper litter materials under various broiler manangement programs. *Poult. Sci.* 61:, 1385.
- Marshall, W. (2000). *Contribución al estudio de la ceba ovina estabulada sobre la base de heno y suplemento proteico con harina de soya y gallinaza* . La Habana, Cuba: Tesis de Dr. en Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal.
- Marshall, W., Reyes, R., Uña, F., Corchado, A., & Delgado, A. (1998). Ceba ovina sobre la base de heno, miel-urea y suplementación con gallinaza. Digestibilidad y balance de nitrógeno. *Rev. Prod. Anim.* 10, 33.
- Martín, R., & Rodríguez, I. (2002). ecnología y métodos para la producción de abonos orgánicos a partir de camas avícolas. *Memorias. II Taller Internacional de Agricultura Sostenible en condiciones de Montaña*. Guantánamo. Cuba.
- Mertens, K., Bain, M., Perianu, C., De Baerdemaeker, J., De Decuyper, E., & Ketelaere, B. (2010a). *Qualité physico-chimique de l'oeuf de table*. In: *Nau F, Guérin-Dubiard C, Baron F. L'oeuf et les ovoproduits - Science et technologie Tome I Production et qualité de l'oeuf*. Lavoisier, Editions Tec & Doc.
- Michiels, J., Skrivanova, E., Missotten, J., Obyn, A., Mrazek, J., Smet, S., & Dierick, N. (2012). Intact brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*) in diets of weaned piglets: effects on performance, gut bacteria and morphology and plasma oxidative status. *J. A. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 96 (6), 1101-1111.

- Mills, A., Nys, Y., Gautron, J., & Zawadski, J. (1991). Whitening of brown shelled eggs: Individual variation and relationships with age, fearfulness, oviposition interval and stress. *Poultry Science*, 32, 117–129.
- Morais, M., Tomich, T., Amorin, J., & Gonçalves, L. (1999). Consumo voluntário e digestibilidade da silagem de milho associada ao esterco de poedeiras. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*, 51:115.
- Morales, H., Gutierrez, E., Quintanilla, J., & Hernández, C. (1993). Utilización de la gallinaza de aves reproductoras en la engorda intensiva de toretes Holstein. *Ciencias Agropecuarias*, 6:7.
- Morales, M., & Egaña, J. (1997). Efecto del peletizado y ensilaje de las camas de broilers sobre su valor nutritivo para rumiantes. *Archivos de Zootecnia*, 46:159.
- Murthy, K., Reddy, M., & Reddy, G. (1996). Nutritive value of supplements containing poultry dropping for sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 21:71.
- Naber, E. (1979). The effect of nutrition on the composition of eggs. *Poultry Science*, 58, 518-528.
- Nau, F., Nus, Y., Yamakawa, S., & Réhault-Godbert, S. (2010). Intérêt nutritionnel de l'œuf en alimentation humaine. *INRA Prod. Anim*, 23 (2), 225-236.
- Negrín, O., & Verdecchia, P. (2007). *Manual de Producción Avícola*. 3ed. México.
- Nicola, J. P.-R. (2015). Dietary I- Absorption: Expression and Regulation of the Na⁺/I⁻ Symporter in the Intestine. Vitamins and Hormones. *Elsevier Inc.*, 1st ed., Vol. 98.
- North, M. (1982). *Manual de Produccion Avicola*. Segunda edicion. Mexico: El manual moderno.
- Nys, Y., Hincke, M., Hernandez, A., Rodriguez, A., Gomez, J., Jonchère, V., . . . Gautron, J. (2010). Structure, propriétés et minéralisation de la coquille de l'œuf: rôle de la matrice organique dans le contrôle de la fabricatio. *n. INRA Prod. Anim.*, 23 (2), 143-154.
- Olaisen, V., Mejdell, T., Volden, H., & Nesse, N. (2003). Simplified in situ method for estimating ruminal dry matter and protein degradability of concentrates. *Journal of animal science*, 2(81), 520-528.
- Orskov, E., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92:499.
- Ortiz, A. (2004). *Evaluación de desechos de la industria cafetalera y azucarera como camas avícolas en Guantánamo y su aprovechamiento en la alimentación de ovinos*. La Habana, Cuba: Tesis de Dr. Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal.
- Parra, A., Combellas, J., & Ríos, L. (2001). *Efecto de la suplementación con un concentrado que incluye cama de pollo sobre la producción de leche de ovejas tropicales*. *Memorias I Congreso Internacional de Ovinos y Caprinos*. Maracay Estado Aragua.
- Pascual, J., & Blas, E. (1997). Bases de la producción animal: Nutrientes y alimentos. Capítulo II: Recomendaciones nutricionales en ponedoras comerciales. *Departamento de ciencia animal*. *Universidad Politécnica de Valencia*, 133.
- Penz, A., & Jensen, L. (1991). Influence of protein concentration, amino acid supplementation, and daily time of access to high or low protein diets on egg weight and components in laying hens. *Poultry Science*, 70, 2460-2466.
- Peral, M. J. (2002). *Human, rat and chicken small intestinal Na⁺ – Cl⁻ – creatine transporter :functional , molecular characterization and localization*.

- Piad, R. (2001). Evaluación de la actividad probiótica de un hidrolizado enzimático de crema de destilería en pollitas de reemplazo de ponedoras. *Tesis Dr. Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal*. La Habana, Cuba.
- Pool, L., Trinidad, A., Etchevers, J., Pérez, J., & Martínez, A. (2000). *Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas*. México.
- Proaño, H. (1981). Estudio comparativo de muda forzada en ponedoras semipesadas. *Tesis ingeniero Zootecnista*, 73.
- Ricci, M. (2011, 09 04). *Muda forzada en ponedoras comerciales*. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/186303761/Muda-Forzada>
- Ritchie, B., Harrison, G., & Harrison, L. (1994). *Avian medicine: principles and application*. Wingers Publishing, Inc. Lake Worth, Florida, USA.
- Rodriguez, H., Combellas, J., & Alvarez, R. (2000). Evaluacion de dos niveles de cama de pollo en el suplemento de bovinos en ceba con pastoreo restringido de *Cynodon nlefluensis*. *Instituto de Produccion Animal (IPA)* (p. 16:37). Venezuela: Informe Anual 98-99.
- Rodriguez, S. (2003). Alimentos funcionales y nutricion optima. *Revista Española de Salud Pública*, vol. 77, núm. 3, 317-331.
- Rogers, S., & Pesti, G. (1992). Effects of Tryptophan supplementation to a maize- based diet on lipid metabolism in laying hens. *British Poultry science* ; 33, 195-200.
- Romanoff, A. (1949). *The avian egg*. John Wiley and Sons. Nueva York. 311pp.
- Rostagno, H., & Albino, I. (2005). *Simposio Internacional SobreExigencias Nutricionais de Aves e Suinos*. Vicosa, MG-Brasil.
- Saldaña, E. (2012, febre 24). *Muda forzada en gallinas productoras de huevo para plato*. Retrieved from Ergomix: <https://www.engormix.com/avicultura/articulos/efecto-muda-forzada-reproductoras-t29666.htm>
- Sastre, A., Sastre, R., Tortuero, F., Suarez, G., Vergara, G., & López, C. (2002). *Lecciones sobre el huevo*. Madrid. 176 pp.: Instituto de Estudios del Huevo.
- Silva LMGS, M. A. (2012). Effects of dietary arginine supplementation on broiler breeder egg production and hatchability. *Braz J Poult Sci*, 267-273.
- Swanson, M., & Bell, D. (1974). Force molthing of chickens, I Introduction. *University of California Leaflet AXT410*.
- Terzich, M., Pope, M., Cherry, T., & Hollinguer, J. (2000). Survey of pathogens in poultry litter in the United States. *J. Appl. Poult. Res.*9, 287.
- Tiquia, S., & Tam, N. (2000). Co.composting of spent pig litter and slude with forced aeration. *Biores. Technol* 72, 1-7.
- Valdés, J. (2007, Mayo 23). *La cascara del huevo: ¿desecho o valor agregado para la salud humana y la produccion avicola?*. *Una experiencia cubana*. Retrieved from <Http://www2.blogger.com/postedit.g?blogid=30750522&postid=115999451824109816>
- Vargas, N. (2015). *Avicultura*. Machala: Utmach.
- Webster, A. (2000). Behavior of White Leghorn Laying Hens After Withdrawal of Feed. *Poult Sci*; 79:, 192–20.
- Wei, R., & Bitgood, J. (1989). A new objective measurement of eggshell color. A test for potential usefulness of two color measuring devices. *Poultry Science*, 69, 1175-1780.
- Wu, X., Vakani, R., & Small, S. (1998). Two distinct mechanisms for differential positioning of gene expression borders involving the *Drosophila* gap protein giant. *Development* 125(19, 3765--3774.

- Wyss, M., & Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiology Research*, 80, 1107-1213.
- Zita, L., Tumova, E., & Stolc, L. (2009). Effects of genotype, age and their interaction on egg quality in Brown-egg laying hens. *Acta Vet. Brno.*, 78, 85-91.