

COMPARACIÓN DE DOS MODELOS DE PRODUCCIÓN (PASTOREO E INTENSIVO) Y SU
EFECTO EN LA CALIDAD DE HUEVOS Y BIENESTAR DE GALLINAS DE POSTURA

JUAN DIEGO BUITRAGO GARZÓN
CÓDIGO: 150211109

MÓNICA LIZETH FORERO ROJAS
CÓDIGO: 150211121

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
FUSAGASUGÁ
2016

COMPARACIÓN DE DOS MODELOS DE PRODUCCIÓN (PASTOREO E INTENSIVO) Y SU EFECTO EN LA CALIDAD DE HUEVOS Y BIENESTAR DE GALLINAS DE POSTURA

Proyecto de grado opción Monografía tipo investigación, como requisito parcial para la obtención del título de Zootecnista

JUAN DIEGO BUITRAGO GARZÓN
CÓDIGO: 150211109

MÓNICA LIZETH FORERO ROJAS
CÓDIGO: 150211121

Director

José Isidro Vargas Pinto
Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Desarrollo Empresarial Agropecuario

Codirector

Ángel Alfonso Garzón Garzón
Zootecnista. Esp. Administración Agropecuaria.

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTEKNIA
FUSAGASUGÁ
2016

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

Gracias a mi familia por el apoyo en cada tropiezo, por servir de inicio en cada reto, por determinar todos los días que la única manera de ser mejor, es superándose a sí mismo, esa es la única forma de enfrentarse al mundo.

(Juan Diego Buitrago Garzón)

El camino al éxito está lleno de obstáculos, pero de la mano de grandes personas se supera cada uno. Gracias hermosa Familia (Ana Rosalba Rojas, Luis Forero Calderón y Freddy Forero), el apoyo expresado de diversas formas ha sido incondicional, fortaleciéndome día a día, permitiendo la realización de pequeños triunfos que construyen el camino al éxito... GRACIAS.

(Mónica Lizeth Forero Rojas)

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La Universidad de Cundinamarca y la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por recibirnos en su alma máter.

Todos los profesores, que hicieron parte del proceso que permitió formarnos como profesionales del sector agropecuario.

Compañeros y futuros colegas por las experiencias regaladas en el transcurso de la carrera, otorgando momentos que siempre recordaremos.

A José Isidro Vargas Pinto, director, por su apoyo incondicional, orientación y amistad.

A nuestras familias por su apoyo y confianza en nuestras capacidades para culminar otra etapa de la vida.

Y a todas aquellas personas que presentaron su apoyo manifestado de diferentes formas.

Gracias...

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Especificos	13
DISEÑO METODOLÓGICO	14
1. PRODUCCIÓN AVÍCOLA (GALLINA DE POSTURA)	15
1.1. Comercialización de los productos avícolas (huevos).....	19
2.GALLINA PONEDORA	21
2.1. Generalidades	21
2.2. Líneas genéticas	21
2.3. Etapas productivas.....	23
2.4. Requerimientos nutricionales	24
3.SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	29
3.1. Sistemas convencionales.....	29
3.2. Sistema en Pastoreo	32
4. EL HUEVO	38
4.1. Formación del huevo	38
4.2. Componentes del huevo.....	40
4.3. Perfil nutricional	42
4.4. Calidad del huevo.....	44
4.4.1. Factores que afectan la calidad del huevo.....	45
4.4.2. Influencia del sistema de crianza en la calidad del huevo (Antecedentes por trabajos científicos).....	47
5. BIENESTAR ANIMAL	57
5.1. Concepto de Bienestar animal	57
5.2. Evaluación del bienestar animal	59
5.3. Etología de la gallina ponedora	62
5.4. Influencia del sistema de crianza en el bienestar animal (Antecedentes por trabajos científicos).....	63
6. CONCLUSIONES	69
7. RECOMENDACIONES	71
8. BIBLIOGRAFÍA	72

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Producción mundial de huevo (Millones de toneladas).....	16
Tabla 2. Índices productivos de dos líneas de gallina ponedora (livianas y semipesadas)	22
Tabla 3. Requerimientos de los principales macronutrientes para gallinas híbridas de puesta en pastoreo para una producción de unos 225 huevos anuales	28
Tabla 4. Marco Legal de producciones avícolas.....	30
Tabla 5. Ventajas y desventajas de la producción intensiva (piso y jaula)	32
Tabla 6. Ventajas y desventajas del sistema en pastoreo	34
Tabla 7. Plantas utilizadas en la alimentación de aves domésticas	35
Tabla 8. Composición química de los huevos	41
Tabla 9. Huevos de gallina (Composición por 100 g de porción comestible)	43
Tabla 10. Características de la calidad del huevo.	44
Tabla 11. Clasificación de huevos comerciales	45
Tabla 12. Resumen de las metodologías empleadas en las investigaciones	49
Tabla 13. Influencia del sistema de producción en la calidad de huevo	52
Tabla 14. Resumen de las metodologías empleadas en las investigaciones consultadas para Latino América	53
Tabla 15. Influencia del sistema de producción en la calidad de huevo, en Latino América	55
Tabla 16. Análisis bromatológico del huevo	55
Tabla 17. Influencia del sistema de producción en la calidad microbiológica del huevo.....	56
Tabla 18. Matriz ética de sistemas alternativos de alojamiento para gallinas de puesta	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Consumo <i>per cápita</i> de huevo en Colombia.....	18
Gráfico 2. Curva ideal de puesta para gallinas de líneas semipesadas	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso y tiempo de formación del huevo y partes anatómicas del aparato reproductor ...	39
Figura 2. Vista transversal de las estructuras del huevo.....	40
Figura 3. Abanico Roche®.....	50

RESUMEN

La producción de huevos en el mundo se basa en la implementación de modelos intensivos, ya que estos permiten un mayor manejo y control de las aves, incrementando la eficiencia productiva, al operar bajo altas densidades de alojamiento (No. Aves/m²), lo cual compromete el bienestar animal; por lo tanto, se presentan los sistemas de producción en pastoreo como una opción más natural para la crianza de gallinas ponedoras, al permitir a las aves el acceso a un espacio donde pueden expresar sus comportamientos naturales. Sin embargo, aún existe desconocimiento sobre la influencia del sistema de producción en el bienestar animal y la calidad del producto final, por lo tanto en la presente investigación se realizó una revisión de fuentes secundarias, en los que se analizaron experiencias nacionales e internacionales, con el fin de conocer y promover indirectamente la implementación de estos sistemas de producción, y brindar a los productores y profesionales de la producción animal, elementos teóricos que le permitan elegir un modelo de producción acorde a sus necesidades y objetivos. En esta se evidenció que el sistema de producción influye en la calidad del huevo, ya que las aves en pastoreo, al tener disponibilidad de forrajes para su consumo, presentan un mayor contenido de albumen, lisozima, colesterol y grosor de la cáscara, en comparación con los sistemas intensivos (jaula y piso); en cuanto a bienestar animal, las aves presentes en el sistema en pastoreo, tienen un menor temor hacia los seres humanos, menor agresividad, mejores condiciones de plumaje y disminución al riesgo de presentar osteoporosis, sin embargo, las aves no utilizan toda el área en pastoreo, se mantienen cerca al refugio, por lo que presentan problemas en el manejo de excretas alrededor de este y una mayor prevalencia de enfermedades parasitarias.

Palabras claves: Comportamiento animal, Calidad de huevo, Gallina de postura, producción alternativa.

ABSTRACT

Egg production in the world is based on the implementation of intensive models, as these allow greater management and control of birds, increasing production efficiency, operating under high stocking densities (No. Birds / m²), the compromising animal welfare; therefore, production systems grazing as a more natural for raising laying hens, to allow birds access to a space where they can express their natural behaviors occur option. However, there is still lack of knowledge about the influence of the production system in animal welfare and the quality of the final product generated, therefore in this investigation a review of secondary sources, in which national and international experiences were analyzed was performed, in order to know and indirectly promote the implementation of these production systems, and provide producers and animal production professionals, theoretical elements that allow you to choose a production model that suits your needs and objectives. This was evident that the production system influences the quality of the egg, as birds grazing, have access to forage intake, have a higher content of albumen, lysozyme, cholesterol and shell thickness, compared to the (cage and floor) as for animal welfare, the birds present in the system grazing, intensive systems have less fear of humans, less aggressive, better conditions plumage and decrease the risk of osteoporosis. However, birds do not use the entire grazing area, stay close to the shelter, so they have problems in handling excreta around this and a higher prevalence of parasitic diseases.

Keywords: Behavior animal, Quality Egg, Chicken posture, alternative production

INTRODUCCIÓN

Las producciones intensivas surgen a principios del siglo XX, donde las gallinas criadas sueltas pasaron a ser alojadas en jaulas, buscando proveer alimentos de origen animal (carne y huevos) a un menor costo y en mayor cantidad. La aplicación rigurosa de prácticas de manejo y bioseguridad han permitido obtener huevos más limpios, un mayor control de enfermedades, suministro de dietas balanceadas que suplan los requerimientos nutricionales de las aves y un mejor manejo de los desechos generados en el sistema (Şekeroğlu, *et al.*, 2008), promoviendo la especialización en la producción animal y con ello, un incremento en la eficiencia productiva (Muñoz y Vellojin, 2002).

Por lo tanto, desde la década de los noventa, en países desarrollados, el 95% de los huevos producidos, provienen de sistemas en jaulas (Gómez y Castañeda, 2010). En Colombia, también se sigue esta tendencia, pues la producción avícola está orientada principalmente al uso de modelos intensivos, al incremento en la productividad y a la satisfacción de una demanda creciente de alimentos, para consumo humano; con una producción de huevo de 728,555 toneladas y un consumo *per cápita* de 266 unidades/año, el cual ha incrementado gradualmente en los últimos 13 años (FENAVI, 2016).

Sin embargo, estas producciones son actualmente cuestionadas, debido a la creciente sensibilización hacia el bienestar de los animales, pues no permiten que las aves puedan expresar su comportamiento de forma más natural y promueven el uso intensivo de medicamentos para controlar las enfermedades originadas a partir de las altas densidades de alojamiento (No. de aves /m²), además requieren de grandes inversiones, lo que limita la participación de pequeños y medianos productores (Donaldson y O'Connell, 2012), por lo tanto la legislación europea, en la directiva 1999/74, en las que se establece las normas mínimas para la protección de las gallinas ponedoras, prohíbe el uso de cría en jaulas a partir del 1 de enero de 2012 en la Unión Europea (CE, 1999).

Por esta razón, la tendencia actual de las producciones avícolas apunta a la búsqueda de modelos de explotación alternativos, ya que promueven el bienestar de las gallinas ponedoras, al proveer un ambiente más natural en el que las aves pueden expresar su comportamiento exploratorio (pastorear y escavar), con acceso al consumo de forrajes y pequeños animales (Knierim, 2006). Adicionalmente, presentan una menor dependencia de tecnologías y grandes infraestructuras, haciendo que su implementación sea más viable entre los pequeños y medianos productores (Castellini, *et al.*, 2002(a)).

Además del aumento del ingreso *per cápita* y de la concientización de los consumidores, fomentada por los medios de comunicación, hacia la búsqueda de alimentos más saludables y/o funcionales y un creciente interés por las características, calidad y procedencia de los productos de origen animal consumidos habitualmente (Banco Mundial, 2008), evidencian el potencial de desarrollo de los sistemas de producción de huevo de gallinas criadas en pastoreo, como una alternativa viable para satisfacer las actuales exigencias de los consumidores, además de ser más amigables con el ambiente y ofrecer un mayor bienestar en las aves (Barrantes, *et al.*, 2006).

Por lo tanto, el mercado actual espera obtener alimentos originarios de producciones alternativas con un valor agregado, en cuanto a su calidad, pues al tener mayor disponibilidad de forrajes, las aves de este sistema asimilan valiosos nutrientes que influyen en ciertas características de calidad de huevo (Zemková, *et al.*, 2007). Es decir, que la avicultura alternativa puede abrir nuevas puertas de comercialización al generar un producto con valor agregado, permitiendo el ingreso a un mercado poco explorado, que en los últimos años ha tomado fuerza en todo el mundo, incentivando así a pequeños productores para que emprendan este sistema (Castellini, *et al.*, 2002(a)).

La superficie mundial dedicada a la producción orgánica supera los 24 millones de hectáreas, de las cuales el 24,2% se encuentra en América Latina. Colombia cuenta con un área dedicada a la producción agropecuaria ecológica de 33.000 hectáreas, de las cuales 0,03 se encuentran destinadas a la obtención de huevos. Esta producción se caracteriza por la participación de pequeños y medianos productores, los cuales, presentan muchas dificultades para incursionar en el mercado de productos ecológicos, debido a la poca diferenciación de sus productos con respecto a los convencionales, por lo que no reciben un sobreprecio, ya que en Colombia han sido poco estudiados tales sistemas de producción, desconociéndose el posible efecto de los mismos en el bienestar animal y la calidad final de los productos generados y sus ventajas comparativas frente a los obtenidos bajo sistemas de producción convencionales, por lo tanto aun no existen reglamentaciones, que controlen la comercialización de estos. Sin embargo, mundialmente se han desarrollado estudios que buscan la diferenciación en la calidad de huevo y bienestar animal según el sistema de producción, lo que ha promovido estrategias para que los productos cuenten con una diferenciación en los canales de comercialización, con el fin de garantizar al consumidor la calidad del producto, pero esta información se encuentra dispersa y es de poco acceso a los productores nacionales en sus procesos de toma de decisiones (Martínez y Espinosa, 2005).

Por ello, la presente investigación tiene como objetivo recopilar y resumir las experiencias consignadas en artículos y documentos científicos, donde se han evaluado los dos sistemas de producción, permitiendo dar aportes al conocimiento sobre la influencia del modelo de producción en la calidad del huevo y el bienestar de gallinas de postura. Con ello también se aportarán conocimientos sobre la caracterización del producto generado bajo sistemas alternativos, en cuanto a calidad nutricional y el reconocimiento de un posible valor agregado en el mismo. Estos elementos teóricos podrán ser usados como herramienta para incentivar una estructuración jurídica más específica en la comercialización de este tipo de productos, y así podría llegar a beneficiar tanto al consumidor; garantizando la calidad, como al productor quien recibirá un sobreprecio.

Por último, Colombia es un país con grandes extensiones de zonas verdes, de las cuales 43,1 millones de hectáreas están dedicadas a la producción agrícola y pecuaria (DANE, 2014). Esto demuestra el potencial nacional para el desarrollo de las producciones en pastoreo, por lo tanto, es importante evidenciar los beneficios que proporcionan estos sistemas, incentivando indirectamente a pequeños productores para que generen un producto diferenciado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer la actualidad de los modelos de producción de gallinas de postura (pastoreo e intensivo) y su relación con la calidad de huevo y bienestar animal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las características generales de cada uno de los sistemas de producción de huevo.
2. Compilar y analizar investigaciones en las que se comparan los dos sistemas de producción (pastoreo e intensivo) para estudiar su influencia en la calidad de huevo, en parámetros como: Peso del huevo, albumen, color de la yema, grosor de la cáscara, contenido de colesterol, proteína y minerales
3. Analizar los factores que influyen en la calidad de huevo y en el bienestar de las gallinas de postura.
4. Resumir los avances en cuanto a evaluación de parámetros de bienestar animal en gallinas de postura sometidas a dos modelos de producción (pastoreo e intensivo).

DISEÑO METODOLÓGICO

La presente monografía se realizó por medio de la búsqueda de información en fuentes secundarias de documentos que permiten avanzar en el conocimiento de: Tipos de sistemas de producción de huevo existentes, características de cada modelo de producción, factores que afectan la calidad de huevo y la influencia del sistema de producción en este, además concepto y evaluación del bienestar de gallinas de postura.

Los criterios para filtrar esta información fueron los siguientes:

Tipo de documento: Artículos científicos en revistas indexadas, libros publicados con ISBN, boletines técnicos de Instituciones de Investigación Reconocidas, Memorias de eventos nacionales e internacionales con ISBN, Trabajos de grado de pregrado y posgrado

Periodo de publicación: Año 2000 a la fecha

Medio de publicación: En físico (presentes en bibliotecas de la Universidad de Cundinamarca, y del Sistema Nacional de Bibliotecas), y virtuales en páginas web de Revistas indexadas, repositorios institucionales y bases de datos como: Scopus, science direct, Realdyc, Scielo, entre otras.

Una vez filtrada la información, se procedió a redactar el trabajo monográfico, organizando los capítulos y subcapítulos de manera que puedan mostrar de forma clara, concreta y coherente el estado del arte actual en los temas objeto de esta investigación.

Como herramienta para facilitar la consulta de la información más relevante encontrada, se realizó una base de datos en Excel, lo que permitió acceder más fácilmente a los avances científicos encontrados en la revisión, mediante la estructura de la siguiente tabla, que se empleó solo como guía en la elaboración del proyecto.

Tipo de documento	Año	País	Autores	Título	Tema principal	Tema secundario	Resumen de metodología	Resumen de resultado y conclusiones

1. PRODUCCIÓN AVÍCOLA (GALLINA DE POSTURA)

- **Mundial:**

Entre la diversidad de aves existentes alrededor del mundo, la gallina doméstica se destaca por ser una de las especies con mayor valor para el hombre, debido a su capacidad de suministrar dos alimentos de gran importancia: la carne y el huevo; en la actualidad, las razas existentes son resultado de una diversidad genética, por lo que es difícil establecer completamente su genealogía, además, fueron extraídas de su entorno natural, es decir que ya no pueden cuidar de sí mismas y los humanos son los encargados de asegurar su subsistencia (Wolf, 2001).

El cambio drástico, en el comportamiento y manejo de las gallinas, ocurrió en periodos de tiempo donde la avicultura enfocó su rumbo hacia una producción próspera, la cual inicio en la India, cuna de la gallina salvaje, donde se dio origen a su domesticación, sin embargo fue en Egipto donde se evidencio las primeras intenciones por la búsqueda de una producción intensiva, pues estos pueblos observaron que a través de la fuerza de los rayos solares y el calor de la tierra, podían incubar el huevo y hacer nacer el polluelo, fenómeno natural que fue reproducido y convertido en una industria lucrativa. Desde allí filósofos como Aristóteles promovieron la observación de esta especie, determinando características que más adelante tendrían mayor relevancia para empezar una explotación rentable (Rivera, 2003).

Posteriormente, Catón, en el año 234 a.C, retoma el estudio de la avicultura, relatando capítulos sobre el engorde de gallinas y gansos, a base de una alimentación con harinas que no fueran desperdiciadas por los humanos, acompañado de la restricción de movimiento en las aves (Conso, 2000).

Después de esto, Marco Terencio, publica 3 libros sobre la clasificación de las gallinas, observando sus rasgos y comportamientos, indagando sobre su productividad y utilidad para los humanos, dando inicio al mejoramiento genético de la especie, de acuerdo a las características fenotípicas y productivas que observaban, como el color de sus crestas, el tamaño de sus patas, pechuga, alas, y aspectos como la puesta de huevos (Rivera, 2003).

Ya para 1844 en España se escribe un tratado sobre la cría de aves de corral, describiendo aspectos zootécnicos, económicos y patológicos que se pudiesen observar tanto en gallinas como patos, palomas y otras que conforman el grupo de las aves domésticas (Rivera, 2003).

Finalmente todos estos avances permitieron el progreso de una actividad muy reciente que alcanza alto grado de tecnificación, y con ello una mejora significativa en la eficiencia productiva, la cual continuará cambiando y evolucionando, en respuesta a una demanda creciente de alimento (Neumann, 2001).

En la actualidad, la producción de huevos se encuentra enfocada en sistemas intensivos, como la producción en jaulas que les ha permitido obtener una mayor productividad, huevos más limpios, bajo riesgo de enfermedades, la separación de las gallinas de sus excrementos y un fácil control de las aves (Şekeroğlu, *et al.*, 2008), por lo tanto, en el mundo el 75% de las gallinas ponedoras se encuentran enjauladas, y en Estados Unidos, el 95% de las aproximadamente 300 millones de aves ponedoras, son confinadas en jaulas de alambre convencionales (Tactacan, *et al.*, 2009).

Además, existen cerca de 17.000 millones de gallinas de puesta, en todos los modelos de crianza, con una producción de 70 millones de toneladas de huevos anuales o más de 7 mil millones de unidades de huevos/año, destinados al consumo humano, encabezada por Asia con casi 7.500 millones de gallinas para puesta, seguida por Europa y por Estados Unidos. Sudamérica tiene tan solo el 6% de la producción mundial con 250 millones de ponedoras lo que la sitúa por encima de África (3,7%) y Oceanía (0,5%) (Pipicano, 2015).

Desde los años 60`s la producción avícola mundial ha evidenciado un crecimiento constante y rápido, pues el consumo *per cápita* mundial de huevos de gallina para el 2015 fue de 9 kg y se proyecta en el 2040 de 11 kg *per cápita*, por consiguiente se ha observado un incremento anual del 2% en la producción de huevo, pasando de 51 millones a 65 millones de toneladas entre el 2000 y 2012 (Aho, 2013).

El subsector avícola del huevo, en la última década ha marcado un ritmo de crecimiento promedio de 4,2% superando el crecimiento de la población en dos puntos, en este escenario, las empresas líderes han optado por incorporarse a mercados extranjeros o extrapolar sus productos buscando la apertura de nuevos negocios, lo cual expande el alcance de esta cadena productiva, beneficiando no solo a los productores, sino a la población en general, ya que a mayor escala productiva, se requiere una cantidad más amplia de trabajadores (Yepes, 2007; FENAVI, 2015).

Alrededor de 70% de la producción mundial está concentrada en 10 países, el continente que lidera la producción de huevo es Asia con 38 millones de toneladas, seguido por América con 13 millones de toneladas (Tabla 1); para el mercado total, China cuenta con el 36,9% de participación en el mercado de producción de huevo, seguido por Estados Unidos con un 8,2% (Pipicano, 2015).

Tabla 1. Producción mundial de huevo (Millones de toneladas)

Región	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2012
África	1,9	2,2	2,4	2,5	2,6	2,6	2,8	2,9
América	10,4	11,7	12,3	12,3	12,5	12,6	12,8	13,1
Asia	29,0	32,6	33,0	34,5	36,2	37,2	37,4	38,1
Europa	9,5	9,9	10,1	10,0	10,2	10,3	10,5	10,6
Oceanía	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
Total	51	56,6	57,9	59,6	61,8	62,8	63,8	65

Fuente: (Pipicano, 2015).

- **Colombia:**

Las gallinas, gallos y patos se introducen por primera vez a Colombia en el siglo IX, llegando como parte del inventario de los colonizadores, quienes lo utilizaban para autoconsumo; a partir de esta época los indígenas inician pequeñas crianzas, observándolo como una actividad económica impulsada por su fácil manejo, empleando las aves como alimento y medio de trueque para obtener otros productos, con lo cual se dio inicio a la avicultura en Colombia (Londoño, 2002).

Esta etapa se extendió hasta los años 30, donde se empieza a tecnificar la avicultura con fines comerciales, y no ser vista solo como sustento, impulsada por el incremento poblacional en las ciudades, lo que permite la formación de nuevos mercados y una mayor demanda de proteína animal. Por lo tanto en los últimos años la avicultura paso de ser una explotación de pequeñas granjas con un bajo número de aves, a una actividad importante de gran eficiencia mediante la tecnificación de la producción intensiva en el que se maneja una alta densidad animal, además la automatización de algunas tareas, la rutina de trabajo y mano de obra, requirieron menos personal para producir más kilogramos de huevos o carne (Lesur, 2003).

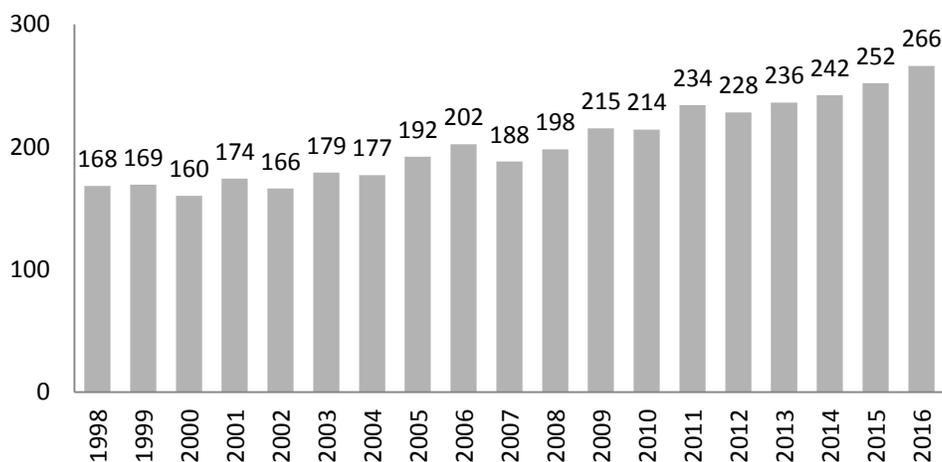
El pastoreo y semi-confinamiento fueron desplazados, siendo utilizados en su mayor parte por pequeños y medianos productores que empezaban a ver reducida su participación en el mercado, por el contrario, los grandes productores o aquellos con un poder adquisitivo alto tomaron el confinamiento como el nuevo sistema de producción que motivaría a un crecimiento en masa de la avicultura, con este sistema se promovería la construcción de galpones que le brindarían confort a las aves, además de incrementar la productividad de estas (Aguilera, 2014).

Desde los años 60's y 80's se generan avances, a partir de la experiencia continua de los pequeños productores, que lentamente fueron creciendo y mejorando sus producciones, por lo que surgen los primeros avicultores profesionales, los cuales formalizan empresas, mejoran las condiciones sanitarias por medio de planes de vacunación y crean normas para la bioseguridad de las granjas, fortaleciendo todos los procesos de la cadena productiva, además obliga a crear asociaciones en todo el país, permitiendo conformar entidades gremiales que contribuyen a los intereses de los avicultores, las cuales se unen en el año de 1983 creando FENAVI (Federación Nacional de Avicultores de Colombia), que beneficia la economía colombiana con la creación de nuevas fuentes de empleo (Londoño, 2002).

La tecnificación del sector avícola fue creciendo haciéndose cada vez más eficiente, aumentando ganancias de peso, disminuyendo la conversión y mejorando todos los factores productivos, gracias, al trabajo en equipo, que permitió avances genéticos, con la formación de líneas comerciales mucho más eficientes, además de mejoras en parámetros de alimentación, sanidad, y transformación del producto, mejorando su calidad, con el continuo desarrollo en toda la cadena productiva, consolidando a la avicultura como uno de los sectores económicos más importantes entre las producciones agropecuarias (Aguilera, 2014).

Actualmente, la producción avícola en Colombia está orientada principalmente al uso de modelos intensivos, al incremento en la productividad y a la satisfacción de una demanda creciente de alimentos, para consumo humano; con una producción de huevo reportada para el 2015 de 728,555 toneladas y un consumo *per cápita* que ha aumentado, pasando de 116 huevos en los años 90's a 266 huevos en el 2016, como se observa en el Gráfico 1, debido al aumento de la población, el mayor ingreso *per cápita* de los colombianos, el conocimiento sobre su valor nutritivo y su menor costo al ser comparado con otros recursos alimenticios, lo que ha convertido al huevo en uno de los alimentos preferidos de las mesas colombianas, demostrando el incremento positivo de la producción de este alimento, situándolo de manera representativa, como una de las principales fuentes de proteína animal (FENAVI, 2016).

Gráfico 1. Consumo *per cápita* de huevo en Colombia



Fuente: (FENAVI, 2016).

Colombia ocupa el puesto 28 en la producción mundial de huevo con una participación del 0,6%; en Latinoamérica se encuentra en tercer lugar detrás de México y Brasil, sin embargo la producción de huevo en los últimos cinco años ha crecido considerablemente, mientras en el año 2006 se obtuvieron 525 mil toneladas de huevos, en el 2010 llegó a 585 mil, alcanzando un crecimiento del 11,4%, con una producción dispersa entre un gran número de productores, con escalas que van desde 500 hasta más de 500.000 ponedoras, los cuales se distribuyen en: Región central: Cundinamarca, Tolima, Huila y Meta 35,8%, Santander, 24,7%, Valle, 21,5%, Costa Atlántica, 5,1%, Antioquia, 9,3%, Eje Cafetero, 4,3% y Oriental 1,9% (González y Arévalo, 2013).

Además, la avicultura, se ha convertido en uno de los sectores con mayor relevancia en la economía nacional, participando en un 2,8% en el PIB nacional, un 11,51% en el PIB del sector agrario y finalmente un 26,37% en el PIB pecuario, permitiendo que la demanda nacional sea abastecida, y que su precio sea más barato al ser comparado con las otras fuentes de proteína animal (Rivera, 2003).

En Colombia, existen 2.996 granjas avícolas de tipo industrial, clasificadas bajo los lineamientos exigidos por el gobierno, 1870 granjas con 9.441 galpones destinadas al pollo de engorde; 961 granjas con 17.410 galpones para la producción de huevo y finalmente 165 granjas de reproductoras con más de 3.000 galpones, estas cubren cerca de 25 millones de metros cuadrados, incluyendo bodegas y sitios de almacenamiento (Rivera, 2003), gracias a esto se ha podido estimar que más de 250 mil personas en 300 municipios, derivan su sustento de la cadena avícola, reconociéndola como un sector importante en Colombia (Bohórquez, 2014).

1.1. Comercialización de los productos avícolas (huevos)

Los sistemas intensivos caracterizados por su alta carga animal por m², tienen como principal objetivo la eficiencia y productividad del espacio y los animales, gracias a ello, los productos obtenidos bajo este sistema son más económicos que los provenientes de un sistema alternativo, por lo tanto son más asequibles y más consumidos mundialmente, además, estos cuentan con algunas ventajas como: menor porcentaje de huevo sucio, bajo riesgo de enfermedades, fácil control de los animales y en el caso del sistema en jaula separación de las gallinas de sus excrementos (Şekeroğlu, *et al.*, 2008).

Sin embargo, la evolución de la gallina ponedora no solo se centra en los avances técnicos, también se han orientado nuevas políticas dirigidas a la preocupación por el ambiente y el respeto hacia los seres vivos, esto ha sido un factor determinante para la creación y comparación con otros sistemas productivos, de esta forma se evalúa el rumbo que debe tener la avicultura, orientando así sus prácticas de manejo a la búsqueda de satisfacer las nuevas exigencias del mercado (Buxade, 2000).

Las producciones intensivas por si mismas no suplen la demanda del producto huevo, es por ello, que recientemente, las producciones alternativas han ingresado de manera paulatina al mercado, promovidas por los nuevos hábitos de consumo, ya que la preocupación por las condiciones bajo las cuales son sometidas las aves, hacen que el huevo proveniente de producción en pastoreo sea preferido por aquellos consumidores preocupados por el bienestar de los animales (Buxade, 2000; García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

En la actualidad, en países como Reino Unido y Dinamarca, la concientización de los consumidores ha originado que cerca del 10 al 20% de los huevos consumidos provengan de los sistemas alternativos (Tactacan, *et al.*, 2009), impulsado a la vez por el incremento del poder adquisitivo de los consumidores, que va acompañado de una preocupación por la calidad del producto del que se alimentan, ya que estos productos pueden costar el doble al compararse con uno proveniente del sistema intensivo (Rodríguez y Monson, 2002; García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Es por ello que los huevos provenientes de sistemas alternativos, se encuentran en su mayor parte en mercados especializados, para consumidores con un poder adquisitivo alto, ocasionando, que la calidad de los huevos de estos sistemas sea mucho más exigente, al ser un producto que ofrece

características especiales, como la seguridad y el confort de las aves (Muñoz y Vellojin, 2002; Knierim, 2006; Yepes, 2007).

Por lo tanto, para garantizar la procedencia del huevo, países como Inglaterra, manejan estrategias en la comercialización, mediante la legislación del Boletín Oficial Del Estado, España 226/2008 del 15 de febrero, en el que se estableció que los huevos que fueran destinados al consumo humano deberían estar etiquetados de acuerdo a su origen productivo, formado por un dígito que lo diferencie (orgánico = 0, aire libre = 1, suelo = 2, jaula = 3), seguido con las dos primeras letras del país de origen, el código de la explotación y el municipio donde pertenece la granja (BOE, 2008; Hidalgo, *et. al.*, 2008), además de esto, la legislación de la comisión europea, ha determinado que en las producciones intensivas o convencionales las aves deben contar con nidos, perchas y un material orgánico o inorgánico con el que las gallinas puedan realizar conductas como el baño de polvo, con el fin de mejorar aspectos comportamentales y con ello bienestar animal (Knierim, 2006).

Finalmente, en Colombia el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, regula a los productores mediante la Resolución 0187 de 2006, que los obliga a certificar las gallinas de postura de producciones alternativas, ya que estos productos diferenciados deben contar con una certificación de origen, sin embargo, el desconocimiento sobre la influencia del sistema productivo en la calidad del huevo, ocasionando que su diferenciación no tenga un lineamiento estricto, y exista desigualdad entre los productores en los canales de comercialización (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

2. GALLINA PONEDORA

2.1. Generalidades

La gallina doméstica proviene de la especie *Gallus gallus*, son vertebrados omnívoros de sangre caliente, se caracterizan por tener el cuerpo recubierto de plumas, extremidades anteriores modificadas como alas y un pico sin dientes; son animales homeotermos, es decir que mantienen su temperatura independiente a la del entorno, pues tienen la capacidad de generar calor en ambientes fríos y cederlo en temperaturas altas y al no tener glándulas sudoríparas, lo realizan empleando diferentes mecanismos como: Conducción, convección, radiación y evaporación, tratando de mantener un confort térmico que en gallinas adultas varía de 12 a 24°C en el que tienen un comportamiento normal y no se afecta su producción. Son animales cautelosos, tímidos y se reproducen mediante huevos, característica que ha sido aprovechada para la nutrición de los seres humanos (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009), estableciéndose como un alimento básico considerado de importancia por la calidad biológica de su proteína, además del aporte de vitamina D y B12 (González y Arévalo, 2013).

En la obtención de huevo comercial se emplean líneas de gallinas ponedoras de tamaño relativamente pequeño que ponen un número elevado de huevos con cascarón resistente (Gómez y Castañeda, 2010), gracias al desarrollo genético que en las aves ha permitido incrementar su tasa productiva, igualmente deben tener un esqueleto con un buen desarrollo óseo y muscular, deben ser delgadas y no tener exceso de grasa (Mantilla y Mejía, 2014).

2.2. Líneas genéticas

Para la obtención de huevo comercial, la avicultura moderna emplea líneas mejoradas, los cuales son resultado de cruzamientos programados buscando vigor híbrido entre razas homocigotas conformadas mediante la selección de tipos raciales con visión de exhibición (Plymouth Rock, Rhode Island, Orpington, Faverolles, Leghorn, New Hampshire, monarca negra y Sussex). La creación de líneas comerciales busca resaltar características de importancia económica, mejorando el rendimiento productivo, la puesta anual de huevos, el tamaño de este y la conversión alimenticia. El progreso en el mejoramiento genético de las gallinas ponedoras ha permitido una producción de 260 huevos/gallina/año, que consumen en promedio 120 gr de alimento/día para producir un huevo de 60 gr, es decir que las líneas para huevo además de producir animales con baja mortalidad, buscan una producción alta en la postura, una menor alimentación por docena de huevos, un mayor peso en los mismos y una característica óptima de la cáscara, con el fin de hacer del sector avícola una producción rentable (Neumann, 2001; Lesur, 2003; Valencia, 2011).

Como producto del desarrollo genético en el área de producción de huevos para consumo humano surgieron nuevos tipos raciales, que posibilitaron la conformación y evolución hacia líneas

comerciales (Valencia, 2011), clasificadas de acuerdo al destino: Las gallinas semipesadas, caracterizadas por tener generalmente plumaje color café o negro, son productoras de huevo de cascara café (Isa Brown, Hy line Brown, Lohmann Brown) y las gallinas livianas, que ponen huevos de cáscara blanca, con un plumaje de este color (Hy line w36, Lohmann blanca) (Ochoa, 2001).

Las líneas semipesadas son un 30 a 50% más grandes que las livianas, por lo tanto las primeras tienen mayores costos en la alimentación, lo que se refleja en un costo elevado en la producción de huevo y un mayor tamaño de este, además de una resistencia de húmero mayor en comparación con la línea productora de huevo de cáscara blanca, en cuanto a parámetros de producción de huevo las líneas manejan valores similares, los parámetros productivos de las dos líneas comerciales se observan en la Tabla 2. (Lichovníková y Zeman, 2008; Gómez y Castañeda, 2010), sin embargo desde 1984, la evolución genética de la gallina ha orientado a la búsqueda de huevo color marrón, por su preferencia entre los consumidores al tener una conexión con los huevos camperos y la calidad interna de este producto (Buxade, 2000).

Tabla 2. Índices productivos de dos líneas de gallina ponedora (livianas y semipesadas)

Parámetro	Gallina Liviana	Gallina Semipesada
Peso a las 21 semanas	1,35 kg	1,65 kg
Peso a las 70 semanas	1,60 kg	2,20 kg
Producción de huevo anual	284	280
Peso medio del huevo	60,5 g	63 g
Consumo de pienso:		
Hasta las 21 semanas	7 kg	8 kg
Durante la puesta	40 kg	45 kg
Consumo medio diario	115 g	125 g

Fuente: (Mantilla y Mejía, 2014).

Mundialmente las líneas comerciales dominan la distribución de gallinas ponedoras con 19 de las 67 razas usadas principalmente, la mayoría provienen de cruces de razas como White Leghorn, Plymouth Rock, New Hampshire y White Cornish (Pipicano, 2015) y la principal raza utilizada para la producción de huevo es la Leghorn de origen Europeo, con presencia en 51 países, seguida por la Sussex, además de las líneas Lohmann, Hy Line y Shaver (DANE, 2013).

Para el sistema en pastoreo se recomienda emplear aves de líneas semipesadas por presentar una mejor adaptación, ser más dóciles y rústicas, pues las líneas livianas posee un temperamento más nervioso, que dificultan su manejo (Ochoa, 2001), por lo tanto en este sistema se maneja un 87% de líneas semi pesadas, siendo la Isa Brown la más empleada, ocupando el 75% del total de las aves, seguida por la Hy- line (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

En Colombia, durante los últimos años se ha evidenciado una preferencia por la producción de huevo marrón en un 67%, en los diferentes modelos de crianza, debido a la preferencia de los consumidores por este producto (González y Arévalo, 2013), ya que de las 42.737.341 aves encasetadas, 39.381.898, es decir el 92% corresponden al uso de líneas semipesadas, de las cuales el 33.5% de la población total de ponedoras pertenecen a la hy- line Brown y 3.355.443, es decir 8% corresponde a líneas productoras de huevo blanco (DANE, 2013).

2.3. Etapas productivas

Para que el potencial genético de las aves sea alcanzado, se deben garantizar adecuadas prácticas de manejo, desde el transporte de las aves a la granja, su crianza durante las primeras 17 semanas de vida, hasta la finalización de la postura, ofreciendo calidad y cantidad de alimento y de agua, bioseguridad, entre otras (Martínez, 2006).

El ciclo vital de las gallinas ponedoras, comprende el periodo entre el nacimiento, cría, levante y el final del periodo de postura (Gómez y Castañeda, 2010):

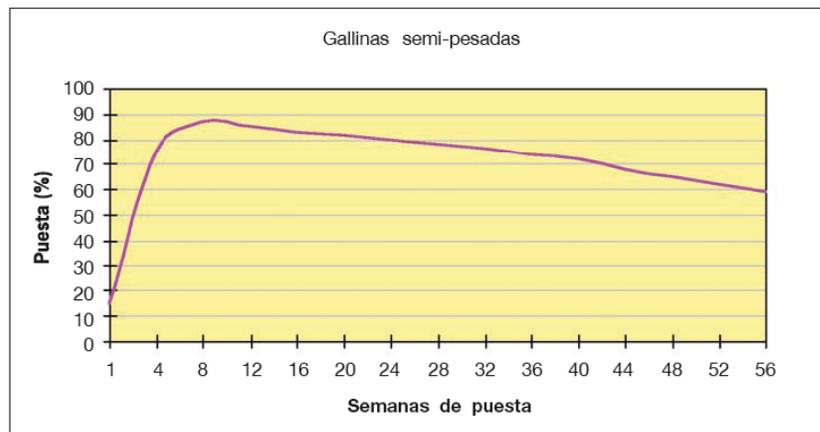
- La etapa de cría, va desde su nacimiento hasta la octava semana, en esta etapa se deben mantener condiciones especiales que garanticen el óptimo desarrollo de la pollita, como la correcta ventilación, humedad la cual no debe ser superior del 60% y una temperatura de 30°C, brindarán un bienestar que ayudara al crecimiento del ave (Conso, 2000; Mantilla y Mejía, 2014).
- La etapa de desarrollo o pre postura: Comprende desde la novena semana, hasta la semana 18, en esta se busca que las aves finalicen con un peso promedio de 1,5 kg, reflejado en un esqueleto fuerte, buena masa muscular y evitando el exceso de grasa en el aparato reproductor lo que podría ocasionar un menor desempeño de las aves, es decir que estas condiciones corporales garantizaran una duradera y buena producción de huevo, asegurando un proceso productivo eficiente; la finalización de este periodo coincide con la madurez sexual, que se determina en la primera postura, por ello se debe acostumbrar a las aves a la presencia de los nidos, ya que con ellos transcurrirá todo su periodo productivo (Conso, 2000).

Durante las primeras 12 semanas de vida se conforma la estructura esquelética y el aparato reproductor, por lo tanto es importante evitar las alteraciones que puedan ocurrir, ya que tendrían consecuencias en las características funcionales de los órganos sexuales, y con ello en la producción de huevo; pasada las 12 semanas se obtiene un desarrollo corporal que permite el inicio de la actividad ovárica (Buxade, 2000).

- Etapa de postura: Al brindarle al ave condiciones favorables de alimentación, agua, sanidad y manejo durante su desarrollo en las etapas anteriores, se tendrá como resultado una

excelente postura, es decir una mayor persistencia en nivel máximo de producción y eficiencia en el consumo de alimento, en la Gráfico 2. Se observa la curva ideal de puesta para gallinas de raza semipesadas. La etapa de postura inicia a partir de las 18 semanas de vida, donde comienza el ciclo productivo del ave, en esta se busca que el consumo de alimento satisfaga las funciones básicas de mantenimiento, conservando una condición corporal estable, las gallinas tienen tiempo productivo de 12 a 14 meses, hasta las 70 semanas de edad (Conso, 2000; Mantilla y Mejía, 2014). Pasadas las 17 meses de vida se puede realizar el proceso de muda forzada, con la que se busca prolongar la actividad productiva de la gallina, mediante la privación de alimento, ocasionando la pérdida de peso corporal, se interrumpe la producción de huevos, se renueva el plumaje y se regenera la funcionalidad del aparato reproductor, sin embargo esta práctica ha sido cuestionada y prohibida en muchos países, al provocar un estrés considerable, comprometiendo el bienestar de las aves (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Gráfico 2. Curva ideal de puesta para gallinas de líneas semipesadas



Fuente: (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Para las diferentes etapas de desarrollo, a las aves se les ofrece un alojamiento diferente, dependiendo del enfoque que maneje la producción, el sistema de crianza en piso, es propicia para las etapas de cría, levante y postura, el alojamiento en jaula, para la etapa de postura y el sistema en pastoreo, para la etapa de levante y postura (Gómez y Castañeda, 2010), pues se recomienda adquirir las aves a las 14 semanas de edad, garantizando que su plan vacunal este completo (Ochoa, 2001; García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

2.4. Requerimientos nutricionales

Las gallinas ponedoras para realizar sus funciones de mantenimiento, crecimiento y producción, requieren de nutrientes y agua obtenidos a partir de los alimentos (García, Berrocal, Moreno y

Ferrón, 2009). Por ello el objetivo de la alimentación animal, es determinar la combinación eficiente de ingredientes para formar raciones que permitan conseguir el máximo rendimiento productivo, dependiendo del objetivo de la explotación, como un mayor número de huevos, mayor tamaño de estos y calidad de cáscara, con el valor más bajo, ya que la alimentación constituye el 80% de los costos de producción (Mantilla y Mejía, 2014; Pipicano, 2015).

Además, la formulación de raciones busca un adecuado funcionamiento fisiológico del ave, con el fin de que pueda realizar sus funciones básicas, para ello se debe considerar los principales nutrientes que son energía, proteína, ácidos grasos, minerales y vitaminas, las necesidades de estos en las aves que varían según el peso, el nivel de actividad, el estado fisiológico, el nivel de producción (crecimiento y puesta) y las condiciones ambientales y a partir de ello se calcula el nivel de inclusión de los alimentos en la ración, según los nutrientes que cada uno aporta, su balance adecuado, la presencia de sustancias anti nutricionales y su costo (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Las gallinas son animales monogástricos y omnívoros, que consumen semillas, granos, insectos y plantas. Su proceso digestivo en el que se busca digerir los alimentos, para transformarlos en sustancias asimilables tiene una duración de 12 a 14 horas. El sistema digestivo inicia con el pico, donde el alimento es tragado entero, pues las aves carecen de dientes y es humedecido y empujado hacia atrás con ayuda de la lengua, para pasar posteriormente por el esófago, en el que se presenta un ensanchamiento denominado buche, que cumple la función de almacenamiento del alimento, después se encuentra el estómago dividido en dos secciones, el primero o proventrículo, que corresponde a la parte glandular, donde existe acción de enzimas gástricas, dando inicio a la digestión de los alimentos ingeridos y después se encuentra la segunda sección o molleja, la parte muscular, en la que se tritura y mezcla el alimento, para que pase al intestino, que se divide en tres segmentos (duodeno, yeyuno e íleon), en el primero se forma un asa donde se ubica exteriormente el páncreas, el cual, con ayuda del hígado vierten enzimas que intervienen en la digestión de los alimentos, y en los otros dos segmentos del intestino se produce la asimilación de sustancias presentes en este, finalmente se encuentra un intestino grueso que presenta dos ciegos bien desarrollados, que permiten la fermentación bacteriana, y la producción de vitaminas, los desechos del proceso digestivo pasan al colon y se eliminan por la cloaca (Barrientos, 2003; García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Los requerimientos nutricionales de las aves varían según la etapa en la que se encuentran, ya que en cada una existen diferencias notables en el desarrollo fisiológico y se busca preparar correctamente la futura gallina de puesta, con un balance de nutrientes que le permitan al ave alcanzar el peso objetivo y la madurez sexual (Galeano, 2014). En la primera etapa, hasta la semana 10 se da el desarrollo de las vellosidades intestinales, por lo que su consumo es bajo, es decir que se deben ofrecer piensos de calidad, altos en proteína, debido al crecimiento rápido de las aves en esta etapa y a la formación de las bases para el desarrollo corporal; hasta la semana 16 se da el desarrollo de la molleja y mejora la capacidad de ingestión, por lo que se dan mayor cantidades de fibra y energía y un menor nivel proteico, ya que el crecimiento es más lento; a partir de las 17

semanas de edad, el hígado duplica su tamaño y se da el desarrollo del aparato reproductor, una semana antes de la puesta, las aves aumentan las reservas corporales, especialmente en calcio, respuesta al estrés que ocasionara el periodo productivo, por lo que se ofrece una concentración energética más alta (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009; Mantilla y Mejía, 2014).

En la etapa de postura, el ave debe llegar con el 80% del peso adulto, los requerimientos nutricionales dependen del peso y la producción de huevos, las gallinas especializadas son muy sensibles a los cambios en la alimentación, por lo que deficiencias en energía, proteína y minerales (calcio) tienen un efecto negativo en la postura, para las gallinas criadas en pastoreo se debe considerar un mayor gasto energético por la actividad de desplazamiento (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009), los requerimientos en esta etapa son:

Energía: La grasa, los carbohidratos y proteína les proporcionan a las gallinas ponedoras la energía (Lesur, 2003), en las aves se calcula como energía metabolizable, ya que ellas excretan las heces y la orina en conjunto, como todos los monogástricos consumen el alimento hasta saciar sus necesidades energéticas, que deben ser suficientes para el crecimiento, mantenimiento y producción de huevos, estimando un requerimiento de 2800 kcal /kg, para mantener un nivel de producción correcto en una temperatura de 20°C, estas necesidades varían en función a la temperatura ambiente de 2 kcal por kg de peso vivo en una variación de 1°C (González y Arévalo, 2013; Mantilla y Mejía, 2014).

Los lípidos aportan 2,25 veces más energía que los almidones, los tejidos de las aves se componen principalmente por ácidos grasos insaturados y el ácido graso que debe suministrar en la dieta es el linoleico, que se relaciona con un mayor tamaño del huevo (González y Arévalo, 2013).

Proteína: Esta es el componente principal de los músculos, piel y huevo, contienen 20 aminoácidos, de los cuales 10 son esenciales en la dieta (arginina, metionina, histidina, isoleucina, lisina, fenilalanina, treonina, triptófano, leucina y valina) (González y Arévalo, 2013), a partir de la proteína suministrada las aves obtienen estos aminoácidos esenciales y el N para que puedan sintetizar los no esenciales. Las necesidades proteicas dependen del estado productivo de la ponedora, un déficit de este, provocaría una menor producción de huevo y en exceso la formación de ácido úrico y heces más húmedas, los requerimientos en esta etapa son de 19 g de metionina para satisfacer el crecimiento y la producción, por lo tanto la formulación de piensos balanceados se realiza a partir de este aminoácido, mediante la composición de una proteína ideal (Lesur, 2003; González y Arévalo, 2013; Mantilla y Mejía, 2014).

Fibra: Poco utilizada en aves, ya que se dirige parcialmente en los ciegos por las bacterias, sin embargo su inclusión en niveles moderados se usa para estimular la motilidad intestinal (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Vitaminas: junto con los minerales conforman la parte inorgánica de la ración, estas realizan funciones importantes en el metabolismo celular, las gallinas requieren principalmente B1, B6 y B12, además de la A, D, E y k (Lesur, 2003).

Minerales: Los macrominerales, son los que más se controlan en la alimentación de las aves, estos son: Calcio (Ca), Fósforo (P), Sodio (Na), Potasio (K) y Cloro (Cl). El calcio y el fósforo son los principales minerales que conforman la estructura de los huesos, y aunque la cantidad de fósforo es menor, este interviene en el metabolismo del calcio, además es esencial en el metabolismo energético de las aves (Webster, 2004).

El calcio es el mineral de mayor importancia durante el periodo de postura, ya que interviene en la calcificación de los huesos, es decir su calidad, previene la fragilidad ósea y con ello mejora el bienestar de las aves (Lichovníková y Zeman, 2008), igualmente tiene gran importancia en la formación de la cáscara, por ser el componente principal de esta con un contenido de 2 g, del cual el 90% proviene del alimento y el restante de las reservas en los huesos, es decir que una cantidad importante del esqueleto se deposita diariamente en la cáscara (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009). El suministro de calcio se debe hacer en las horas de la mañana o en el atardecer y su absorción depende del estado fisiológico de la gallina, pues el coeficiente de digestibilidad del calcio mientras se forma la cáscara es de 70% y disminuye a un 30% cuando no, el calcio absorbido en el tracto intestinal se acumula primeramente en el hueso medular y después se libera a la sangre en forma de osteoblastos, en momentos cuando el calcio no está disponible en el tracto digestivo, participa de esta manera en la formación de la cáscara (Webster, 2004; González y Arévalo, 2013). La necesidad de calcio es de 3 a 4 g diarios en esta etapa, con su aporte se busca disminuir la cantidad de huevos que pierdan su valor comercial como los rotos, además su suministro debe incrementarse cuando la gallina aumenta de edad, ya que disminuye el grosor de la cáscara por el aumento en el tamaño del huevo, también en épocas de calor donde se disminuya el consumo de alimento y cuando se aumenta el ritmo respiratorio ocasionando alcalosis y con ello una excreción renal de bicarbonato (Mantilla y Mejía, 2014).

Agua: Constituye el 70% del cuerpo del ave y el 67% del huevo, por lo tanto es el nutriente más importante, se debe suministrar constantemente y de excelente calidad, de lo contrario afectaría negativamente la producción y la salud de las aves, pues podrían sufrir deshidratación, disminuyendo la ingesta de alimento, alterando las funciones fisiológicas, con la privación de agua mayor a 48 horas ocasionaría la interrupción en la producción de huevos. El consumo de agua depende de la temperatura ambiente, de la ingesta de alimento, que generalmente corresponde al doble de su consumo y aumenta con la edad (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009; González y Arévalo, 2013).

Tabla 3. Requerimientos de los principales macronutrientes para gallinas híbridas de puesta en pastoreo para una producción de unos 225 huevos anuales

	Semanas de vida		
	23-32	33-45	46-70
Características de las gallinas y su producción promedio de la etapa			
Peso vivo (kg)	1,73	1,91	1,92
Índice de puesta (%)	66,6	70	55
Peso del huevo (g)	59,2	62,9	64
Ganancia de peso (g/día)	2	0,2	0,1
Consumo diario (g)	108	117	123
Necesidades (Concentración de la MS de la ración)			
E Man (kcal/kg MS)	2.920	2.700	2.500
PB (% de MS del pienso)	20	16	14
Lisina dig. (%)	0,81	0,46	0,34
Metionina dig. (%)	0,37	0,21	0,16
Met.+ Cistina (%)	0,70	0,40	0,30
Treonina dig. (%)	0,56	0,33	0,24
Ca (%)	3,3	3,5	3,7
P (%)	0,6	0,58	0,51

Fuente: (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

3. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Los sistemas de producción se relacionan con el área disponible y los recursos que se tengan para la construcción de las instalaciones, gracias a esto, se conocen diversos tipos de sistemas, siendo los más destacados el sistema intensivo (jaula y piso) y el pastoreo (Rhim, 2013).

La explotación de aves en Colombia, tanto para pollos de engorde como gallinas ponedoras comerciales, emplea principalmente un modelo intensivo, caracterizado por una alta densidad de aves por metro cuadrado, un ambiente controlado y un manejo de la ración de alimento, que les permite un desempeño eficiente. Sin embargo, hay evidencias de que el mejoramiento de las características productivas de las aves, las hace más susceptibles a la incidencia de enfermedades metabólicas, con lo que se reduce las condiciones de bienestar en estas (Webster, 2004; Yepes, 2007).

3.1. Sistemas convencionales

Los sistemas intensivos, son los desarrollados con el propósito comercial e industrial, bajo el cual las aves permanecen en confinamiento durante toda su vida productiva, utilizando el sistema de piso o jaulas, este cuenta en Colombia con un total de 48.545.823 aves en periodo de postura reportado en el mes de enero del 2016 (Ochoa, 2001; FENAVI, 2016). Igualmente, permiten un mayor aprovechamiento del espacio, incrementando la densidad de animales y con ello la producción. Sin embargo, al restringir estas capacidades naturales al ave, se compromete su bienestar, debido al estrés, que afecta el sistema inmune, aumentando las posibilidades de adquirir enfermedades (Tactacan, *et al.*, 2009).

Por lo tanto, en sistemas intensivos se realizan actividades que benefician la sanidad de los animales, ya que al tener un ambiente limpio, son menos propensas a sufrir de contaminación, tanto el animal como el huevo (Gómez y Castañeda, 2010). Para preservar la inocuidad, los trabajadores realizan algunas actividades diarias, entre las que se encuentran, lavado y desinfección de bebederos, suministro de agua fresca, dosis necesaria de alimento, limpieza de nidales, recolección temprana de huevos evitando su contaminación, entre otras; Todo esto se da como un manejo preventivo, buscando que las gallinas estén libres de enfermedades (DANE, 2013).

Los sistemas intensivos, ya sea en jaula o piso, se rigen por diferentes normas, mundialmente se tiene como referencia la directiva 1999/74 CE, la cual establece las normas mínimas de protección de las gallinas ponedoras (CEE, 1999) y en Colombia se desarrollan normatividades por parte del ICA, las cuales se observan en la Tabla 4.

Tabla 4. Marco Legal de producciones avícolas.

Norma	Decreta
Resolución 2896 de 2005	Por la cual se dictan disposiciones sanitarias para la construcción de nuevas granjas avícolas en el territorio nacional.
Resolución 2101 de Julio 27 de 2007	Por la que se reglamentan los programas de seguridad alimentaria con fines comerciales o de autoconsumo, o cualquier programa enfocado hacia la distribución de aves a nivel nacional.
Resolución 3655 de septiembre de 2009	Por la cual se adopta el programa de prevención y vigilancia de la influenza aviar en Colombia.
Resolución 1183 de marzo de 2010	Por la cual se establecen las condiciones de bioseguridad que deben cumplir las granjas avícolas comerciales para su certificación.
Resolución 386 de Febrero 2012	Reglamento técnico para la producción y uso de biológicos autógenos (auto vacunas) con fines veterinarios
Resolución 3651 de Noviembre 2014	Certificación de granjas avícolas bioseguras de postura y/o levante.
Resolución 1515 de marzo de 2015	Por medio de la cual se establecen los requisitos para obtener el Registro Sanitario de Predio Avícola.

Fuente: (ICA, 2015).

3.1.1. Jaula

Sistema utilizado en grandes casas comerciales que les permite la mejor optimización del terreno, estas son construidas de alambre rígido y de forma rectangular, su espacio depende de la cantidad de aves que se vayan a introducir dentro de él, en la actualidad se debe manejar 750 cm² /ave, el principal problema de este tipo de sistema, es la poca libertad de movimiento, dado que por el reducido espacio, las aves no tienen la posibilidad de expresar comportamientos naturales como: estirar sus alas, caminar, picotear, cavar en la tierra, bañarse en polvo, o dormir en lo alto de una percha (Büttow, Cepero y María, 2008). Además, su alta densidad poblacional (No. de aves /m²), eleva el porcentaje de morbilidad y mortalidad del lote, comprometiendo el bienestar de las aves, incrementando la susceptibilidad a los agentes patógenos y favoreciendo un mayor uso de medicamentos, como los antibióticos (Muñoz y Vellojin, 2002).

Las jaulas, pueden ser individuales o colectivas, se encuentran dispuestas en filas o baterías, tienen un piso inclinado lo que permite al huevo rodar a una bandeja colectora, los comederos se ubican

encima de la bandeja y en medio de las jaulas hay pasillos que permiten a los operarios hacer su trabajo con facilidad (Neumann, 2001).

En este sistema, la desinfección de las casetas donde se alojan las aves es más eficiente, además hay un mejor control de las excretas, de la ingestión alimentaria, menor contaminación de los huevos y un mayor control ambiental (temperatura, agua y luz) en comparación con el sistema en pastoreo (Hy-line®, 2007).

Igualmente, este permite obtener un ambiente controlado, donde la temperatura para las aves es la ideal (15-21°C), con lo que el rendimiento de este tipo de alojamiento es superior a otros sistemas, ya que la temperatura es uno de los factores que afecta el consumo de la ración diaria y con ello la producción (FAO, 2013).

En las jaulas las gallinas se encuentran alojadas en pequeños grupos, con restricción en su movimiento, con acceso constante al alimento y agua, que a la vez generan mejor control sanitario sobre los huevos, evitando su contacto directo con las aves y las deyecciones, además de facilitar un mejor desarrollo de las operaciones diarias (Ochoa, 2001; Barroeta, Izquierdo y Pérez, 2010).

3.1.2. Piso

Sistema ampliamente utilizado en Colombia, principalmente con la gallina hy-line Brown debido a su docilidad y facilidad de manejo, este sistema se caracteriza por contar con un galpón donde las aves se encuentran confinadas, el cual, cuenta con un piso de diversos materiales (Viruta, cascarilla, aserrín, entre otros) que permite la absorción de las excretas, enriquecimiento del entorno del ave y la inocuidad del huevo (Gómez y Castañeda, 2010).

Este sistema cuenta con nidos ubicados alrededor que proporcionan a las gallinas un espacio oculto para que realicen la postura cómodamente, además, les permite desarrollar sus patas y músculos de vuelo, tiene un ambiente donde se puede controlar la temperatura, humedad, iluminación y hora de alimentación, sin embargo este sistema presenta altas densidades de alojamiento (8 aves/m²), lo que ocasiona disputas por alimento o territorio, además de que tanto en este sistema como en jaula, las aves deben acostumbrarse al continuo ingreso de personal, ocasionándoles estrés (Singh, *et al.*, 2009; FAO, 2013).

Tabla 5. Ventajas y desventajas de la producción intensiva (piso y jaula).

Ventajas	Desventajas
Mayor aprovechamiento de espacio	Requiere mayor inversión
Más seguridad contra depredadores	Disminuye el bienestar de las aves
Permite especializar la producción	Necesita mayor intervención técnica
Manejo más eficiente	Requiere una buena capacitación y administración
Mayor producción	
Mayor aprovechamiento de alimento	
Mayor bioseguridad	

Fuente: (Ochoa, 2001; Muñoz y Vellojin, 2002; Büttow, Cepero y María, 2008; Montoya, *et al.*, 2012).

3.2. Sistema en Pastoreo

Este sistema de producción permite a las aves el acceso a un espacio abierto, bien drenado, con sombra, pastos y plantas, donde las aves pueden caminar libremente, delimitado por una cerca. Cuentan con un albergue que las protege de las condiciones climáticas adversas y depredadores, en donde se ubican los bebederos, comederos y nidos, y por medio de compuertas se maneja la entrada y salida de las aves a la zona en pastoreo (Ochoa, 2001; Hegelund, *et al.*, 2006). Basados en los tipos de instalaciones para el manejo de las gallinas ponedoras se han propuesto diversos modos de crianza para este sistema como:

Casas Fijas: Constituidas por un gallinero establecido con entrada y salida libre y con una división en diferentes patios cercados, evitando acumulación de heces, patógenos y erosión del área adyacente, se usan con cerca de red móvil para rotación de pastos (Yepes, 2007; Fanático, 2007).

Casas portátiles: Son pequeños corrales o jaulas sin piso, de esta manera se pueden rotar libremente sobre el pasto, también se conocen como “aves - tractor”, se usan para fertilizar y cultivar, son los favoritos de los pequeños productores debido a su bajo costo y flexibilidad (Yepes, 2007).

Campo Diario: Gallinero móvil cercado por una red y cada cierto tiempo se rota las aves, el gallinero y la red (Yepes, 2007).

Sistemas integrados: estos buscan que las aves puedan compartir espacio con cualquier otra producción de la granja ya sean cultivos u otra explotación animal. Algunos programas en pastoreo requieren que por lo menos el 50% de la alimentación de las aves provenga de la misma granja, con el fin de mantener los ciclos de nutrientes dentro de la región. Los sistemas integrados se enfocan en los servicios que las aves proveen, como lo son fertilización, control de insectos y de malezas (Fanático, 2007).

La producción de aves en pastoreo, ha formado parte de las explotaciones tradicionales, sin embargo fue reconocida y regulada por la Comunidad Económica Europea hasta 1999 (Rodríguez y Monson, 2002), busco inicialmente el autoconsumo, posteriormente generar una producción a escala local y por último al mercado, lo que ha promovido la implementación de este sistema en países desarrollados, como una alternativa a la avicultura convencional y un ingreso extra que no requiere de altas inversiones (Yepes, 2007).

Como todas las producciones debe suministrar una alimentación balanceada, calidad en el agua, contar con buenas instalaciones, control sanitario y registros de producción, para garantizar que esta sea rentable y productiva (Ochoa, 2001), además busca incorporar elementos usados tradicionalmente en la explotación de gallina ponedora más cercanos a lo natural, adaptándose a las necesidades de las aves, al permitirles el acceso a un a espacio más amplio para desarrollarse y una zona con libre acceso a luz solar y aire fresco donde pueden expresar sus comportamientos naturales, como pastorear, escarbar, perchar, entre otros (Barnett, 2000; Castellini, *et al.*, 2002a), presentándose como una alternativa a los sistemas convencionales, donde se evita enjaular a las aves, brindándole con el libre desplazamiento mejores condiciones y un mayor bienestar (Gómez y Castañeda, 2008).

El sistema en pastoreo busca principalmente la optimización de recursos internos, el reciclaje de nutrientes, mediante la fijación biológica de nitrógeno y con ello potencializar los procesos naturales benéficos (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009), además, de ser más amigables con el ambiente, proveer un mejor bienestar de las aves, disminución del consumo de alimentos concentrados y la posibilidad de ofrecer al mercado un producto con valor agregado por la disminución en los niveles de estrés de las aves (Galeano, 2014), permitiendo satisfacer las actuales exigencias de los consumidores, en la búsqueda de una dieta más saludable, el consumo de alimentos de alta calidad y el creciente interés por las características y procedencia de los productos con los que se alimentan (Banco Mundial, 2008).

Igualmente, son menos dependientes de tecnologías y grandes infraestructuras inaccesibles para pequeños y medianos productores, por lo tanto implican menores costos de producción, un manejo más sencillo y pocos conocimientos técnicos, además aprovecha eficientemente terrenos, mediante la fertilización de suelo por la deposición no concentrada de excretas y genera un ingreso adicional considerada una alternativa comprometida con el desarrollo rural, viable para países en vía de desarrollo y apoyo a la soberanía alimentaria en estas poblaciones (Muñoz y Vellojin, 2002; Barrantes, *et al.*, 2006; Montoya, *et al.*, 2012).

Sin embargo, la implementación de estos sistemas se encuentra limitado, debido a su alta demanda de espacio (Galeano, 2014), además presenta mayores retos sanitarios, puesto que no se tiene un ambiente controlado, es decir bajos niveles de bioseguridad (Castellini, *et al.*, 2002b), comprometiendo la salud de las aves, por la exposición a un medio ambiente que puede contribuir con la presencia de parásitos, ya que las áreas en pastoreo tienen una complejidad física por ser

lugares difíciles de desinfectar y controlar (Rault, 2013), pues se ha encontrado en los sistemas en pastoreo la prevalencia del nematodo *Ascaridia galli* en un 64% en comparación con un 5% en jaulas convencionales (Kaufmann, Daş, Sohnrey y Gauly, 2011), por lo tanto, el manejo de las zonas en pastoreo es fundamental para garantizar resultados eficientes, mediante la división del terreno en mínimo dos partes, buscando la rotación de los potreros, evitando el excesivo pisoteo y la erosión del suelo, permitiéndole a las aves consumir mejores pasturas y una mejor repartición de las excretas (Ochoa, 2001; (Breitsameter, Gauly y Isselstein, 2014), además las aves criadas al aire libre, tienen huevos más propensos a ser infectados por salmonella en comparación a los huevos provenientes de sistemas en jaula, pues lo huevos pueden perder su calidad entre el periodo de recolección y el consumo, por ello es importante que estos sistemas cuenten con recolecciones continuas y un almacenamiento de los huevos (Şekeroğlu, *et al.*, 2008).

Tabla 6. Ventajas y desventajas del sistema en pastoreo

Ventajas	Desventajas
No requiere de altas inversiones	Mayor incidencia de parásitos
Fácil manejo de la unidad productiva	Menor control de las aves en manejo productivo y sanitario
Actividad complementaria que genera ingresos adicionales	Presencia de depredadores
Permite la integración a otros sistemas agrícolas	Mantenimiento de las zonas en pastoreo de especial cuidado
Permite a las aves mayor espacio para expresar sus comportamientos naturales	
Menor dependencia de tecnología e infraestructura	

Fuente: (Ochoa, 2001; Barrantes, *et al.*, 2006; Hegelund, *et al.*, 2006; Yepes, 2007; Gómez y Castañeda, 2008; Donaldson y O'Connell, 2012).

- **Manejo nutricional**

El sistema en pastoreo busca promover la utilización de pro bióticos, vitaminas naturales y microfauna (Gómez y Castañeda 2008). Sin embargo, para garantizar la rentabilidad en la producción se debe ofrecer a las gallinas alimentos balanceados de calidad, complementada con otras fuentes alimenticias como los recursos presentes en la zona en pastoreo, con el fin de disminuir costos de producción, por ello la importancia de este sistema radica en el manejo del potrero, pues se busca reducir este consumo en un 20 a 30%, sustituyendo con el pastoreo de las aves, empleando en los potreros pastos como: Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), pangola (*Digitaria decumbens*), estrella (*Cynodon plectostachus*), y combinación con leguminosas como: trébol blanco (*Trifolium repens*), trébol rojo (*Trifolium pratense*) y maní forrajero (*Arachis pinto*), además del

consumo de pequeños animales, igualmente se puede suplementar la alimentación de las aves con lombriz californiana o plantas forrajeras entre las que se encuentran: las hojas de ramio (*Boehmeria nivea*), árboles como el mataratón (*Gliricidia sepium*), nacedero (*Trichanthera gigantea*), morera (*Morus sp.*) y leucaena (*Leucaena leucocephala*) (Ochoa, 2001).

Para complementar la nutrición de las aves, en Colombia la fundación CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria), considerada una de las pocas instituciones dedicadas a esta área, identifico las especies forrajeras que se pueden emplear en estos sistemas, para la producción de gallina ponedora, que reúne las condiciones favorables para el desarrollo del ave (Tabla 7) (Muñoz y Vellojin, 2002).

Tabla 7. Plantas utilizadas en la alimentación de aves domésticas

Nombre Común	Nombre Científico	Nivel De Proteína	Parte Usada
Zapallo	<i>Cucurbita sp.</i>	Muy alto	Hojas- ramas verdes
Ortiga	<i>Urera caracasana</i>	Alto	Hojas
Nacedero	<i>Trichanthera gigantea</i>	Alto	Hojas
Cadillo	<i>Amaranthus dubius</i>	Alto	Parte aérea
Papachina	<i>Colocasia esculenta</i>	Bajo	Raíz cocida
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>	Medio	Parte aérea

Fuente: (Muñoz y Vellojin, 2002).

Con el fin de generar mayor confianza a los consumidores las producciones alternativas deben contar con ciertos requisitos, los cuales son expedidos por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en la Resolución 0187 de 2006, el cual establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de productos agropecuarios ecológicos. En el proceso de certificación se deben observar los procesos que se realizan, los cuales deben garantizar la sostenibilidad y renovación de los recursos naturales, limitando el uso de plaguicidas o fertilizantes que afecten el ambiente o la salud humana, con la certificación de la granja el productor logra ciertos beneficios, como estar preparado para exportar a mercados exigentes y tener mejor acceso a éstos en el futuro, obtener productos diferenciados por su calidad e inocuidad y aumentar la competitividad frente a otros mercados (Ministerio Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

Adicionalmente deben tenerse en cuenta reglamentaciones que en el contexto mundial aseguran el desarrollo de las producciones alternativas, estas son más estrictas y son aceptadas mundialmente. Allí se describen diversos parámetros de bienestar animal, calidad en la alimentación de las aves y del control del impacto ambiental de los residuos generados, estos se encuentran consignados en el reglamento No. 2092/91 del consejo sobre la producción ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios regulados por la Comunidad Económica Europea (CEE, 1991). En este último, se especifican las prácticas de manejo de los animales en producciones ecológicas, tales

como: prohibición del uso de jaulas, número mínimo de horas de luz (natural y/o artificial) y de descanso/día, selección de animales que exhiban facilidad de adaptación al entorno y mayor resistencia a enfermedades, utilización de forrajes, el tipo de productos (origen animal, mineral, vegetal y aditivos) permitidos para la alimentación animal y especificaciones sobre el área de cada gallinero, nido (120 cm²/ave) y zonas al aire libre (4 m²/ave) cubiertas de vegetación en su mayor parte.

- **Productividad del sistema en pastoreo**

Muchas investigaciones, han buscado determinar la productividad y eficiencia del sistema en pastoreo en comparación con los sistemas intensivos, con el fin de promover su implementación. Gornowicz y Krawczyk. (2010), evaluaron dos sistemas productivos, pastoreo vs. jaula, ambos grupos tenían dietas totalmente diferentes, las aves que se encontraban en el sistema alternativo consumían un 56% menos proteína y grasas de sus requerimientos nutricionales, dando como resultado un 22% menos en la producción de huevos que el grupo confinado, posteriormente se les suministro la misma dieta, aunque no se encontraron diferencias significativas, el grupo en pastoreo presento un 0,1% menor productividad, debido al gasto de energía para el mantenimiento. Petek, *et al.* (2008), también evaluaron la productividad de ambos sistemas, encontrando que el sistema en pastoreo es menos eficiente, principalmente por la variabilidad de condiciones a las que se someten las gallinas en un sistema externo, y por ende un menor consumo de alimento, ya que tienen que suplir sus requerimientos pastoreando y cazando insectos, todo este gasto energético, causa un desbalance que puede afectar el metabolismo mineral. Igualmente, (Barnett, 2000), encontró que la producción de huevos en el sistema de pastoreo es menor y con un menor tamaño en comparación al sistema intensivo, debido al mayor gasto energético.

Por otra parte, Gómez y Castañeda (2010), evaluaron tres sistemas, piso, jaula y pastoreo, encontrando diferencias significativas entre ellos, la principal fue la conversión evaluada a la finalización del ciclo, estas fueron 1,95 para el sistema piso, 2,06 en jaula y 1,65 en pastoreo, determinando así una mayor eficiencia en el sistema pastoreo, también se debe tener en cuenta que la infraestructura de un sistema intensivo es más costosa. Asimismo, Montoya, *et al.* (2012) concluyo que los sistemas en pastoreo son viables en pequeña escala, debido principalmente a que las producciones de mayor tamaño manejan 2000 aves, lo que es poco atractivo para grandes productores, por lo que este tipo de sistema en espacios abiertos, se adapta a los pequeños y medianos productores.

- **El sistema en pastoreo en Colombia**

La implementación de las producciones alternativas mundialmente ha presentado un crecimiento significativo. En la Unión Europea las áreas dedicadas a la producción ecológica se han triplicado, evidenciando un crecimiento del 25% en los últimos 10 años, mientras que en Estados Unidos un 2% de las aves se mantiene en sistemas alternativos (Soler y Fonseca, 2011).

La superficie mundial dedicada a la producción orgánica supera los 24 millones de hectáreas, de las cuales el 24.2% se encuentra en América Latina. Colombia cuenta con un área dedicada a la producción agropecuaria ecológica de 33.000 hectáreas, de las cuales 0,03 hectáreas se encuentran destinadas a la obtención de huevos. La producción ecológica en Colombia se caracteriza por estar concentrada regionalmente, con la participación de pequeños y medianos productores con uso de mano de obra familiar. Sin embargo, estos productores presentan muchas dificultades para incursionar en el mercado de productos ecológicos, debido a que no hay una diferenciación de sus productos con respecto a los convencionales y, por consiguiente, no reciben ningún sobreprecio (Martínez y Espinosa, 2005).

La implementación de los sistemas en pastoreo en Colombia, se evidencia en zonas como la región caribe, en donde se complementó un 50% de la alimentación con concentrado comercial, permitiendo disminuir los costos de producción, obteniendo 200 huevo/ave/año. Además en la región Andina, se desarrolló el proyecto "gallina feliz", con una densidad de 4 aves/m² en las zonas de pastoreo, presentándose como una alternativa rentable para la producción de huevo en semi confinamiento, la alimentación en este se basa en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y alimento concentrado, la productividad fue similar que el sistema en jaula reportando un 90% de producción promedio en la semana 32 y los costos de producción son menores, debido al complemento en la nutrición con forrajes, además fueron vendidos un 30% mayor que los huevos convencionales (Soler y Fonseca, 2011).

En Cundinamarca también se han evaluado el sistema de producción de gallinas ponedoras bajo pastoreo a 14°C y 2.862 msnm, con línea de gallinas hy line Brown, obteniendo que el sistema en pastoreo presento mejores resultados de productividad e índices de bienestar animal en comparación con el sistema en jaula y piso, reportando un porcentaje de postura de 85,54% y una conversión alimenticia de 1,64 frente a 2,06 para jaula y 1,95 piso, lo cual se reflejó en un mayor rentabilidad que los otros dos sistemas, además que al permitirles un mejor bienestar los huevos producidos recibían un sobreprecio en el mercado (Gómez y Castañeda, 2010).

En Antioquia, se llevó a cabo una investigación de evaluación de productividad del sistema en pastoreo con la línea de gallinas, BabCock Brown, concluyendo que este sistema es un esquema aplicable para pequeños y medianos productores, al ser económicamente viable, por tener menores costos en infraestructura y una producción a la 35 semanas de 94,4% (Montoya, et al., 2012).

4. EL HUEVO

Es un alimento incluido en el grupo de proteicos, tiene una tradición de consumo humano, debido a la facilidad de obtención, a su precio, cualidades culinarias y nutrientes apreciadas desde el punto de vista nutricional, ya que contiene cerca de 70 Kcal, aproximadamente 13% de proteínas de alto valor nutricional, con un perfil de aminoácidos adecuado y gran variedad de vitaminas y minerales. Está cubierto por la cáscara la cual garantiza al alimento una conservación más prolongada, en comparación con otros productos agropecuarios y cuenta con 2 carotenoides (luteína y zeaxantina) importantes en la salud humana (Gil, 2010). El huevo se obtiene a partir del proceso reproductivo de animales ovíparos, y contiene los nutrientes básicos para asegurar el desarrollo del embrión, es decir originar un nuevo ser vivo (Navarro, 2000).

4.1. Formación del huevo

El desarrollo embrionario en las aves, a diferencia de los mamíferos, ocurre fuera del claustro materno, por lo tanto el huevo cuenta con las reservas alimenticias para permitir el desarrollo de este (Gil, 2010).

En la gallina el sistema reproductor funcional, es el izquierdo, pues el derecho se encuentra atrofiado, por lo tanto cuenta con un ovario y un oviducto funcional, situados en la parte superior de la cavidad abdominal, apoyados sobre el riñón y el pulmón, su tamaño y forma, dependen de la edad del ave y de su estado fisiológico; el aparato genital lo comprende el ovario, que consta de una corteza externa constituida por una serie de folículos, que contienen óvulos en estado de desarrollo y un oviducto, que es un órgano tubular largo y dilatado dividido en 5 partes (Buxadè, 2000).

El oviducto, inicia con el INFUNDIBULUM, conformado por la bolsa ovárica, que recoge el ovocito maduro y una porción glandular, en donde las secreciones forman la capa externa de la membrana vitelina y permite la formación de las chalazas, estructuras filamentosas que tienen como objetivo mantener la yema en posición centrada dentro del huevo, cumpliendo una función de sostén, luego se encuentra el MAGNUM donde se forma el albumen denso, después está el ISTMO, que permite la formación de las membranas testáceas o membranas de la cáscara del huevo, posteriormente el ÚTERO o glándula cascarògena, donde ocurre la formación de la cáscara y termina la formación de las chalazas y la estratificación del albumen (denso y fluido), por último se encuentra la VAGINA con una longitud de 10 a 12 cm y la cloaca donde finaliza el oviducto, órgano común para el aparato digestivo, urinario y reproductor (Buxadè, 2000), durante la puesta del huevo una porción vaginal del oviducto se proyecta al exterior a través de la cloaca, con lo cual el huevo se pone limpio, finalmente, la cutícula que envuelve a la cáscara se endurece al contacto con el aire y evita de esta forma que puedan penetrar bacterias en el interior del huevo (Figura 1.) (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Por lo tanto, el huevo se forma a partir de la ovulación, el ovulo que es la yema (compuesta por lipoproteínas no disueltas, triglicéridos y fosfolípidos) se desprende del ovario por medio de hormonas como la LH y en su paso a través del oviducto, es envuelto por estructuras que buscan su protección, como el albumen (compuesta de proteínas, especialmente la ovoalbúmina) adquirido en el magnum y la cáscara (compuesta de carbonato de calcio, carbonato de magnesio y fosfato bicálcico) integrada en el istmo y el útero; este proceso tiene una duración de aproximadamente 24 horas. Los huevos son producto de la reproducción, es decir que cada una de sus estructuras busca como fin la protección del embrión, sin embargo los empleados para el consumo humano, son huevos infértiles, que a pesar de tener todas las estructuras no poseen la capacidad reproductora (Mountney y Parkhurst, 2001; González y Arias, 2007).

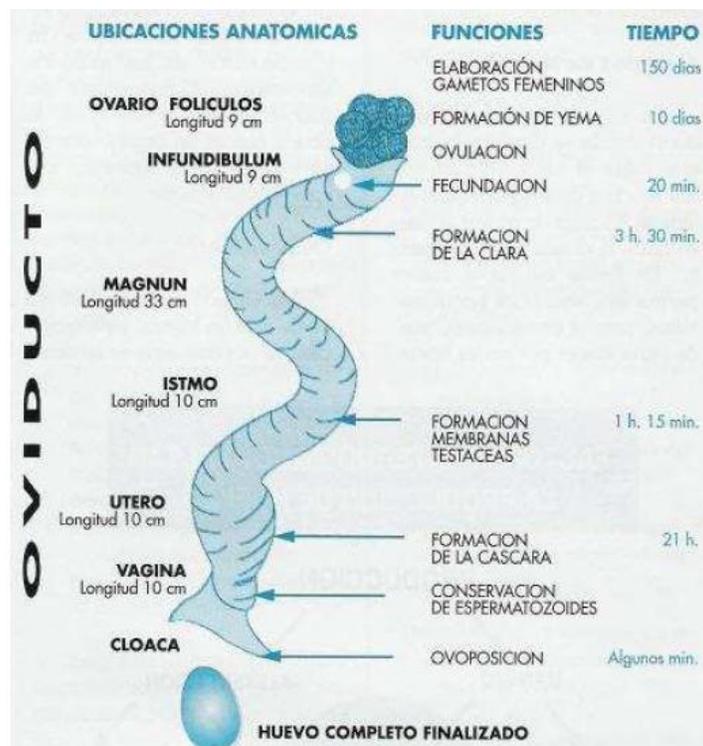


Figura 1. Proceso y tiempo de formación del huevo y partes anatómicas del aparato reproductor
Fuente: (Martínez, Alban y Vargas, 2000).

Este fenómeno se repite cíclicamente, permitiendo que una gallina ponga un huevo diario, a esta puesta consecutiva se le denomina serie de puesta y pasada esta etapa, las aves dejan de poner durante 3 días, a lo que se le denomina descanso o pausa. Estas etapas se encuentran influenciadas por el fotoperiodo, siendo el periodo óptimo de luz de 16 horas diarias, por lo que la madurez sexual también evoluciona en función de la variación en la duración del día, ya que la luz estimula la producción de gonadotropinas (LH y FSH), incrementando la actividad sexual, momento en el que la gran cantidad de oocitos contenidos en el ovario aumentan de tamaño y se da el desarrollo folicular (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Durante el proceso de ovulación, el crecimiento folicular, ocurre gracias a la hormona foliculo estimulante (FSH) y luteinizante (LH), en este momento el ovario de las aves segrega 3 tipos de esteroides sexuales, los cuales intervienen en todo el proceso productivo, estos son: Los estrógenos, que participan en el control de todas las fases de formación del huevo, ya que son indispensables para el crecimiento del oviducto, síntesis de proteínas en el hígado para la formación de la yema, síntesis de las proteínas del albumen, el comportamiento de oviposición y formación del hueso medular, los andrógenos, responsables de los caracteres sexuales secundarios y el desarrollo del oviducto, y la progesterona que controla los ritmos de ovulación, oviposición y regulación de las contracciones del útero (Martínez, Albán y Vargas, 2000).

El proceso de formación finaliza con la oviposición, fenómeno fisiológico de la postura del huevo, controlado por la acción de hormonas, llamado Factor Ovárico Inductor de Oviposición, que es una mezcla de progesterona, arginina-vasotocina y oxitocina, en este se evidencian cambios en el comportamiento de las aves, como la interrupción de consumo de alimento, ausencia de defecación y aumento de la temperatura corporal; posterior a la postura se presenta la ovulación y con ello las secuencias normales de producción, cuando el funcionamiento del sistema reproductivo es normal, garantizando el éxito de la explotación, en la cual influyen factores externos, como el medio ambiente (luz, humedad, temperatura y ruido), la alimentación y la presencia de enfermedades, los cuales deben ser controlados para aprovechar el potencial de las aves (Martínez, Albán y Vargas, 2000).

4.2. Componentes del huevo

El huevo tiene forma ovalada y su color puede ser blanco o marrón. Está compuesto de 3 partes bien diferenciadas: La cáscara, que representa el 8-11 % de su peso, la clara o albumen 56-61% y la yema 27-32%, su estructura se observa en la Figura 2; el huevo entero contiene alrededor de un 65,5% de agua, la clara un 88% y la yema un 48%, en la Tabla 8. Se presenta la composición química del total del huevo y de cada uno de sus componentes (Pipicano, 2015).

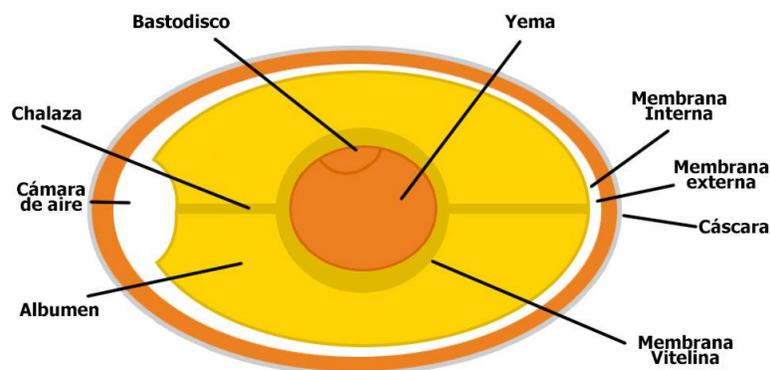


Figura 2. Vista transversal de las estructuras del huevo
Fuente: (Gómez y Castañeda, 2010).

Tabla 8. Composición química de los huevos

	%	Agua %	Proteína %	Grasa %	Ceniza %
Huevo entero	100	65,5	11,8	11	11,7
Clara	58	88	11	0.2	0.8
Yema	31	48	17,5	32,5	2
		Carbonato	Carbonato	Fosfato cálcico	Materia orgánica
	%	cálcico %	magnésico %	%	%
Cáscara	11	94	1	1	4

Fuente: (USDA, 2006).

Cáscara: Corresponde a la parte más externa, de un grosor muy variable que generalmente es de 0,28 y 0,42 mm, cumple la función biológica de transportar el contenido y mantener la integridad del huevo, ya que sirve como una cámara suficientemente sólida, capaz de contrarrestar impactos físico-químicos del ambiente, siendo considerado como una barrera de protección, exclusión de agentes patógenos y soporte del desarrollo embrionario, por lo que también debe ser lo suficientemente frágil al final de la incubación, garantizando la salida del embrión. Se forma principalmente en el útero, proceso que tiene una duración de 12 horas, está compuesta por 2 capas superpuestas, la capa interna llamada mamilar es de naturaleza más porosa (7.000- 17.000 poros) la cual influye en la resistencia y una capa delgada, juntas constituyen una envoltura que se separan en el polo obtuso formando la **cámara de aire**, la cáscara está formada en un 95% por materiales minerales, principalmente de carbonato de calcio en un 94%, como componente estructural y pequeñas cantidades de fósforo, potasio y magnesio, en forma de carbonato de magnesio y fosfato de calcio. La calcificación empieza al final de la tarde y el calcio empleado en este proceso proviene principalmente del alimento consumido diariamente y una pequeña cantidad de calcio óseo (Gil, 2010; Mantilla y Mejía, 2014).

La cáscara se encuentra revestida por una fina película de material orgánico y agua, con una similitud al colágeno, llamada cutícula que cumple la función de lubricar la cáscara para que pase con facilidad por la vagina y la cloaca, también contribuye a cerrar muchos poros de la cáscara, evitando que se pierda humedad al interior del huevo y restringe la entrada de agentes patógenos (Gil, 2010).

Albumen: Fluido acuoso ligeramente amarillento, formada principalmente por agua y proteínas, compuesto por 4 capas, la más externa es fluida constituida únicamente por albumina y representa el 23%, seguida por la capa densa intermedia, compuesta por fibras de mucina y albumina, que cumplen función de adherencia a las membranas de la cáscara, esta es la más abundante y voluminosa corresponde al 57%, además tiene un mayor contenido de ovomucina, responsable de la viscosidad de la clara, después esta la capa fluida interna, que constituye un 17%, formada exclusivamente por albumina y por último la capa chalacifera o las **chalazas** un 3%, los cuales son

dos cordones retorcidos en espiral sobre sí mismos, formados por numerosas fibras de mucina, encargados del sostén y sujeción de la yema, manteniéndola en una posición centrada dentro del huevo, cuanto más prominente es la chalaza, más fresco es este. La albumina constituye una barrera biológica muy importante contra la invasión de agentes patógenos debido a su acción bacteriostática, gracias a su elevado pH cercano a 9 y su composición de sustancias que restringen e inhiben el crecimiento microbiano como: Lisozima, avidina, y riboflavina (Buxade, 2000; Mantilla y Mejía, 2014).

La albumina está compuesta principalmente por agua (88%), proteínas (10%) y el restante corresponde a lípidos, hidratos de carbono y sales minerales. Entre las proteínas se destaca la ovoalbúmina con una participación mayor del 50% rica en cisteína y metionina; y otras proteínas como la conalbumina, ovomucoide, ovomucina, avidina y cistatina, además de vitaminas y minerales (niacina, magnesio y potasio, entre otros) (Pascual y Calderón, 2000; Gil, 2010).

Yema: Es la porción amarilla del huevo, rica en nutrientes, es la mayor fuente de vitaminas y minerales del huevo, no contiene inhibidores, es decir que es altamente susceptible a la proliferación de agente patógenos, se encuentra recubierta por una membrana transparente denominada **vitelina**, que la separa del albumen y la protege de una posible ruptura. La yema contiene una mancha correspondiente al **disco germinal** o blastodisco, situado en la parte superior y superficial, a partir del cual se desarrolla el polluelo en caso de que se encuentre fecundado, también se ubica la latebra, que es el cordón vitelino, de color blancuzco, el cual divide el disco germinal. La yema está compuesta en un 62% de lípidos en forma de fosfolípidos, colesterol, lípidos neutros, triglicéridos y lipoproteínas, como la Lipovitelina en un 16% y ácidos grasos, como el oleico, palmítico, esteárico y linoleico, además de otros componentes como proteínas (fosfivitina (4%)), hidratos de carbono, vitaminas (vit A, ácido pantoténico), minerales (tocoferol) y agua (Mountney y Parkhurst, 2001; Gil, 2010).

4.3. Perfil nutricional

El huevo, es considerado uno de los alimentos presentes en la mayor parte de la dieta humana, sin importar género, edad o nivel socioeconómico, por lo tanto la producción de estos ha aumentado de manera significativa en los últimos años, Colombia entre 1960 y 1980 creció un 285% en la producción de huevos, y la tendencia se ha mantenido durante los últimos 40 años, otorgándole el beneficio de encontrarse dentro de los 20 principales productores de huevo, llegando a aportar el 1% de la producción mundial (FENAVI, 2015).

El huevo constituye una fuente concentrada de nutrientes en comparación con el aporte de otros alimentos, la yema proporciona cerca del 50% de la proteína total del huevo y casi el 90% de la grasa, la proteína de este, es altamente digestible ya que los niveles de aminoácidos que proporciona el huevo son similares a los requeridos por los humanos y debido a que la grasa del huevo se encuentra emulsionada es sumamente digestible, por otra parte el aporte de hierro y fósforo de este alimento es bastante alto, además un huevo contiene al menos 0,4 gramos de

carbohidratos, bajos en calorías (Tabla 9.) (Santos, 2003; Posada, López y Ceballos, 2006; Pipicano, 2015).

El huevo, constituye la proteína de origen animal más económica al alcance de la población colombiana, lo cual lo posiciona como un alimento indispensable en la mesa pues, además de aportar un valor proteico alto, es una fuente de vitaminas liposolubles como A, D, E, K, exceptuando la C y vitaminas hidrosolubles (Complejo B), la vitamina A (100 g de parte comestible aportan un 28,4% de la Cantidad Diaria Recomendada (CDR)), vitamina D (36%), vitamina E (15,8%), riboflavina (26,4%), niacina (20,6%), ácido fólico (25,6%), vitamina B12 (84%), biotina (40%), ácido pantoténico (30%), fósforo (30,9%), hierro (15,7%), cinc (20%) y selenio (18,2%) (Pipicano, 2015). Además, se ha encontrado que el consumo de este producto en cantidades que van de 1 a 2 huevos diarios, pueden beneficiar al consumidor, ya que el huevo es rico en colina, la cual juega un rol importante en la memoria, por lo que se recomienda su consumo en adultos mayores y jóvenes en desarrollo (Fernández, 2001; Guzmán, 2003).

El aporte de proteínas, vitaminas y minerales por parte del huevo, contribuye en el metabolismo energético del cuerpo, necesario para alcanzar un óptimo desempeño (Buxade, 2000; Pipicano, 2015). Por lo tanto, el huevo es considerado importante en la nutrición humana, ya que la población creciente requiere de alimentos de fácil consecución y con un alto valor biológico, que les permita tener una correcta nutrición (Mantilla y Mejía, 2014).

Tabla 9. Huevos de gallina (Composición por 100 g de porción comestible)

Componente	Cantidad
Agua	75.2 g
Energía	160 Kcal
Energía Total	669 Kj
Nitrógeno total	2.03 g
Nitrógeno proteico	1.93 g
Hidratos de Carbono	0.68 g
Lípidos totales	12.1 g
Ácidos grasos saturados	3.3 g
Ácidos grasos mono insaturados	4.9 g
Ácidos grasos poliinsaturados	1.8 mg
Colesterol	4.10 g
Fibra	0 g
Calcio	56.2 mg

Fuente: (Instituto de estudios del huevo, España, 2010, citado por Pipicano, 2015).

En la actualidad, los consumidores tienen más consciencia sobre los beneficios de alimentarse correctamente, por lo tanto la cadena avícola tiene mayores retos comerciales y nutricionales, pues

debe ofrecer productos que cumplan los requerimientos nutricionales que brinden una excelente calidad (Grobas y Mateos, 2000).

4.4. Calidad del huevo

Para los consumidores, es de gran importancia la calidad del producto, la cual depende de dos condiciones: la calidad nutricional y la calidad sanitaria, la primera corresponde a lo que el producto le aporta al consumidor y la segunda se relaciona con la frescura del huevo, establecida por la fecha de consumo post producción y la forma de conservación, que debe contar con una temperatura y humedad adecuadas, además depende de la higiene de las instalaciones y del manejo de las aves, ya que el huevo pertenece a los productos que no reciben ninguna transformación, es decir que su calidad refleja lo que ocurre en la granja (Buxadè, 2000).

Por lo tanto, el huevo además de constituir una fuente de proteína económica, debe ser agradable al paladar y no representar un riesgo sanitario (Pipicano, 2015). La calidad comercial del huevo se representa en la limpieza de este, la solidez de la cáscara, la consistencia de la clara y el color de la yema, además para los consumidores la selección del producto se da por la frescura, el peso, el precio y se rechazan huevos con anomalías en el color de albumen o yema y presencia de manchas de sangre (Tabla 10), igualmente se valoran otras cualidades como: la facilidad de separar el albumen de la yema y el poder espumante del albumen (Muñoz y Vellojin, 2002; Mantilla y Mejía, 2014).

Tabla 10. Características de la calidad del huevo.

	Características
Calidad externa del huevo	Peso promedio del huevo, resistencia de la cáscara y color
Calidad interna del huevo	Composición del huevo (coeficiente yema/ clara), firmeza de la clara y ausencia de inclusiones: sangre.

Fuente: (Pipicano, 2015).

Cuando los huevos se destinan a la venta en fresco, el peso, es una característica muy importante, pues de esta depende la clasificación que recibe en el mercado y con ello su precio, esto se observa en la Tabla 11, se encuentra influenciado principalmente por el peso de la gallina, por lo que es muy importante garantizar que se alcance el peso del ave antes del periodo de postura (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Tabla 11. Clasificación de huevos comerciales

Medida Americana						
	Jumbo	Extra grande	Grande (AA)	Mediano (A)	Pequeño (B)	Bajo (C)
Peso	Más de 71g	64- 71 g	57- 64 g	50- 57 g	43- 50 g	43 g

Medida Europea				
	Extra grande	Grande	Mediano	Pequeño
Peso	73 g	63-73 g	53-63 g	43-53 g

Fuente: (Hy-Line®, 2014).

Igualmente, en la cáscara, elemento protector del huevo, se observan parámetros de color, solidez, porosidad y resistencia, ya que desde la perspectiva económica tiene gran importancia, pues los huevos se rechazan en un 90% por presentar problemas en esta estructura, debido a posibles rupturas, además al tener una cáscara más frágil, el huevo es más susceptible a la contaminación por *Salmonella*. En cuanto al albumen, los consumidores buscan que sea consistente y poco fluida, lo que garantiza una buena protección de la yema en el interior del huevo (Navarro, 2000; Muñoz y Vellojin, 2002), para la yema, el color es el atributo más importante, con el que se asocian otros aspectos de calidad, siendo considerado por los consumidores un predictor del aporte nutricional del huevo, buscando que su tono sea de amarillo a anaranjado. Esta coloración depende del tipo y proporción de pigmentos liposolubles que se aporten a la dieta, ya que las aves tienen la capacidad de transportar pigmentos a la yema y son incapaces de sintetizarlos por si mismas (Chacón, Salas y Zamora, 2016).

4.4.1. Factores que afectan la calidad del huevo

Para el consumidor, más allá de lo nutricional, son importantes otras características como, el tamaño, limpieza, color de yema, entre otras, estos pueden ser afectados por diversas causas, como: línea genética, alimentación que permita cubrir los requerimientos nutricionales de las aves; variables ambientales, como la temperatura, que tiene influencia en la capacidad de absorción de Ca por parte del animal y el almacenamiento que influye en la frescura del producto (Ortegón y Vélez, 2009).

Alimentación: Es considerado el factor más influyente en la calidad, pues afecta principalmente la composición de micro minerales y grasas presentes en el huevo, importantes desde el punto de vista nutricional. Una mayor adición de cantidad de grasa a la dieta, incrementa el contenido de albumen, mientras que un aumento en la porción proteica y energética de la dieta, influye en el contenido de proteína y el equilibrio de aminoácidos en el huevo (Grobas y mateos, 2000).

Igualmente, la alimentación del ave modifica el peso del huevo; a una mayor inclusión proteica en la dieta este aumenta, y ante una reducción en la ingestión de energía se manifiesta una disminución en el tamaño del huevo y una caída en la producción; este factor también afecta la calidad de la cáscara, ya que el 95% está formada por materiales minerales, tomados en un 90% de la alimentación. Por lo tanto la inclusión de Ca en la dieta es de gran importancia, ya que los huevos con cáscaras débiles son susceptibles a contaminación por *Salmonella* y a las rupturas, lo que ocasiona pérdidas económicas (Pipicano, 2015).

El alimento, también afecta el color de la yema asociado a la presencia de carotenos ligados a lipoproteínas y xantofilas, que se aporten a la dieta, pues las aves son incapaces de sintetizarlos por sí mismas, esta pigmentación no es importante nutricionalmente pero si comercialmente por ser uno de los parámetros de calidad tenidos en cuenta por el consumidor, quienes prefieren huevos con un color de yema de tonos amarillos y naranjas ya que lo asocian con el aporte nutricional, por lo que una correcta pigmentación, beneficia la comercialización del huevo (Chacón, Salsa y Zamora, 2016). Por otra parte, el color del albumen, también puede ser afectado por el alimento del ave, ya que un exceso de riboflavina puede producir claras blanquecinas (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Edad del ave: Afecta principalmente el peso del huevo, pues a mayor edad productiva, se incrementa su tamaño, sin embargo disminuye la calidad del albumen y otras características, como la resistencia de la cáscara y su pigmentación (Gil, 2010; Chacón, Salas y Zamora, 2016), pues se ha observado que las aves al final de su ciclo productivo presenta cáscaras sin color o pigmentadas por partes, igualmente las gallinas viejas tienen una mayor predisposición a poner huevos con manchas de sangre (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009), además la edad afecta la deposición de colesterol en el huevo, el cual es mayor en gallinas más vejas, ya que la yema aumenta su tamaño, sin disminuir la concentración de colesterol (Grobos y Mateos, 2000).

Estirpe: El componente genético tiene gran importancia, ya que la calidad del huevo varía para las diferentes estirpes. Una de las características influenciadas por este factor es el color de la cáscara que depende del depósito de pigmentos como porfirinas, relacionadas con la herencia (Mantilla y Mejía, 2014), igualmente el tamaño del huevo varía entre las líneas comerciales, pues las gallinas semipesadas producen huevos hasta un 50% más grandes que las gallinas livianas (Gómez y Castañeda, 2010), Asimismo la mejora genética ha incrementado el tamaño del huevo, sin embargo este se debe a un mayor contenido de albumen, una disminución de la yema y con ello un menor contenido en materia seca, lípidos y colesterol (Grobos y mateos, 2000).

Este factor también se encuentra relacionado con la presencia de cáscaras deformes, rugosas o anormales, pues existe mayor predisposición de presentarlas por parte de estirpes de gallinas que tienen dificultades de calcificación al final del ciclo de puesta. En cuanto a la calidad de la yema, se pueden presentar manchas con sangre en las aves que producen huevos de color, en un 5 a 20% de los huevos, mientras que las aves de la línea Leghorn, no presentan manchas de sangre en los huevos (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009).

Ambiente: Influye en la calidad de la cáscara, la cual puede ser modificada mediante la aplicación de un ciclo de luz-oscuridad no mayor a 24 horas, ya que la absorción del Ca se encuentra relacionado con el fotoperiodo, pues al final de esta etapa se consume el 60% del total de calcio suministrado, por lo tanto es el periodo donde empieza la formación de la cáscara (González y Arévalo, 2013). Asimismo, las aves que se encuentren a una temperatura superior a 32°C, pueden producir huevos con cáscaras porosas, delgadas o blandas, ya que las aves estarían fuera de su confort térmico ocasionando un incremento en el ritmo respiratorio, lo que produce alcalosis y con ello una excreción renal de bicarbonato, disminuyendo la disposición de Ca para la formación de cáscara (Mantilla y Mejía, 2014).

Almacenamiento: Este factor afecta principalmente la calidad del albumen, ya que a un mayor tiempo de almacenamiento, el huevo pierde su frescura y disminuye las unidades Haugh, presentándose un albumen más acuoso, es decir que esta característica representa el tiempo de almacenamiento del huevo o malos manejos en la temperatura y humedad en la conservación del huevo; igualmente los olores anormales en el producto se presentan por condiciones inadecuadas de almacenamiento, si es en un área contaminada o en contacto con otras sustancias que pongan en riesgo su calidad (Navarro, 2000).

4.4.2. Influencia del sistema de crianza en la calidad del huevo.

El mercado actual espera obtener alimentos originarios de producciones alternativas, ante lo cual están dispuestos a pagar un precio más elevado, por lo tanto es importante para los productores y consumidores ser informados sobre los efectos del tipo de sistemas de producción (convencionales; jaula o piso, y alternativos) en los parámetros productivos de las gallinas ponedoras y la calidad del producto final, incluyendo sus propiedades físico-químicas. Estos resultados han sido documentados por diferentes investigaciones alrededor del mundo, donde los canales de comercialización cuentan con estrategias que evidencien la diferenciación en los huevos (Küçükyılmaz, *et al.*, 2012 a). Estos estudios iniciaron en el año 2004, y han mostrado diversos resultados, variando algunos entre países, metodología y parámetros evaluados (Tabla 12).

Entre los estudios realizados para evaluar la calidad del huevo Hidalgo, *et al.* (2008), evidenciaron una diferencia significativa del peso del huevo obtenido a partir de diferentes sistemas de crianza, los autores observaron un mayor peso del huevo producido en sistemas de pastoreo (66,7 g) en comparación con los sistemas en jaula (63,4 g) y en piso (62,1 g). Igualmente Yılmaz, *et al.* (2015) evidenciaron una diferencia significativa con un mayor peso del huevo en el sistema en pastoreo vs. las jaulas (59,7 g vs. 58,3 g). Contrariamente Gornowicz & Krawczyk, (2010) reportaron que el peso del huevo en sistemas en pastoreo, presentó un menor tamaño en comparación con el sistema en jaula convencional (59,1 g y 63,9 g respectivamente) a las 36 semanas de edad, este valor se atribuyó al bajo valor nutritivo de la alimentación proporcionada a las gallinas en pastoreo, al igual

que la variación de la calidad del agua. Por otra parte, otras investigaciones no evidenciaron efectos significativos de los sistemas de crianza en el peso del huevo (Zemková, *et al.*, 2007; Şekeroğlu, *et al.*, 2008; Petek, *et al.*, 2008; Küçükyılmaz, *et al.*, 2012 a).

Igualmente se ha reportado que el sistema de crianza de las gallinas ponedoras tiene influencias sobre el porcentaje de albumen (Şekeroğlu, *et al.*, 2008), pues en un estudio realizado por Gornowicz & Krawczyk, (2010), se determinó que los huevos de gallinas provenientes de sistemas en pastoreo se caracterizaron por tener un mayor porcentaje de albumina en comparación con el sistema en jaula (60,8 y 56,7% respectivamente), igualmente el contenido de lisozima en la albumina fue mayor en las gallinas sometidas a pastoreo (0,49 a 0,51%), en comparación con el sistema en jaula (0,39 a 0,42%), las cuales favorecen la degradación de las bacterias Gram positivas y la inactivación de virus, además de proteger el embrión en desarrollo (Kopeć, *et al.*, 2005). Asimismo, Hidalgo, *et al.* (2008). Encontraron un mayor porcentaje de albumina en huevos provenientes de pastoreo en comparación con los procedentes de sistemas de jaula y piso (65,4, 64,2 y 63,9% respectivamente), además de un mayor valor en parámetros funcionales, como la capacidad de batido y la consistencia de la espuma en sistemas bajo pastoreo, este resultado podría estar relacionado con un mayor nivel de proteína de la albumina en sistemas de pastoreo, pues estas son las principales responsables del desarrollo de la espuma. Sin embargo, la calidad de albumina también depende de otros factores como la frescura del huevo, la edad de la gallina, genotipo y la dieta.

Otras características, como la calidad de la yema son ampliamente evaluadas, por diversos autores, quienes la determinaron mediante el abanico Roche® (Figura 3). Van Den Brand, Parmentier y Kemp. (2004), observaron un mayor color de la yema en los huevos provenientes del sistema en pastoreo (11) en comparación con el sistema en jaula (9,3), atribuyéndolo a la posibilidad que tienen las aves en pastoreo para consumir hierbas y pastos, ricos en xantofilas. Por otra parte Hidalgo, *et al.*, (2008) reportó que la coloración de la yema de huevos de gallinas criadas en jaula presentó un valor más alto (10,5) en comparación con los sistemas de pastoreo (10) y en piso (9,7). Igualmente, Gornowicz & Krawczyk, (2010) determinaron un valor mayor en el color de la yema de huevos provenientes de sistemas en jaula (10,5) en comparación con los sistemas en pastoreo (8,42), sin embargo cuentan con un color deseable (8,3 a 10,5 puntos) a pesar de que la coloración de la yema de huevos producidos por gallinas en pastoreo no incluye pigmentantes sintéticos, pues obtienen esta tonalidad de forma natural, a través del consumo de vegetación (Şekeroğlu, *et al.*, 2008), los bajos valores obtenidos en el sistema en pastoreo también se ocasionarían, ya que las aves al tener una mayor exposición de luz solar utilizan los carotenoides por sus efectos como protector biológico contra la radiación solar o al ser componentes que proporcionan una respuesta inmune más fuerte, podrían haber sido dirigidos para apoyar el sistema inmunológico del ave (Küçükyılmaz, *et al.*, 2012 b).



Figura 3. Abanico Roche®

Fuente: (Hernández, 2014)

En cuanto a parámetros como el colesterol presente en el huevo, Zemková, *et al.* (2007) Reportaron un contenido de colesterol mayor en los huevos provenientes de sistemas en pastoreo, obteniendo 228,5 mg/huevo y en los sistemas convencionales de 211,2 mg/huevo. Esta misma tendencia se evidenció en el contenido de colesterol en yema, ya que obtuvieron un valor más alto en los huevos provenientes del sistema en piso (14,1 mg/g), seguido por el sistema en pastoreo (13,4 mg/g) y por último en jaula (13,3 mg/g), señalaron la influencia potencial de consumo de forraje en la concentración de colesterol en el huevo de las aves con acceso a pasturas. Asimismo Gultemirian, *et al.* (2009), reportaron un menor nivel de colesterol en la yema de huevos provenientes de sistemas en jaula 450 mg/100 g, en comparación con los huevos de gallinas en pastoreo 650 mg/100 g. De igual manera, Gornowicz & Krawczyk, (2010) afirmaron que el contenido de colesterol en la yema no está influenciado por el sistema de crianza, aunque observaron un ligero aumento en los huevos de gallinas en pastoreo con un contenido de colesterol de 14,2 mg/g a las 32 semanas de edad comparado con el sistema en jaula (13,7 mg/g).

En el contenido de proteína se ha reportado un menor nivel de este de 12,1 g/100 g para el sistema en jaula y mayor para el sistema en pastoreo (12,5 g/100 g) y en piso (12,6 g/100 g), es decir, que existe una influencia significativa del sistema de crianza (Hidalgo, *et al.*, 2008). Sin embargo, Gultemirian, *et al.* (2009) afirman que el contenido de proteína fue similar para todos los tipos de huevos procedentes tanto de sistemas en jaula (14,7 a 15 g/100 g) como para pastoreo (14,8 g/100 g). Igualmente Gornowicz & Krawczyk. (2010) no observaron diferencias significativas en el contenido total de proteína del huevo, proveniente de sistemas en pastoreo (10,4 g/100 g) y sistemas en jaula (10,6 g/100 g) a las 36 semanas de edad.

En parámetros como la calidad de la cáscara, Yilmaz, *et al.* (2015), no reportó diferencias significativas, entre el sistema en pastoreo (0,403 mm) y el sistema en jaula (0,397 mm). Contrariamente, Hidalgo, *et al.* (2008), evidenciaron un grosor de la cáscara más bajo en el sistema en jaula (0,41 mm) en relación con los sistemas en pastoreo (0,50 mm) y piso (0,50 mm). No obstante, existe una relación directa entre el peso del huevo y la resistencia del cascarón a las rupturas. Debido a esto, los huevos provenientes de sistemas en pastoreo al tener un menor peso obtuvieron mayor resistencia del cascarón, además las aves al estar en el sistema en pastoreo

ingieren pequeñas piedras y tienen una exposición directa a la luz solar, lo que promueve el metabolismo mineral, que puede dar lugar a un aumento en los depósitos de calcio (Küçükyılmaz, *et al.*, 2012b).

Igualmente Küçükyılmaz, *et al.* (2012a) Determinaron un contenido de Mg en la cáscara del huevo 10% mayor en los huevos de sistemas de pastoreo que en los huevos de jaula (4596 vs. 4174 ppm), lo cual evidencia la importancia de los sistemas alternativos, pues la cáscara del huevo se compone principalmente de minerales y el Mg desempeña un papel importante en la formación de la cáscara y su grosor. Esta diferencia se atribuyó al libre acceso a la tierra, que cuenta con reservas de Ca y Mg, sin embargo el Ca se emplea para las actividades físicas demandadas en el sistema de pastoreo, por ello no fue un valor significativo en la composición de la cáscara del huevo provenientes de este sistema.

En cuanto al contenido de Zn, este fue menor en los huevos provenientes del sistema en pastoreo (2,28 ppm) que en los huevos de gallinas criadas en sistemas en jaula (2,81 ppm). Estos valores se atribuyeron a los factores estresantes que afectan a las aves en pastoreo, como la variabilidad de las condiciones ambientales. Estas gallinas emplean el Zn, para apoyar su sistema inmune contra ataques externos, depositando menos en el huevo. Cabe recordar que, este mineral es un cofactor de la enzima superóxidodismutasa vital para la integridad de las células del sistema inmunológico. Además, se observaron variaciones mínimas en el contenido de P, debido a que este es empleado para desempeñar actividades físicas, como caminar al tener acceso al aire libre (Küçükyılmaz, *et al.*, 2012 a). Sin embargo, Gultemiryan, *et al.* (2009), no reportaron diferencias significativas en cuanto a los valores de minerales en diferentes sistemas de crianza. El resumen de los resultados obtenidos en las diferentes investigaciones se presenta en la Tabla 13. y se clasifica según la calidad externa e interna del huevo.

Tabla 13. Influencia del sistema de producción en la calidad de huevo

PARÁMETROS EXTERNOS							
	SISTEMA DE PRODUCCIÓN			DIF. SIG.	AUTOR	PAÍS	
	PASTOREO	JAULA	PISO				
PESO DEL HUEVO (g)	66,7	63,4	62,1	SI	(Hidalgo, <i>et al.</i> , 2008)	Italia	
	59,1	63,9		SI	(Gornowicz y Krawczyk, 2010)	Polonia	
	59,7	58,3		SI	(Yilmaz, <i>et al.</i> , 2015)	Turquía	
		57,6	57,9	NO	(Şekeroğlu, <i>et al.</i> , 2008)	Alemania	
	67,9	66,2	66,3	NO	(Zemková, <i>et al.</i> , 2007)	República checa	
	60,3	61,9		NO	(Petek, <i>et al.</i> , 2008)	Turquía	
	64,94	64,31		NO	(Küçükyılmaz, <i>et al.</i> , 2012 b)	Australia	
ALBUMEN (%)	60,8	56,7		SI	(Gornowicz y Krawczyk, 2010)	Polonia	
	65,4	64,2	63,9	SI	(Hidalgo, <i>et al.</i> , 2008)	Italia	
COLOR DE LA YEMA (Abanico Roche® pts)	10	10,5	9,7	SI	(Hidalgo, <i>et al.</i> , 2008)	Italia	
	8,42	10,5		SI	(Gornowicz y Krawczyk, 2010)	Polonia	
	11	9,3		SI	(Van Den Brand, Parmentier y Kemp, 2004)	Holanda	
	10,1	9,89		NO	(Petek, <i>et al.</i> , 2008)	Turquía	
	11,9	11,8		NO	(Yilmaz, <i>et al.</i> , 2015)	Turquía	
GROSOR CÁSCARA (mm)	0,5	0,41	0,5	SI	(Hidalgo, <i>et al.</i> , 2008)	Italia	
	0.403	0.397		NO	(Yilmaz, <i>et al.</i> , 2015)	Turquía	
PARÁMETROS INTERNOS							
	SISTEMA DE PRODUCCIÓN			DIF. SIG.	AUTOR	PAÍS	PARTE
	PASTOREO	JAULA	PISO				
LISOZIMA (%)	0,49 a 0,51	0,39 a 0,42		SI	(Gornowicz y Krawczyk, 2010)	Polonia	Albumen
COLESTEROL	470,35 mg/100g	407,95 mg/100g		SI	(Barrantes, <i>et al.</i> , 2006)	Costa Rica	Huevo
	228,5 mg/ huevo	211,2 mg/ huevo		SI	(Zemková, <i>et al.</i> , 2007)	República checa	Huevo
	14,83 mg/g	14,04 mg/g		NO	(Küçükyılmaz, <i>et al.</i> , 2012 b)	Australia	Huevo
	650 mg/100 g	450 mg/100g		SI	(Gultemirian, <i>et al.</i> , 2009)	Argentina	Yema
	13,4 mg/g	13,3 mg/g	14,1 mg/g	SI	(Zemková, <i>et al.</i> , 2007)	República checa	Yema
	14,2 mg/g	13,7 mg/g		NO	(Gornowicz y Krawczyk, 2010)	Polonia	Yema
PROTEÍNA (g /100g)	12,5	12,1	12,6	SI	(Hidalgo, <i>et al.</i> , 2008)	Italia	
	14,8	14,7 a 15		NO	(Gultemirian, <i>et al.</i> , 2009)	Argentina	
	10,4	10,6		NO	(Gornowicz y Krawczyk, 2010)	Polonia	
MINERALES							
Mg (ppm)	4596	4174		SI	(Küçükyılmaz, <i>et al.</i> , 2012 a).	Turquía	Cáscara
Zn (ppm)	2,28	2,81		SI	(Küçükyılmaz, <i>et al.</i> , 2012 a).	Turquía	Cáscara
P (ppm)	1638	1507		NO	(Küçükyılmaz, <i>et al.</i> , 2012 a).	Turquía	Cáscara
Ca (%)	46,9	48,1		NO	(Küçükyılmaz, <i>et al.</i> , 2012 a).	Turquía	Cáscara

Fuente: Elaboración propia

En algunos países de América Latina, también se ha estudiado la influencia del sistema de crianza en la calidad del huevo. Estos estudios han mostrado diferentes resultados, en la Tabla 14. Se observa la metodología empleada en las investigaciones.

Tabla 14. Resumen de las metodologías empleadas en las investigaciones consultadas para Latino América

Autor	País	Gallinas	Objetivo	Metodología		
				Condiciones Climáticas	Alimentación	Parámetros Evaluados
Barrantes, <i>et al.</i> , 2006	Costa Rica	45 aves de cada línea (Isa Brown y Sex Link) de 45 semanas de edad	Evaluar la adaptación de dos líneas y comparar la calidad del huevo con los provenientes del sistema convencional.	56 msnm, temperatura de 25 °C y humedad de 90,4%	Concentrado comercial para ponedoras con 18% de proteína, pastoreo con gramínea forrajera ratana (<i>Ischaemum indicum</i>) y maní forrajero (<i>Arachis pintoi</i>).	Unidades Haugh, Color de la yema, Grosor de Cascara y Nivel de Colesterol.
(Muñoz y Vellojin, 2002)	Costa Rica	42 aves (línea Isa - Brown y Sex Link) de 14 semanas de edad	Evaluar un sistema de producción de huevos con gallinas en pastoreo	56 msnm, temperatura de 25 °C y humedad de 90,4%	Concentrado comercial para ponedoras con 18% de proteína, pastoreo con maní forrajero (<i>Arachis pintoi</i>).	Grosor de la cascara, Color de la yema, Peso del huevo y Unidades Haugh.
(Quilumbaqui y Zenteno, 2015)	Honduras	183 gallinas (Línea Hy-Line W-36 y Hy-Line CV-24)	Evaluar un sistema de producción de aves ponedoras bajo condiciones de semipastoreo	800 msnm, temperatura de 26°C	Concentrado comercial y acceso a pastoreo, con forraje ratana (<i>Ischaemum indicum</i>), pasto estrella (<i>Cynodon dactylon</i>) y coyolillo (<i>Cyperus rotundus</i>). Además se les suministró hortalizas.	Peso del huevo, Unidades Haugh.
(Lacayo y Milian, 2013)	Honduras	94 gallinas (Línea Hy-Line CV® y Dekalb White) 17 semanas de edad	Evaluar la adaptabilidad de las líneas Hy-Line CV- 22® y Dekalb White® en un sistema de semi-pastoreo	800 msnm, temperatura de 26°C	Concentrado comercial y pastoreo con forraje guinea (<i>Panicum máximum</i>)	Peso del huevo, Unidades Haugh, Color de la yema, Grosor de la cascara
(Gómez Castañeda, 2010).	Colombia	1800 gallinas de la línea Hy-line Brown de 15 semanas de edad	Evaluar el sistema de crianza en la calidad del huevo y el bienestar de las aves	2562 msnm, temperatura de 14°C	Concentrado comercial, y pastoreo	% de proteína, humedad, Extracto etéreo y Ceniza.

Fuente: Elaboración propia

En Características como el peso del huevo, se evidenció que el sistema de crianza no afecta este parámetro, ya que no se presentaron diferencias significativas entre los sistemas de producción, obteniendo un 58,48 g de huevos provenientes del sistema en pastoreo y 60,36 g de jaula (Muñoz y Vellojin, 2002), estos resultados coinciden con los reportados por Quilumbaqui y Zenteno. (2015), quienes reportaron un peso de 63,3 g en el sistema en pastoreo y 62,9 g en jaula y los obtenidos por Lacayo y Milian. (2013) donde no se reportaron diferencias significativas, entre el pastoreo (55,7 g) y la jaula convencional (55,6 g).

Por el contrario, las unidades Haugh, variaron según el sistema de crianza, Muñoz y Vellojin. (2002), obtuvieron valores más altos con un 77,57 en pastoreo en comparación con un 55,57 en el sistema de jaula, lo que indica que los huevos procedentes del pastoreo ofrecen una mejor protección de la yema en el transporte y el almacenamiento, ya que esta corresponde a las funciones del albumen denso. Contrariamente, Quilumbaqui y Zenteno. (2015), reportaron un menor valor de unidades Haugh en el sistema en pastoreo vs. las jaulas (87,01 vs. 89,7 respectivamente). Igualmente, Lacayo y Milian. (2013), presentaron resultados más bajos en el pastoreo (97,7) comparados con el sistema en jaula (101,8), Sin embargo, los valores se encontraron dentro del rango aceptable, indicando frescura y calidad del huevo.

En cuanto a la yema, Barrantes, *et al.* (2006), observaron que el color de la yema de huevos de las gallinas bajo pastoreo presentaba valores más altos, en comparación con los de aves bajo el sistema en jaula (12 vs.8), estos resultados coinciden con los de Muñoz y Vellojin. (2002), los cuales reportaron una mayor pigmentación en el sistema en pastoreo (10,64) comparado con el procedente de jaula (6,78), debido al alto consumo de Poaceas y Fabaceas, que contienen pigmentos naturales, en especial las flores de maní forrajero (*Arachis pinto*), pues las aves presentaron un alto consumo de esta en la zona de pastoreo, lo que beneficia su comercialización para mercados específicos; por el contrario, Lacayo y Milian. (2013), evidenciaron una diferencia significativa del sistema de crianza, con valores más altos de color de yema en el sistema intensivo (9,51) comparado con el pastoreo (7,36).

El grosor de la cáscara, no presento variaciones por el sistema de crianza, pues Barrantes, *et al.* (2006) afirman que el grosor de la cáscara de huevos provenientes en sistema de pastoreo vs. el sistema en jaula no difiere estadísticamente presentando valores entre 0,3658 a 0,3785 mm y 0,3912 mm respectivamente. Igualmente, Muñoz y Vellojin. (2002), observaron un valor de 0,38 mm para el sistema en pastoreo y 0,37 para las jaulas, sin diferencias significativas, Sin embargo los dos cuenta con grosores aceptables que permiten la comercialización de os huevos. Asimismo, Lacayo y Milian. (2013) reportaron 0,336 mm en el sistema en pastoreo y 0,328 mm en jaulas.

En cuanto a parámetros como el colesterol presente en el huevo, Barrantes, *et al.* (2006) determinaron un contenido de colesterol total más alto en sistemas de pastoreo en comparación con los sistemas en jaula (470,35 mg/100 g vs. 407,95 mg/100 g). En otros parámetros, Gómez y Castañeda. (2010), realizaron una investigación en Cundinamarca, Colombia, evaluando por medio de análisis bromatológico del huevo (humedad, materia seca, extracto etéreo y proteína) la influencia del sistema de crianza en la calidad de huevo a la semana 30 de producción, los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 16, en donde evidenciaron un contenido de humedad, proteína y extracto etéreo mayor en el sistema en pastoreo en comparación con los otros sistemas de crianza, pero sin efectos significativos.

Tabla 15. Influencia del sistema de producción en la calidad de huevo, en Latino América.

	SISTEMA DE PRODUCCIÓN			DIF. SIG.	AUTOR	PAÍS
	PASTOREO	JAULA	PISO			
PESO DEL HUEVO (g)	58,48	60,36		NO	(Muñoz y Vellojin, 2002)	Costa Rica
	63,3	62,9		NO	(Quilumbaqui y Zenteno, 2015)	Honduras
	55,7	55,6		NO	(Lacayo y Milian, 2013)	Honduras
UNIDADES HAUGH	82	68,9		NO	(Barrantes, <i>et al.</i> , 2006)	Costa Rica
	77,57	55,57		SI	(Muñoz y Vellojin, 2002)	Costa Rica
	87,01	89,7		SI	(Quilumbaqui y Zenteno, 2015)	Honduras
	97,7	101,8		SI	(Lacayo y Milian, 2013)	Honduras
COLOR DE LA YEMA (Abanico Roche® pts)	12	8		SI	(Barrantes, <i>et al.</i> , 2006)	Costa Rica
	10,64	6,78		SI	(Muñoz y Vellojin, 2002)	Costa Rica
	7,36	9,51		SI	(Lacayo y Milian, 2013)	Honduras
GROSOR CASCARA (mm)	0,3721	0,3912		NO	(Barrantes, <i>et al.</i> , 2006)	Costa Rica
	0,38	0,37		NO	(Muñoz y Vellojin, 2002)	Costa Rica
	0,336	0,328		NO	(Lacayo y Milian, 2013)	Honduras
COLESTEROL EN HUEVO (mg/100g)	470,35	407,95		SI	(Barrantes, <i>et al.</i> , 2006)	Costa Rica
PROTEÍNA (%)	13,4	13	12,9	NO	(Gómez y Castañeda, 2010)	Colombia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Análisis bromatológico del huevo.

Análisis	Piso	Jaula	Pastoreo
Humedad (%)	73,2	72	74,4
Ceniza (%)	6,1	5,7	3,6
Proteína (%)	12,9	13	13,4
Extracto Etéreo	10,3	11	11,9

Fuente: (Gómez y Castañeda, 2010).

- **Calidad microbiológica**

La calidad del huevo también se relaciona con su estado sanitario, como el nivel de contaminación microbiana, este parámetro está influenciado por el almacenamiento del producto en cuanto a humedad y temperatura y el sistema de producción, pues se encontró en los huevos provenientes del sistema en pastoreo mayor contaminación microbiana, en comparación con los sistemas en jaulas, debido a la suciedad de los nidos y al bajo control de las excretas de las aves (Sosnowka, Herbut y Skomorucha, 2010), ya que Englmaierová, *et al.* (2014), evaluaron la calidad microbiológica de huevos provenientes de diferentes sistemas de crianzas en gallinas Hisex Brown de 20 semanas de edad, reportando diferencias significativas para el recuento total de bacterias en la superficie del huevo, pues el sistema alternativo presentó hasta 100 veces más contaminación que los provenientes del sistema en jaula, ya que los primeros reportaron valores de *Enterococcus* y *Escherichia coli* de 6,24 y 5,68 log CFU / huevo respectivamente, y el sistema en jaula reportó los valores más bajos de contaminación en la cáscara, con un recuento total de *Escherichia coli* de 3,40 log CFU / huevo y de *Enterococos* con 1,50 log CFU / huevo, atribuyéndole tales valores a una mayor probabilidad del contacto con las heces, por el menor control de las aves y el material de la cama. Igualmente De Reu, *et al.* (2009), encontró valores significativamente más bajos en el recuento de bacterias aerobias sobre las cáscaras de huevo en el sistema de jaula en comparación con los sistemas alternativos (4,75 vs 4,98 log CFU/ huevo respectivamente), en cuanto a contaminación por coliformes totales se reportaron diferencias significativas entre los dos sistemas de producción, ya que el pastoreo reportó valores más altos con 4,31- 5,36 log UFC/ mL en comparación con los huevos provenientes del sistema en jaula (0,64 log UFC/ mL), además de la influencia en el sistema de producción, la calidad sanitaria del producto depende del control y el manejo de las aves y de la explotación en general (Jones, Anderson y Musgrove, 2011).

Tabla 17. Influencia del sistema de producción en la calidad microbiológica del huevo.

	SISTEMA DE PRODUCCIÓN		DIF. SIG.	AUTOR
	PASTOREO	JAULA		
Recuento de <i>Escherichia coli</i>	6,24 log CFU / huevo	3,40 log CFU / huevo	SI	(Englmaierová, <i>et al.</i> , 2014)
Recuento de <i>Enterococos</i>	5,68 log CFU / huevo	1,50 log CFU / huevo	SI	(Englmaierová, <i>et al.</i> , 2014)
Bacterias aerobias	4,98 log CFU/ huevo	4,75 log CFU/ huevo	SI	(De Reu, <i>et al.</i> , 2009)
Coliformes totales	4,31- 5,36 log UFC/ mL	0,64 log UFC/ mL	SI	(Jones, Anderson y Musgrove, 2011)

Fuente: Elaboración propia.

5. BIENESTAR ANIMAL

La intensificación productiva del sector pecuario en la segunda mitad del siglo XX, generada por la creciente demanda de proteína de origen animal, promovió la creación de condiciones de explotación exigentes para los animales, cuyo nivel de adaptación es limitado. Con la aparición de estos nuevos modelos de producción, conceptos como el bienestar animal, se volvieron a retomar, ya que la cría de aves bajo sistemas en confinamiento en las que se restringe su espacio, durante todo su periodo productivo, limitando la expresión de comportamientos propios, promoviendo la aparición de situaciones de miedo, ansiedad y frustración, además de soportar prácticas como la mutilación de su pico, el cual causa altos niveles de estrés, impacta de forma negativa el bienestar de las aves (Martínez, 2006; Dottavio *et. al.*, 2010).

Adicionalmente, en los últimos años se ha evidenciado una creciente preocupación por parte de los consumidores sobre el origen de los alimentos, es decir que la elección de los productos animales se realiza en función del sistema de cría que proceden, lo cual también ha motivado a un cambio en los sistemas de producción (Martínez, 2006).

La tendencia de la producción actual, considera fundamental el bienestar animal, buscando lo más cercano a la crianza natural (Sinchire, 2012), pues esta no es solo una cuestión de ética, sino también práctica, ya que el bienestar y el confort de las aves se traduce en mejores ganancias de peso, salud y productividad (Sosnowka, Herbut y Skomorucha, 2010), en cuanto a las gallinas ponedoras, se busca incrementar su bienestar animal, por medio de una mejora en el entorno, brindándole la posibilidad de expresar comportamientos naturales (pastorear, excavar) (Bruce, *et al.*, 2015).

Por lo tanto la legislación europea, en la directiva 1999/74, en las que se establece las normas mínimas para la protección de las gallinas ponedoras, prohíbe el uso de cría en jaulas a partir del 1 de enero de 2012 en la Unión Europea (CE, 1999), con lo que se buscó la transformación hacia jaulas acondicionadas, con 750 cm² /ave, que cuenten con acceso a un nido y un material para los baños de polvo, con el fin de mejorar aspectos de comportamientos en las aves (Bruce, *et al.*, 2015).

5.1. Concepto de Bienestar animal

La preocupación por el bienestar animal, es un tema promovido desde la antigüedad, ya que se evidenciaron escritos sobre el cuidado de los animales en documentos del antiguo Egipto, desde donde se promueve su importancia, posteriormente se genera la primera ley adoptada por la Corte de Massachusetts en 1641, en donde afirman que *“Ningún hombre podrá ejercer tiranía o crueldad hacia los animales que mantiene para su uso”* (Martínez, 2006). Posteriormente en 1973, se nombran por primera vez la liberación animal, donde se concientiza sobre el trato que reciben los animales de granja destinados al consumo humano, se apunta a que a pesar de las diferencias entre

humanos y animales, se comparte entre todos la capacidad de sentir dolor y sufrimiento. A principio de los 70's, no se pensaba que el trato de los animales, suscitara un tema ético digno de ser tratado y no se registraban organizaciones por los derechos de los animales, ya en Enero de 1978, UNESCO, promulgo en Bruselas, la Declaración Universal de los Derechos de los Animales, en donde se considera que todos los animales tienen derechos y se dividen los conceptos de bienestar en tres aspectos: legal, público y técnico (Gómez y Castañeda, 2010). En la actualidad, se comparte mundialmente la idea de que los animales necesitan un manejo adecuado para su producción, pues los humanos como especie con mayor capacidad de razonamiento, deben ser capaces de brindar unas condiciones productivas favorables, que en lo posible, no causen altos niveles de estrés en los animales destinados al faenamiento (Singer, 2003).

De este modo, se reconocen las obligaciones derivadas del aprovechamiento de los animales, incluyendo la cría responsable, en la que se proporcionen alimentación necesaria, agua, abrigo y que se vele por la salud, evitando el dolor y el sufrimiento, además de que el uso de los animales dependa de un beneficio para la sociedad en conjunto, con lo cual se busca incluir el cuidado de estos en las normas morales comunes que rigen la conducta humana (Martínez, 2006).

El bienestar corresponde a un grupo de condiciones (ambiente y manejo) que afectan el animal, las cuales deben permitir que pueda adaptarse, exhibiendo síntomas positivos de confort como salud, crecimiento y reproducción, es decir que depende de la combinación de un grupo de factores que busca un equilibrio entre las necesidades de los animales (García, Berrocal, Moreno y Ferrón, 2009). Cuando se define el bienestar animal, se entiende que la salud es el factor determinante, sin embargo toma más importancia el resultado de la interacción del animal con las condiciones ambientales del entorno en el que se cría (Martínez, 2006).

El bienestar animal, se define por la RAE (Real Academia Española) como "*el conjunto de cosas necesarias para vivir bien*", aunque esto suena muy amplio, se puede resumir en la capacidad que tiene el animal de vivir una vida natural, que se les prevengan enfermedades y se tenga disposición a un tratamiento veterinario, que se protejan, manejen, alimenten correctamente y que se sacrifique de manera compasiva. Los sistemas de crianza intensivos cumplen en su mayoría estas características (FAO, 2013; Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, 2014).

Sin embargo, otros conceptos se han dado a lo largo de los años; Stephan, afirma que "*un estado de bienestar significa la armonía física y mental del individuo dentro de sí mismo y con su medio ambiente. Esto incluye estar libre de dolor, sufrimiento y daño*" (Stephan, 1992 tomado de Martínez, 2006). Igualmente Hughes. (1976), manifiesta que "*el bienestar animal, se obtienen con un estado de completa salud mental y física, en el que el animal este en armonía con su ambiente*".

Asimismo, La Organización Mundial de Sanidad Animal, define bienestar animal como "*la forma en que un animal afronta las condiciones en las que vive. Un animal se encuentra en un buen estado de bienestar si (como se indica mediante pruebas científicas) está sano, cómodo, bien alimentado, en*

seguridad, capaz de expresar el comportamiento innato y no sufre de sensaciones desagradables de dolor, miedo y angustia” (OIE, 2010, tomado de Rault, 2013).

No se ha podido establecer un concepto de bienestar animal en general, ya que varía según los intereses de cada país, lo cual impide que el bienestar pueda medirse, limitando la construcción de una reforma clara, sin embargo se concluye que el bienestar es una característica del animal, una sensación que percibe en su relación con el entorno (Martínez, 2006).

El Comité Brambell fue uno de los primeros en sugerir una definición de bienestar de los animales, que posteriormente fue conocido como "las cinco libertades"(Bruce, *et al.*, 2015), estas son:

1. Libres de hambre y sed: Agua limpia, dieta que mantenga un estado de salud aceptable.
2. Libres de incomodidad: Garantizando un ambiente adecuado con protección y descanso que sean cómodas
3. Libres de dolor, lesiones y enfermedades: Diagnóstico y tratamiento oportuno de enfermedades
4. Libres de expresar su comportamiento normal: Para esto se les debe entregar espacio suficiente, infraestructura adecuada y compañía de animales de su misma especie, de modo que puedan interactuar.
5. Libres de temor y angustia: Este es un indicador fisiológico en el que se miden los niveles de sustancias que están relacionadas con la respuesta del individuo frente a un agente estresor (Gómez y Castañeda, 2010).

5.2. Evaluación del bienestar animal

La evaluación del bienestar animal, permite establecer si un sistema garantiza confort a los animales, por lo tanto sirven para elaborar guías sobre buenas prácticas en las producciones. Esta es una disciplina muy reciente y aunque hay vacíos sobre los mecanismos fisiológicos relacionados con la pérdida de bienestar, existen recursos científicos que indican cómo medirlo, permitiendo aportar información independientemente de lo que es moralmente aceptable, por lo que debe ser evaluado según la biología de cada especie (Martínez, 2006).

La medición de los niveles de estrés en las gallinas, son uno de los métodos empleados para controlar el estado de bienestar, en las aves el mecanismo de respuesta es de tipo hormonal o conductual, ya que los animales para cambiar su estímulo que causa estrés, realizan conductas determinadas, por lo tanto la medición de este, se da por pruebas directas e indirectas, en las primeras, la evaluación conductual y pruebas hormonales de glucocorticoides y la segunda, pruebas hematológicas, medición de glucagón, grado de inmunosupresión y parámetros de producción, los cuales se pueden medir cuantitativamente (Tejada, Téllez y Galindo, 2000).

Determinar la manera en el que el animal siente el medio que lo rodea, es difícil de interpretar, sin embargo, la evaluación debe estar dirigida a responder dos preguntas: ¿Los animales están sanos? y ¿Los animales reciben lo que quieren? (Bruce, *et al.*, 2015), por lo tanto se emplean métodos de evaluación del bienestar animal, clasificados en 4 categorías (Martínez, 2006):

1. **Medidas de Productividad:** Se relaciona con la reproducción y los productos que se obtienen del animal, aunque son indicadores del funcionamiento biológico, son cuantificaciones objetivas, las cuales se deben tomar a escala individual, pues en grupo puede ser una medida errada. Los índices de productividad evaluadas en gallinas son, producción de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y calidad de huevo, la desventaja de este método es que los altos niveles productivos podrían ocasionar menor bienestar (Martínez, 2006; Gómez y Castañeda, 2010).
2. **Aparición de enfermedades:** Un animal enfermo, tiene problemas de bienestar; el problema de este método, es que en la fase sub clínica, el animal puede estar sufriendo pero no es evidente, lo que limita su evaluación. En este también se miden factores como, condición fisiológica y corporal de las aves, mediante la observación de diversos índices y la realización de pruebas como: el picoteo en las plumas, en el dorso, cabeza y la región de la cloaca, condición física, evaluada mediante la observación de suciedad y presencia de heridas en el ave, morbilidad, mortalidad, fragilidad ósea y condición de las patas, sin embargo un buen estado general de salud no significa ausencia de problemas, por lo tanto se debe definir si el problema de salud realmente afecta el bienestar de las aves (Gómez y Castañeda, 2010; Donaldson y O'Connell, 2012).
3. **Los parámetros bioquímicos:** Ante una dificultad de adaptación, se desarrolla la reacción de estrés como mecanismo de respuesta inespecífico, liberación de glucocorticoides y catecolaminas, el nivel de estas hormonas, sirve para evaluar objetivamente el estado emocional del animal, sin embargo, pueden elevarse por excitación en estados fisiológicos normales (comida, intercambio sexual) o manipulación al tomar la muestra (Martínez, 2006).

La evaluación de niveles de corticosterona, es un método en el que las aves al estar sometidas a situaciones adversas, como ocurre en los sistemas convencionales, debido al estrés social provocado por la alta densidad de aves, frustración causada por vivir en un entorno restringido, el calor, la comida y la privación de agua, los animales intentan en primer lugar evitar estas condiciones desagradables, posteriormente se somete a un proceso fisiológico de la habituación y si el animal no se adapta, ocurre el estrés (Janczak *et al.*, 2007; Rettenbacher, *et al.*, 2013), dando como resultado la activación del eje hipotalámico-pituitario-adrenal (HPA) y por consiguientes cambios de los glucocorticoides en plasma. En las aves, el glucocorticoide principal es la corticosterona, la cual actúa para modificar el comportamiento, causando un desajuste fisiológico que puede tener consecuencias negativas para el animal, en cortos periodos, las aves se enfrentan al estrés físico, la mayor

parte del tiempo, sin embargo cuando la activación de estrés es muy largo o frecuente, se da el estrés crónico (Bulmer y Gil, 2008). La determinación de los niveles de estrés se realiza generalmente en sangre, sin embargo la manipulación y el muestreo en sí mismos son factores de estrés, por lo que se busca determinar estas concentraciones por métodos no invasivos, como la identificación en el albumen del huevo, ya que existe acumulación de los componentes del plasma en la clara y estas pueden influir en el desarrollo embrionario (Downing y Bryden, 2008; Singh et. al., 2009).

Igualmente se emplea, la Hematología, para estudiar los niveles normales de proteínas totales, albumina, colesterol, triglicéridos, calcio y fosforo, ya que se usan como indicadores de las condiciones metabólicas de la salud de las aves, además se evalúa mediante la Medición de Glucagón en la porción endocrina del páncreas, por medio de los grupos aislados de células, (islotos de Langerhans), que producen hormonas entre las que se encuentra esta, la cual eleva la concentración de glucosa, dando paso a la glucogenolisis en el hígado, el aumento en el glucagón pancreático se da como respuesta a estímulos de alarma (Tejada, Téllez y Galindo, 2000).

4. Las medidas de comportamiento animal: Señales sociales u otros actos como los reproductivos que realizan las aves en un medio determinado, y son evaluados mediante observaciones de comportamiento y como es su forma de actuar de manera espontánea; para ello se emplean diferentes técnicas como los etogramas, los test de motivación, en las que se evalúa la motivación de los animales a diferentes recursos, mediante: Test de elección, comparación con otros ambientes y test de conflicto de motivación, además se realizan pruebas como la reacción al miedo, medido generalmente por una escala que va desde 1 (ave muy tranquila) a 10 (ave extremadamente nerviosa), (Bulmer y Gil, 2008; Gómez y Castañeda, 2010; Donaldson y O'Connell, 2012).

Las medidas de comportamiento, consiste en comparar el comportamiento en granja con un patrón específico, "etograma", el cual es el grupo de comportamientos que caracterizan a una especie animal, permitiendo conocer las "conductas esperadas", esta herramienta, permite la mejor comprensión biológica, ecológica y comportamental de un animal en condiciones de vida libre. Son estudios que permiten evaluar los sistemas de crianza, determinando la necesidad de enriquecimiento de los hábitats con elementos que simulen el entorno natural (Herculano, Santos y Pigozzo, 2013). Con la comparación, se conocen las anomalías en el comportamiento, que son más altas cuando el bienestar es menor, en estas se incluyen patologías conductuales, como crisis de pánico colectivo, es decir histeria aviar, picaje y canibalismo, la intensificación ha traído un cambio en el estilo natural de vida, en la organización de los individuos, y en la expresión de comportamientos propios del animal, la manera en la que las aves son alojados intervienen en los mecanismos que controlan el comportamiento, como: frustración, miedo, ansiedad, depresión y aburrimiento (Tejada, Téllez y Galindo, 2000).

5.3. Etología de la gallina ponedora

Las gallinas son considerados animales presa, por lo tanto optan por ser gregarios o caminar sin separarse del grupo, teniendo así más posibilidades de supervivencia, además, el comportamiento y las preferencias de estas en un lugar donde se sienten cómodas por ausencia de peligro, permite que expresen diversas conductas, como el percheo, el cual consiste en colocar una percha o soporte horizontal, en donde pueden posarse las aves, con el fin de descansar en las noches, como lo hacen en un ambiente natural, este a su vez tiene beneficios sobre la salud del animal, ya que mejoran la fortaleza de los huesos, pero es necesario entrenar las aves desde una temprana edad para minimizar así posibles efectos negativos, como desviación tibial o huesos rotos (Büttow, Cepero Y María, 2008). En ambientes donde las gallinas no encuentran perchas, eligen posarse sobre los elementos más altos que encuentran, ya que el 100% de las aves buscan un lugar alto en las noches para descansar y sentirse protegidas; es por ello que la introducción de perchas al ambiente es necesario para el desarrollo físico y psicológico del animal, pues este es un comportamiento muy arraigado en el instinto de las aves (Tactacan, *et al.*, 2009; Rault, 2013).

La anidación es el comportamiento mediante el cual las aves se preparan y colocan el huevo, Weeks y Nicol. (2006), reflejaron que las gallinas tiene un periodo de pre-postura, el que consiste en la preparación del nido, cerca de 20 minutos antes de la puesta, el instinto de estas, hace que busquen un lugar cerrado y discreto, donde la ovoposición ocurra sin factores estresantes, como el picoteo de otras aves, o alguna otra distracción.

Las gallinas tienen como conducta natural el baño de polvo, el cual, no repercute sobre las características productivas, pero si afecta de forma conductual el ave, ya que este se ha determinado como una necesidad comportamental, se ha tratado de determinar cuán importante es este comportamiento sobre la productividad, sin embargo las investigaciones no han determinado este factor (Büttow, Cepero Y María, 2008).

Además de estos, las gallinas tienen varios comportamientos comunes que han sido evaluados mediante los etogramas, en estos, se ha observado el tiempo que tardan las aves en realizar diversas actividades como: Sentarse, caminar, picar, correr, alimentarse, beber, demarcar territorio o disputarse alimento, sacudirse y escarbar (Ikenna, Pike y Cooper, 2016), todos estos comportamientos pueden ser desarrollados durante el tiempo en que se encuentran en pastoreo, lo que contribuye al bienestar de las aves, debido a que los estímulos naturales benefician su comportamiento innato, los cuales no pueden desarrollar en los sistemas intensivos, donde se encuentran restringidas en la libertad de movimiento (Hegelund, 2006).

Igualmente, las aves en los sistemas intensivos se encuentran sometidas a factores estresantes, siendo cada vez más repetitivos los cuadros de tipo conductual, como, las crisis de pánico colectivo y el picaje que ocasiona directamente el canibalismo, caracterizado por la agresión de unas aves con otras, disminuyendo así la productividad del lote, causado principalmente por la falta de espacio

debido a las altas densidades poblacionales al que son sometidas, finalizando en el aumento de interacciones agresivas entre las gallinas (Kjaer y Sorensen, 2001; Donaldson y O'Connell, 2012).

También se han observado enfermedades de tipo metabólicas y nutricionales, principalmente por la tensión a la que se encuentra sometidas, y por la incapacidad para desarrollar actividades propias de la especie, debido a que estos animales tienen que enfrentarse a condiciones adversas como aislamiento, restricción física, condiciones de hacinamiento y falta de un sustrato natural, todo esto interfiere en el comportamiento normal induciendo a los animales a comportamientos conductuales o estereotipias, que se pueden interpretar como: frustración, miedo, ansiedad, depresión y aburrimiento, reacciones negativas que causan cambios en el comportamiento natural de las aves (Tejada, Téllez y Galindo, 2000) .

La frustración recae cuando una conducta natural o instintiva de la gallina es reprimida por una barrera física, siendo frustrada la motivación, desencadenando en conductas negativas, la ansiedad y el miedo ocurren cuando el ave es sometida a un estímulo de peligro, ocasionando un aumento en el estado de alerta, que posteriormente corresponde en el nerviosismo excesivo del animal, y cuando el ave, es finalmente incapaz de controlar el estímulo adverso, y presenta una actitud de apatía y falta de aseo, se conoce como el estado de depresión; por último, el aburrimiento se presenta cuando el ave recibe muy poco estímulo sensorial, llevándola a un estado de inactividad (Tejada, Téllez y Galindo, 2000; Weeks y Nicol, 2006).

5.4. Influencia del sistema de crianza en el bienestar animal.

Se han desarrollado trabajos sobre los comportamientos de las gallinas ponedoras en los diferentes sistemas de producción, pues estos tienen una influencia directa sobre el comportamiento de las aves, ya sea en su expresión natural o la incidencia de estereotipias, causadas por factores que estresan al animal, buscando determinar así las ventajas y desventajas de cada sistema productivo (Tactacan, *et al.*, 2009).

Las preocupaciones éticas públicas sobre el bienestar animal incluyen que las aves puedan expresar su libre comportamiento, que se sientan bien y que su sistema fisiológico funcione con normalidad (Knierim, 2006). Por ello, los sistemas en pastoreo buscan que las aves tengan *confort*, estén protegidas de sus depredadores y de condiciones atmosféricas adversas, y que, a su vez, tengan la posibilidad de expresar su comportamiento natural, además reducir problemas que se presentan en los sistemas convencionales, como un mayor porcentaje de mortalidad, picoteo y canibalismo (Gómez y Castañeda, 2010 ; Donaldson y O'Connell, 2012). La gestión del bienestar animal debe orientarse en reemplazar las experiencias negativas en positivas, reduciéndolos a un nivel tolerable y que proporcionen oportunidades para que los animales expresen sus comportamientos naturales (Mellor, 2016).

Los consumidores, cada vez más preocupados por aquello que están consumiendo, desean conocer el origen y la trazabilidad del producto, es por esto que la producción de huevo, enfocada en la productividad y eficiencia, se encuentra cada vez más cuestionada por sus prácticas de manejo, ya que repercuten directamente sobre el bienestar del animal, por el estrés continuo por parte del operador y las altas densidades (No. Aves/m²), lo cual limita la posibilidad de realizar ciertas conductas, como: forrajeo, posarse, baños de arena y en particular, de anidación, pues la falta de nidos genera frustración y estereotipias, ocasionando que las producciones intensivas, se alarmen por el bienestar de las aves, re diseñando o cambiando sus prácticas de manejo, ya que cada día se hace más frecuente la relación entre la presencia de enfermedades y la producción intensiva, encaminando a las aves a un estrés mayor (Tejada, Téllez y Galindo, 2000; Sinchire, 2012; Rhim, 2013).

Por otra parte, las producciones alternativas, brindan un confort al animal y afectan positivamente la salud de las aves, por una menor carga animal por metro cuadrado, además el acceso a zonas de pastoreo, y menor restricción de movimiento, el espacio que se les brinda a las gallinas les permite obtener un variado número de estímulos que solo el ambiente puede proveer, como lo son los rayos solares, la diversidad de plantas y especies de insectos que se encuentran en la zona de pastoreo, permitiendo que el ave exprese su comportamiento natural principalmente explorar, excavar y la caza, mejorando su movilidad y evitando problemas como el picoteo, canibalismo y mayor incidencia de enfermedades por supresión del sistema inmune (Knierim, 2006; Rault, 2013).

Igualmente, el acceso al aire libre reduce el comportamiento agresivo y al estar en este entorno se tiene una oportunidad para recortar sus garras, evitando daños al interactuar con otras aves (Sosnowka, Herbut y Skomorucha, 2010; Ikenna, Pike y Cooper, 2016), además se ha documentado un gran número de gallinas realizando baños de polvo, debido a la estimulación del entorno, al permitir el contacto con materiales friables (Knierim, 2006).

La osteoporosis, también es considerada un tema de importancia en la salud de gallinas ponedoras y con ello de su bienestar, ya que resulta de la pérdida progresiva de hueso estructural, debido a un cambio en los mecanismos de formación de hueso durante todo el período productivo para proporcionar el calcio necesario en la formación de la cáscara del huevo; esta enfermedad es una muerte lenta debido a la parálisis por la reducción de la resistencia ósea (Sinchire, 2012), la osteoporosis grave conduce a la fractura espontánea de las costillas, la quilla y las vértebras torácicas, causando dolor crónico (Webster, 2004). La fuerza y resistencia del hueso depende de la actividad física realizada, por lo tanto en las jaulas convencionales, el limitado espacio restringe el ejercicio, contribuyendo a la debilidad del hueso, dando lugar a deformaciones esqueléticas o fracturas; por el contrario los sistemas en pastoreo presentan un aumento en la resistencia ósea al permitirles a las gallinas el acceso a un espacio amplio, promoviendo la actividad física y con ello, reducción de la osteoporosis (Barnett, 2000; Rault, 2013).

Además, Donaldson y O'Connell. (2012), observaron una reducción del temor de las gallinas hacia los seres humanos, lo cual permite una mayor facilidad de manejo y una reducción en el comportamiento de picoteo en las plumas, debido a la menor densidad de aves, esta conducta es difícil de controlar ya que corresponde a un comportamiento de alimentación redirigido (Rault, 2013). Hegelund, *et al.* (2006), Evaluaron la agresividad y el picoteo en las plumas, mediante una escala de 10 (daño grave del plumaje) a 20 (perfecta condición de plumaje), reportado datos variables en este comportamiento, pues en la mayoría de grupos analizados la condición de plumaje fue calificada superior a 17,5, lo que indica poco o ningún daño, mientras que en otros grupos fueron calificados menor que 13,5, lo que indica un nivel grave de picoteo en las plumas. Igualmente, Ikenna, Pike y Cooper. (2016) evaluaron el sistema en pastoreo y su relación con el bienestar de las aves, en este concluyeron que las áreas en pastoreo donde se dispusieron árboles, las aves presentaron mejores condiciones de plumaje, sin embargo las demás zonas que no se encontraban con un enriquecimiento del entorno, presentaban una condición de plumaje en general deseable, además encontraron un efecto del tamaño de la parvada en la condición del plumaje, pues en grupos más pequeños se presentó una mejor condición, además encontraron una relación positiva entre la condición de la pluma y el uso de las zonas en pastoreo, por el aumento de las oportunidades de comportamiento, al tener mayor espacio se evitan lugares competitivos. Es decir que este parámetro se encuentra fuertemente influenciado por el acceso a zonas abiertas, ya que promueve el comportamiento exploratorio, estimulado por un entorno con diversidad de especies vegetales, además de que los animales pequeños, como insectos pueden estimular la caza y la excavación, el aumento de espacio puede reducir el estrés en general, que por sí mismo puede afectar la tendencia picoteo de las plumas, por el contrario cuando se restringe al ave pastorear causa problemas como el canibalismo, que constituye una causa importante de mortalidad en el lote (Knierim, 2006).

Sin embargo, al someter a las gallinas a un sistema de pastoreo, estas no utilizan todo el espacio asignado, por el contrario sólo el 18% de las gallinas lo emplea, pues la mayoría se mantienen cerca de la casa, lo cual reduce los beneficios y aumenta el riesgo de contaminación parasitaria y la degradación de la vegetación en las proximidades del refugio (Hegelund, *et al.*, 2006). Igualmente Ikenna, Pike y Cooper. (2016), Evidenciaron que en promedio un 12,5% de las gallinas emplean el área en pastoreo, de los cuales el 4,3% se encuentran en las zonas enriquecidas con mayor cantidad de árboles, el mayor número de aves en la zona en pastoreo se reportó a las 10:00 am y disminuyó en el transcurso del día, además las variaciones climáticas influyen en el uso del pastoreo, ya que a menores temperaturas, humedad relativa alta y lluvia, descendía la presencia de las gallinas en pastoreo, también disminuye con una mayor distancia del refugio, evidenciando una preferencia por la proximidad de la casa, como una estrategia anti- depredadores, Entre los comportamientos realizados por las aves, caminar (26,6%) y la búsqueda de alimentos (20,6%), son los que más motivan a las aves al uso de las zonas en pastoreo, seguidos por picotear (19,8%) y en menor proporción se encontraron acicalándose (3,4%), corriendo (0,4%), realizando baños de polvo (0,2%), entre otros. Este parámetro también se encuentra relacionado con el picoteo y forrajeo, los cuales dependen de la composición botánica y el estado de degradación de la pradera, además los

pastos más suaves son los de mayor preferencia para el picoteo de las plantas, por lo tanto en el establecimiento de las áreas en pastoreo se busca estimular este comportamiento, mediante la elección de plantas que proporcionen una cobertura del suelo estable y sean agradables para las aves (Breitsameter, Gauly y Isselstein, 2014).

El libre desplazamiento, por zonas más amplias, proporciona mayor potencial de bienestar animal. No obstante, presenta desventajas en algunos aspectos de la salud, como mayor riesgo a contraer enfermedades y depredaciones por parte de otros animales, por ello para la implementación de sistemas en pastoreo se debe contar con un refugio apropiado para las aves y condiciones ambientales adecuadas (Knierim, 2006; Hegelund, *et al.*, 2006).

Por otra parte, los sistemas en pastoreo presentan un riesgo de bioseguridad, por su dificultad de limpieza y desinfección, ocasionando un menor manejo de las aves, además al estar expuestas a un entorno natural se permite completar el ciclo de vida de los parásitos, ya que ha reportado una alta prevalencia de nematodos en las aves, como la *Galli ascaridia* con un 64% en los sistemas en pastoreo vs. 5% en jaulas convencionales, pues las aves se infectan por la ingestión de parásitos presentes en el suelo, los cuales disminuyen la utilización de nutrientes suministrados y pueden obstruir el intestino delgado, hasta causar muerte, también se encontró que el 99,6% de las 740 gallinas evaluadas, albergaba al menos una especie de nematodos y las más comunes fueron *Heterakis gallinarum* (98%), seguido de *Ascaridia galli* (88%) y *Capillaria spp.* (75,3%), además la prevalencia de cestodos fue del 24,9%, en este estudio se concluyó que las aves tenían una presentación subclínica de la enfermedad (kaufmann, Daş, Sohnrey y Gauly, 2011), estos resultados son comparables con los de Hegelund, *et al.*(2006), quienes obtuvieron un promedio de mortalidad del 22%, ya que analizaron 16 grupos de gallinas ponedoras y encontraron problemas en la salud de las aves, 14 de los 16 grupos analizados presentaron infección por *Escherichia coli*, en 10 de los 16 grupos nematodos intestinales (*Ascaridia galli*), e infestación por nematodos en 7 de los 16 grupos de aves, sin embargo cuando los niveles de infestación no están altos, no se consideran una amenaza para el bienestar animal (Knierim, 2006).

La evaluación del bienestar animal, también se determina mediante las concentraciones de corticosterona, la cual es la principal hormona glucocorticoide que aumenta en las aves bajo condiciones de estrés (Singh, *et al.*, 2009; Cook, *et al.*, 2011). En la evaluación de esta en diferentes sistemas de crianza, Barnett. (2000), reporto mayores concentraciones de corticosterona mayor en sistemas alternativos (1,54 nmol/L) en comparación con los sistemas en jaula (0,46 nmol/L), argumentando que este resultado se debe al estrés crónico en los sistemas en jaula, además evidenciaron que los niveles de esta disminuye con la edad de las aves para los dos sistemas. Igualmente, Bulmer y Gil. (2008), quienes evaluaron los niveles de corticosterona en huevo, empleándolo como un método no invasivo, en la que no se altera la muestra por manipulación de las aves, se evidenciaron mayores concentraciones corticosterona en el sistema de pastoreo (1,7 ng mL⁻¹), seguido por el piso (1,5 ng mL⁻¹) y por último en gallinas procedentes del sistema de jaula (1,3 ng mL⁻¹), lo que sugiere que las gallinas en pastoreo están más estresados que las criadas en el

sistema de jaulas, debido a que las aves en pastoreo experimentan un estrés social más alto, ya que se alimentan comunalmente y se establecen jerarquías, sin embargo, estos valores se atribuyeron a un estrés crónico, el cual ocurre cuando se activa la respuesta a un estrés demasiado frecuente, reduciendo la producción hormonal en el organismo.

Basados en el bienestar otorgado por los diferentes sistemas de crianza, se ha desarrollado “la matriz ética de alternativas”, en la cual, se expone las ventajas y desventajas de cada sistema (Tabla. 17), la cual indica que según la percepción social, la mejor alternativa como defensa del bienestar de las aves, corresponde a la cría en libertad (Blasco, 2011).

Tabla 18. Matriz ética de sistemas alternativos de alojamiento para gallinas de puesta

Interés del Productor	
Jaula	Producto sin valor añadido
Jaula Enriquecida	Producto con valor añadido dudoso
Cría en libertad	Producto con valor añadido “Gallina feliz”
Interés del Consumidor	
Jaula	Inaceptable para muchos consumidores
Jaula Enriquecida	Inaceptable para muchos consumidores
Cría en libertad	La preferida por la mayor parte de los consumidores
Interés de la Gallina	
Jaula	Restricciones severas al comportamiento natural, Heridas, Dolor crónico “Inaceptable”
Jaula Enriquecida	Permite la mayor parte del comportamiento natural “Aceptable”
Cría en libertad	Expresión completa del comportamiento natural, Mayor mortalidad, Enfermedades, Estrés “Aceptable”

Fuente: (Blasco, 2011)

En los sistemas convencionales, también se ha buscado mejorar el bienestar de las aves, mediante la ampliación de las jaulas, ya que existe una interacción entre el bienestar y el espacio disponible, pues se evidenció que en las jaulas pequeñas (0,042 m²/ave), las aves permanecían una mayor cantidad de tiempo de pie y durmiendo, lo que reduce las interacciones sociales, además de una mayor frecuencia de picoteo, lo que ocasiona daño de la pluma, aumentando la tasa de mortalidad en comparación con la jaula mediana (0,066 m²/ave) y la jaula grande (0,094 m²/ave), las cuales presentaron una mayor frecuencia en el estiramiento de las alas, caminando y acicalamiento, permitiendo que se mantenga una buena condición del plumaje, sin embargo las jaulas limitan a las aves a expresar comportamientos como aleteo, estiramiento y movimiento de la cola (Rhim, 2013).

En cuanto al sistema en piso, adicional a la alta densidad poblacional, se ha encontrado, que la presencia de cama, conduce a un aumento de los niveles de polvo y amoníaco, generando una mala calidad en el aire, lo cual afecta la salud de las aves y con ello su bienestar, causando irritación, malestar y aumento de los problemas respiratorios (Rault, 2013), además el polvo puede ser un vector de microorganismos y toxinas, el cual puede mejorar, permitiendo a las aves acceder a zonas más amplias con aire fresco (Knierim, 2006; Bruce, *et al.*, 2015).

El bienestar de las gallinas ponedoras en diferentes sistemas de crianza, también ha sido evaluado en Colombia por Gómez y Castañeda. (2010), quienes sometieron 1800 aves (Hy Line Brown) a tres sistemas de producción (pastoreo, jaula y piso), evaluando las 5 libertades, mediante la observación directa de las gallinas y el análisis de los registros en granja, en este se concluyó que el sistema en pastoreo permitió condiciones de bienestar y productividad mayores a los otros dos sistemas de producción (jaula y piso), ya que los espacios abiertos disminuyen los niveles de estrés, con adaptación a su ambiente, pues este sistema reporto los niveles más bajos en presencia de estereotipias (volar, correr, aletear, forrajeo) grado de suciedad, presencia de heridas y lesiones, y una mejor condición de plumaje, además un nivel más bajo en canibalismo, pues no reporto ningún nivel, en comparación con el sistema en jaula, que presento 3, seguido por el sistema en piso con 1.

CONCLUSIONES

- Las producciones avícolas constituyen una de las industrias con mayor avance técnico y científico del sector agropecuario. Sin embargo, en la actualidad la preocupación por el ambiente y respeto hacia los seres vivos, ha motivado a un cambio en la orientación del modelo productivo, buscando alternativas más amigables.
- Los sistemas de producción intensivos, permiten un mayor control de las aves, con el fin de incrementar la tasa productiva y ofrecer a la población creciente, proteína de origen animal a un precio bajo, mediante las altas densidades de alojamiento (No. Aves/m²), afectando directamente los comportamientos normales de las gallinas, como baño en polvo, correr, perchar y caminar, lo que ocasiona problemas como picoteo, ansiedad, frustración y depresión, poniendo en riesgo la salud de las aves.
- El modelo de producción de huevos en pastoreo, buscan agrupar prácticas usadas tradicionalmente que permitan expresar su comportamiento natural (pastorear y escavar), con prácticas de los sistemas intensivos, como: bioseguridad, registros y suministro de dietas balanceadas, este modelo se caracteriza por su bajo costo de implementación y fácil manejo, haciéndolo viable para pequeños y medianos productores. Los sistemas en pastoreo brindan una opción más natural de criar las aves en postura, lo cual suple las demandas de los nuevos mercados, proporcionando mejores estándares de bienestar a las aves, al acceder a un espacio con aire libre, y un área cubierta que los protege de los depredadores y las variaciones climáticas. La baja calidad de dieta que puede llevar un ave en el sistema pasto puede afectar directamente los parámetros productivos como, ganancia de peso y producción de huevos.
- La calidad de huevo depende de diversos factores, como: Línea genética, alimentación adecuada que permita cubrir sus requerimientos nutricionales; variables ambientales, como la temperatura, que tiene influencia en la capacidad de absorción de Ca y el almacenamiento que influye en la calidad final del producto.
- El sistema productivo utilizado, repercute directamente sobre la calidad del huevo por sus diferencias de manejo y nutrición. En el sistema en pastoreo, las aves tienen disponibilidad de forrajes e insectos para su consumo, lo cual influye en un mayor contenido de albumina, lisozimas, colesterol y un grosor superior de la cáscara, en comparación con los sistemas convencionales, sin embargo la calidad microbiológica de huevo es menor en pastoreo, además, muchos de los nutrientes extraídos en las áreas destinadas para pastorear son insuficientes para asegurar una buena producción, por ello es importante suministrar dietas completas o alimentos enriquecidos, pues al permitirse una mayor actividad física, las gallinas gastan más energía en el mantenimiento, lo que reduce su productividad.

- El bienestar de las aves, se encuentra influenciado por el sistema de crianza, debido principalmente a la densidad poblacional (No. Aves/m²), ya que los sistemas en pastoreo, al permitirle a las aves un espacio abierto donde exhiben sus comportamientos naturales, se evidenció menor temor hacia los seres humanos, facilitando su manejo y menor agresividad y picoteo, observando mejor condición del plumaje, ya que se promueve el comportamiento exploratorio y la presencia de pequeños animales como insectos que estimulan la caza y la excavación. Además la actividad física, genera una mejor resistencia ósea, disminuyendo el riesgo de presentar osteoporosis, sin embargo, estos presentan problemas en el manejo de excretas alrededor de las casas, debido a la baja presencia de las aves en las áreas del pastoreo y una mayor incidencia de enfermedades parasitarias, lo que podría reducir el bienestar de las aves.

RECOMENDACIONES

- La falta de estudios sobre la influencia del sistema en la calidad de los productos, causa una competencia desigual entre los productores, ya que al no tener claras las características de estos, la diferenciación y sobreprecio del producto se hace muy subjetiva, por lo que se deben realizar más estudios técnicos, en los que se evalúe la influencia del sistema sobre la calidad del huevo, para nuestras condiciones geográficas, con el fin de generar conocimiento que permita dicha comparación, además se debe complementar con investigaciones del componente económico y de mercado para poder concluir con mayor certeza la idoneidad de uno u otro sistema.
- La aplicación del sistema en pastoreo para la producción de huevos presenta mayores riesgos de bioseguridad, lo que contribuye a la presencia de enfermedades, al encontrarse las aves en un espacio abierto, donde están expuestas al paso de aves migratorias, que pueden transmitir enfermedades como la influenza aviar.
- El modelo de avicultura en pastoreo es recomendable en proyectos de pequeña y mediana escala, con un estudio previo de los canales de distribución, con el fin de garantizar un valor agregado de estos productos, resaltando los beneficios que le brindara al consumidor final.
- Los vacíos legales existentes sobre las producciones alternativas acarrea problemas en el procesamiento, venta y rotulado de los productos finales, ya que no se llega a tener clara la diferenciación entre estos con uno producido bajo un sistema intensivo, lo cual hace necesaria la regulación en los canales de comercialización con la creación de normatividad enmarcada en el contexto de Colombia, teniendo en cuenta condiciones geográficas, ambientales, sociales y sanitarias, que permita garantizar la calidad del producto al consumidor final y beneficiar al productor.
- La baja competitividad está marcada por la ausencia de mercados que impulsen el consumo de productos provenientes de sistemas alternativos, lo que hace necesario desarrollar mercados diferenciados con apoyo público y privado para que se puedan valorar los productos de sistemas alternativos.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILERA, María. Determinantes del desarrollo en la avicultura en Colombia: instituciones, organizaciones y tecnología. Cartagena. Banco de la república, 2014. 70p.
- AHO, Paul. El Rol de Huevos de Consumo en la Oferta y Demanda de Proteína Mundial. En: Escuela Técnica Internacional Bogotá, 2013. 37 p.
- BANCO MUNDIAL. Informa sobre el desarrollo mundial: Agricultura para el desarrollo. Mundi-prensa, 2008. 322 p.
- BARNETT, John. The Welfare and Productivity of Hens in a Barn System and Cages. Australia, Rural Industries Research and Development Corporation, 2000. 42p.
- BARRANTES, A; VIQUEZ, C; TAYLOR, R; BOTERO, R y OKUMOTO, S. Analisis de la capacidad productiva y adaptativa de dos lineas geneticas de gallinas ponedoras (Sex link e Isa brown) bajo un sistema de pastoreo en el tropico humedo. En: Tierra Tropical, 2006, Vol 2, p. 115-122.
- BARRIENTOS, Zaidett. Zoología general. Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia, 2003. 200p.
- BARROETA, Ana; IZQUIERDO, Dolores Y PEREZ, José. Manual de Avicultura: Breve manual de aproximación a la industria avícola para estudiantes de veterinaria. Barcelona, UAB, 2010. 62p.
- BLASCO, Agustin. Ética y bienestar animal. Madrid, Ediciones Akal S.A, 2011. 145 p.
- BOHORQUEZ, Victor. Perspectiva de la producción avícola en Colombia. Trabajo de grado (Esp. Alta Gerencia). Bogotá D.C.: Universidad Militar Nueva Granada. 2014.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO (BOE). Reglamento No. 226 (Febrero de 2008). Por el que se regulan las condiciones de aplicación de la normatividad comunitaria de comercialización de huevos.
- BREITSAMETER, Laura; GAULY, Matthias Y ISSELSTEIN, Johannes. Sward botanical composition and sward quality affect the foraging behaviour of free-range laying hens. En: Applied Animal Behaviour Science, 2014, Vol 150, p. 27-36
- BRUCE, David; RANDI, Moe; VIRGINIE, Michel; VONNE, Lund y CECILIE, Mejdell. Air Quality in Alternative Housing Systems May Have an Impact on Laying Hen Welfare. En: Animals, 2015, Vol 5, p. 495-511.
- BULMER, Elena y GIL, Diego. Chronic Stress in Battery Hens: Measuring Corticosterone in Laying Hen Eggs. En: International Journal of Poultry Science, 2008, Vol 7, p. 880-883.
- BÜTTOW, Victor; CEPERO, Ricardo y MARÍA, Gustavo. Aspectos etológicos y productivos de gallinas ponedoras alojadas en jaulas convencionales o enriquecidas de fabricación española. En: R. Bras. Agrocência, 2008, Vol 14, p. 125-134.
- BUXADÉ, Carlos. La gallina ponedora. Sistemas de explotación y técnicas de producción. Barcelona. Mundi-prensa, 2000. 603p.
- CASTELLINI, C; MUGNAI, C. y DAL BOSCO, A. Effect of organic production system on broiler carcass and meat quality. En: Meat science, 2002 (a), Vol 60, p. 219-225.
- CASTELLINI, C; MUGNAI, C. y DAL BOSCO, A. Meat quality of three chicken genotypes reared according to the organic system. En: Italian Journal of Food Science, 2002 (b), Vol 4, p. 90- 105.
- CHACÓN, Alejandro; SALAS, Catalina y ZAMORA, Laura. Harina de cefalotórax de camarón en raciones para gallinas ponedoras: efectos en el huevo. En: Agronomía Mesoamericana, 2016, Vol 27, p. 81-93.
- COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA (CEE). Reglamento No. 1804 (19 Julio 1999). Por la que se establecen las normas mínimas para la protección de las gallinas ponedoras.
-

COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA (CEE). Reglamento No. 2092 (24 junio 1991). Sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios.

CONSO, Pietro. La gallina ponedora. España. Ediciones Ceac S.A., 2000. 117p.

COOK, N; RENEMA, R; WILKINSON, C Y SCHAEFER, A. Comparisons among serum, egg albumin and yolk concentrations of corticosterone as biomarkers of basal and stimulated adrenocortical activity of laying hens. En: British Poultry Science, 2011, Vol 50, p. 620-633.

DE REU, K; RODENBURG, T; GRIJSPEERDT, K; MESSENS, W; HEYDRICKX, M; TUYTTENS, F; SONCK, B; ZOONS, J y HERMAN, L. Bacteriological contamination, dirt, and cracks of eggshells in furnished cages and noncage systems for laying hens: An international on-farm comparison. En: Poultry Sci, 2009, Vol 88, p. 2442-2448.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Censo Nacional Agropecuario, 2014.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Gallinas ponedoras y producción de huevo Una fuente de proteína animal de bajos costos, al alcance de todos. En: Boletín mensual: Insumos y factores asociados a la producción agropecuaria, 2013, Vol 16, p. 1/6.

DONALDSON, C. y O'CONNELL, N. The influence of access to aerial perches on fearfulness, social behaviour and production parameters in free-range laying hens. En: Animal Behaviour Science, 2012, Vol 142 , p. 51– 60.

DOTTAVIO, A., DI MASSO, R. Mejoramiento avícola para sistemas productivos semi-intensivos que preservan el bienestar animal. En: Basic & Applied Genetics, 2010, p.1-10.

DOWNING, J. y BRYDEN, W. Determination of corticosterone concentrations in egg albumen: A non-invasive indicator of stress in laying hens. En: Physiology & Behavior, 2008, Vol 95, p. 381–387.

ENGLMAIEROVÁ, M; TUMOVÁ, E; CHARVÁTOVÁ, V y SKRIVAN, M. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination. En: Czech J. Anim. Science, 2014, Vol 59, p. 345–352.

FANÁTICO, A. Sistemas Avícolas Alternativos con acceso a pastura. En: ATTRA National Sustainable Agriculture Information Service, 2007, p. 1-24.

FEDERACION NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA (FENAVI). Estadísticas de producción y consumo de huevo en Colombia. 2016.

FEDERACION NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA (FENAVI). Talento y nutrición. En: Avicultores, 2016, Vol 238.

FEDERACION NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA (FENAVI). Primera norma técnica de ovoproductos, apertura para nuevos negocios. En: Avicultores, 2015, Vol 226.

FERNÁNDEZ, Sergio. Huevo Omega3. En: Revista Plumazos, 2001, Vol 14, p. 4-13.

GALEANO, Luis. Caracterización de sistemas de producción avícola de huevo mediante la implementación de modelos de predicción y clasificación. Trabajo de grado (Doctorado en Ciencias Animales). Antioquia: Universidad de Antioquia. 2014.

GARCÍA, Roberto; BERROCAL, Juan; MORENO, Laura; FERRÓN, Gisela. Producción ecológica de gallina ponedora. Sevilla. Consejería de agricultura y pesca, 2009, 124p.

GIL, Ángel. Tratado de nutrición, Composición calidad nutritiva de los alimentos. México. Editorial Panamericana, 2010, 812p.

GÓMEZ, Javier y CASTAÑEDA, Claudia. Evaluación del bienestar animal y comparación de los parámetros productivos en gallinas ponedoras de la línea hy-line brown en tres modelos de producción piso, jaula y pastoreo. Trabajo de grado (Zootecnista). Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. 2010.

GONZÁLEZ, Oscar y ARÉVALO, Sergio. Evaluación del efecto de dos suplementos de calcio en ponedoras comerciales hy line brown en tres diferentes edades de vida. Trabajo de grado (Zootecnista). Bogotá D.C.: Universidad de La Salle. 2013.

GONZÁLEZ, Y y ARIAS, J. Influencia de tres niveles de zeolita sódica en dieta de ponedoras, sobre comportamiento productivo, metabólico y calidad de huevos. Trabajo de grado (Zootecnista). Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca, 2007.

GORNOWICZ, E. y KRAWCZYK, J. Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. En: *European Poultry Science*, 2010.

GROBAS, S y MATEOS, G. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. En: XII Curso de especialización FEDNA, 2000, 25p.

GULTEMIRIAN, M; NIEUWENHOVE, C; PÉREZ, A. y APELLA, M. Physical and chemical characterization of eggs from araucana hens of free range fed in Argentina. En: *Journal of the Argentine Chemical Society*, 2009, p. 19-30.

GUZMÁN, Libia. Los huevos de veneno a comida sana. En: *Revista Plumazos*, 2003, Vol 18, p.10-12.

HEGELUND, L; SORENSEN, J. y HERMANSEN, J. Welfare and productivity of laying hens in commercial organic egg production systems in Denmark. En: *Wageningen Journal of Life Sciences (NJAS)*, 2006, Vol 54, p. 147-155.

HERCULANO, D; SANTOS, M y PIGOZZO, C. Etograma del flamenco chileno en condición de cautiverio en el parque zoo- botánico Getulio Vargas. En: *Centro Universitario Jorge Amado*, 2013, p. 8–21.

HERNÁNDEZ, Martín. Pigmentación en la industria avícola. En: *Los avicultores y su entorno*, 2014, Vol. 89, p. 110-115.

HIDALGO, A; ROSSI, M; CLERICI, F. y RATTI, S. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. En: *Food Chemistry*, 2008, Vol 106, p. 1031–1038.

HUGHES, B. Behaviour as an index of welfare in *Proceedings of the fifth European Poultry Conference*. Malta, 1976, p. 1005–10018.

HY- LINE®. Guía de Manejo Comercial, 2014, 45p.

HY- LINE®. Guía de manejo comercial. 2007. p. 3-5

IKENNA, Leonard; PIKE, Tom y COOPER, Jonathan. Ranging Behaviour of Commercial Free-Range Laying Hens. En: *Animals*, 2016, p. 1-13

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO (ICA). Reglamento 957 (2015). Marco legal producción avícola: Granja Avícola Comercial Biosegura.

JANCZAK, A; TORJESEN, P; PALME, R. y BAKKEN, M. Effects of stress in hens on the behaviour of their offspring. En: *Animal Behaviour Science*, 2007, Vol 107, p. 66–77.

JONES, D; ANDERSON, K y MUSGROVE, M. Comparison of environmental and egg microbiology associated with conventional and free- range laying hen management. En: *Poultry Science*, 2011, Vol 90, p. 2063-2068.

KAUFMANN, Falko; DAŞ, Gürbüz; SOHNREY, Birgit y GAULY, Matthias. Helminth infections in laying hens kept in organic free range systems in Germany. En: *Livestock Science*, 2011, Vol 141, p. 182-187.

- KJAER, J y SORENSEN, P. Feather pecking and cannibalism in free range laying hens as affected by genotype, dietary level of methionine + cystine, light intensity during rearing and age at first access to the range area. En: Applied Animal Behaviour Science, 2002, Vol 76, p. 21-39.
- KNIERIM, U. Animal welfare aspects of outdoor runs for laying hens: a review. En: NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 2006, Vol 54, p. 133-145.
- KOPEĆ, W; SKIBA, T; KORZENIOWSKA, M; BOBAK, L y TRZISZKA, T. Activity Of Protease Inhibitors And Lysozyme Of Hen's Egg White. En: Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences, 2005, Vol 14, p. 79-83.
- KÜÇÜKYILMAZ, K; BOZKURT, M; YAMANER, Ç; ÇINAR, M; ÇATLI, A y KONAK, R. Effect of an organic and conventional rearing system on the mineral content of hen eggs. En: Food Chemistry, 2012 (a), Vol 132, p. 989-992.
- KÜÇÜKYILMAZ, Kamil; BOZKURT, Mehmet; HERKEN, Emine; ÇINAR, Mustafa; UĞUR, Abdullah; BINTAŞ, Erol y ÇÖVEN, Fethiye. Effects of Rearing Systems on Performance, Egg Characteristics and Immune Response in Two Layer Hen Genotype. En: Asian-Australas Anim Sci, 2012 (b), Vol 25, p. 559-568.
- LACAYO, Ana y MILIAN, Byron. Evaluación de las líneas de gallinas ponedoras Hy-line CV-22® y Dekalb White® en un sistema de semi – pastoreo en Zamorano, Honduras. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Honduras: Universidad Zamorano, 2013.
- LESUR, Luis. Manual de avicultura. Ciudad de México. Trillas, 2003. 80p
- LICHOVNÍKOVÁ, M y ZEMAN, L. Effect of housing system on the calcium requirement of laying hens and on eggshell quality. En: Czech J. Anim. Sci., 2008, Vol 53, p. 162-168
- LONDOÑO, L. La avicultura en Colombia. Bogotá D.C. FENAVI, 2002. 357p.
- MANTILLA, Inés y MEJÍA, Jaime. Efecto del suministro de dos presentaciones de alimento en gallinas ponedoras Lohmann Brown durante la etapa de producción. Trabajo de grado (Maestría en producción animal). Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. 2014
- MARTÍNEZ, Algis; ALBÁN, Gina y VARGAS, Paulo. Aspectos anatomo-Fisiológicos del sistema reproductivo aviar y la formación del huevo. En: Revista Plumazos, 2000, Vol 13, p. 25-31.
- MARTÍNEZ, H. y ESPINOSA, D. La cadena de cultivos ecológicos en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia. 2005.
- MARTINEZ, Tomas. El bienestar animal y la calidad etica de los alimentos. En: Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental, 2006, Vol 19, p. 49-62.
- MELLOR, D. Updating animal welfare thinking: Moving beyond the 'Five Freedoms' towards 'a life worth living. En: Animals, 2016, p. 6-21.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. (Resolución 0187 de 2006). Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaquetado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos. Bogotá D.C., 2006. 48 p.
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Plan nacional de negocios verdes, 2014, p.8-16.
- MONTOYA, Catalina; VELÁSQUEZ, Diana; AGUDELO, Katerine; MONSALVE, Laura y MARIN, Marly. Productividad de los sistemas de gallinas ponedoras en pastoreo. En: Universidad de Antioquia, 2012, p. 1-7.
- MOUNTNEY, G y PARKHURST, C. Tecnología de productos avícolas. Zaragoza. Acribia S.A., 2001, p. 351-374.

MUÑOZ, Juan y VELLOJIN, Jose. Diseño y evaluación de un sistema de producción de huevos con gallinas bajo pastoreo en el trópico húmedo. Trabajo de grado (Ingeniero Agronomo). Costa Rica: Universidad EARTH, 2002.

NAVARRO, Max. Estudio de factores de calidad de huevos en ponedoras Isa Brown y haver Cross sometidas a diferentes dosis de Esparteína y alcaloides totales del lupino. Trabajo de grado (Licenciado en Medicina Veterinaria). Chile: Universidad Austral de Chile. 2000.

NEUMANN, Karl. Gallinas de postura. Centro de estudios agropecuarios. Ciudad de México. Iberoamericana S.A., 2001. 88p

OCHOA, Darío. Anotaciones sobre un sistema de producción avícola en pastoreo. Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2001. 46p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Revisión del desarrollo avícola, 2013. 136p

ORTEGÓN, A. y VÉLEZ, R. Comparación de algunos parámetros productivos en gallina saraviada (raza criolla), raza comercial (hy-line), y el híbrido (comercial por criolla), en la granja la esperanza, vereda el Guavio, municipio de Fusagasugá, departamento de Cundinamarca. Trabajo de grado (Zootecnista). Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca. 2009.

PASCUAL, R y CALDERÓN, V. Microbiología alimentaria. Madrid. Editorial Díaz y Santos S.A., 2000.

PETEK, Metin; ALPAY, Fazli; GEZEN, Serife y ÇIBIK, Recep. Effects of Housing System and Age on Early Stage Egg Production and Quality in Commercial Laying Hens. En: Kafkas Üniv Vet Fak Derg, 2008, Vol 15, p. 57-62.

PIPICANO, Diana. Efecto en pigmentación, calidad de huevo y rendimiento productivo, del reemplazo de la proteína de torta de soya por proteína de harina de cangrejo de río (*Procambarus clarkii*) en la dieta de gallinas semipesadas (51 a 63 semanas de edad). Trabajo de grado (Master en Ciencias Agrarias). Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 2015.

POSADA, Cesar; LÓPEZ, Arnobio y CEBALLOS, Hernán. Influencia de harinas de yuca y de batata sobre pigmentación, contenido de carotenoides en la yema y desempeño productivo de aves en postura. En: Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 2006, p. 47-54.

QUILUMBAQUI, Jefferson y ZENTENO, Ariel. Evaluación de las líneas de gallinas ponedoras Hy-Line W-36® y Hy-Line CV-24® bajo un sistema de semipastoreo. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Honduras: Universidad Zamorano, 2015.

RAULT, Jean. Strategic review of key topics for hen welfare. En: Animal Welfare Science Centre, 2013, p. 1-5.

RETTENBACHER, S; GROOTHUIS, T; HENRIKSEN, R y MÖSTL, E. Corticosterone in bird eggs: The importance of analytical validation. En: Wiener Tierärztliche Monatsschrift, 2013, p. 283-290.

RHIM, Shin. Effect of floor space on the behavior of laying hens in commercial cages. En: Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2013, Vol 27, p. 95-101.

RIVERA, Oscar. Historia de la industria avícola colombiana. Historia de la avicultura y su transformación, de una explotación artesanal a una verdadera agroindustria. Bogotá D.C., Ediciones Deltapres, 2003. 500 p

RODRÍGUEZ, Jose y MONSON, Elizardo. Granja de producción de huevos ecológicos, 2002.

SANTOS, Edgar. Factores que afectan la pigmentación. En: Revista Plumazos, 2003, Vol 18, p.19-25.

ŞEKEROĞLU, A; SARICA, M; DEMIR, E; ULUTAŞ, Z; TILKI, M. y SAATCI, M. The effects of housing system and storage length on the quality of eggs produced by two lines of laying hens. En: *European Poultry Science*, 2008, Vol 72, p. 106–109.

SINCHIRE, Victoria. Evaluación de las ponedoras de la línea Lohmann Brown - classic en la fase de producción, en la finca experimental punzara de la Universidad Nacional De Loja. Trabajo de grado (Zootecnista), Ecuador: Universidad Nacional de Loja, 2012.

SINGER, Peter. Liberación animal. Madrid, Edita Trotta, 2003. p.1-10.

SINGH, R; COOK, N; CHENG, K. y SILVERSIDES, F. Invasive and noninvasive measurement of stress in laying hens kept in conventional cages and in floor pens. En: *Poultry Science*, 2009, Vol 88, p. 1346–1351.

SOLER, Diana y FONSECA, Jorge. Producción sostenible de pollo de engorde y gallina ponedora campesina: revisión bibliográfica y propuesta de un modelo para pequeños productores. En: *Revista de investigación agraria y ambiental*, 2011, Vol 2, p. 29-43

SOSNOWKA, Ewa; HERBUT, Eugeniusz; SKOMORUCHA, Iwona. Effect of different housing systems on productivity and welfare of laying hens. En: *Ann. Anim. Sci.*, 2010, Vol 10, p. 349–360.

TACTACAN, G; GUENTER, W; LEWIS, N; RODRIGUEZ-LECOMPTE, J y HOUSE, J. Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. En: *Poultry Science*, 2009, Vol 88, p. 698–707.

TEJADA, Alberto; TELLEZ, Guillermo y GALINDO, Francisco. Técnicas de medición de estrés en aves. En: Universidad Nacional Autónoma de México, 2000, Vol 28, p. 345-351.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Los Productos de Huevo y la Inocuidad Alimentaria, 2006. 4p.

VALENCIA, Néstor. La gallina criolla Colombiana. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, 2011. 61p.

VAN DEN BRAND, H; PARMENTIER, H y KEMP, B. Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. En: *Poultry Science*, 2004, Vol 45, p. 745-752.

WEBSTER, A. Welfare Implications of Avian Osteoporosis. En: *Poultry Science*, 2004, Vol 83, p. 184–192.

WEEKS, Claire y NICOL, Christine. Welfare implications of changes in production systems for laying hens. En: University of Bristol, 2006, p. 1-15.

WOLF, Úrsula. La ética y los animales. En: *Nachstudio*, 2001, p.40-59

YEPES, William. Evaluación del sistema de pastoreo en pollos de engorde y su efecto en parámetros productivos en el municipio de Palmira, Valle del Cauca. Trabajo de grado (zootecnista). Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. 2007.

YILMAZ, Bilgehan; İPEK, Aydın; ŞAHAN, Ümran; SÖZCÜ, Arda y BAYCAN, Süleyman. Impact of different housing systems and age of layers on egg quality characteristics. En: *Uludağ University*, 2015, 23 p.

ZEMKOVÁ, L; LICHOVNÍKOVÁ, M. y SOMERLÍKOVÁ, K. The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. En: *Czech Journal of Animal Science*, 2007, Vol 52, p. 110–115.