



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA  
Y ZOOTECNIA

**PRODUCTIVIDAD, ANÁLISIS DE CALIDAD E INOCUIDAD DEL  
HUEVO EN GALLINAS BOVANS WHITE EN TRES DIFERENTES  
SISTEMAS DE ALOJAMIENTO.**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA

**DANIELA BETZABE UGALDE ORTIZ**

ASESORES:

**MVZ. MC. Elizabeth Posadas Hernández**

**MVZ. MC. Ezequiel Sánchez Ramírez**



Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIA

A mis padres María del Carmen Ortiz y Bulmaro Ugalde por ser durante toda mi vida el mayor apoyo e inspiración, por ser lo más valioso que tengo y por darme todo su cariño y amor. ¡Los amo!

A mi hermano Abraham por ser la persona más maravillosa, que ha llenado de luz y alegría mi vida.

A mi hermana Paulina por ser la persona que ha estado conmigo en las buenas y en las malas, te quiero con todo mi corazón.

A mamá Lupita por todo su apoyo, cariño y amor.

A mis primos Javier, Argelia, Antonio, Paulina, Juan, Sendic, Lupita, Mary y Laura por brindarme su amistad, cariño y muchos de los mejores momentos de mi vida.

A mis sobrinos Gael, Cassandra y Samantha por llenar mi vida de alegría.

A mis tías Patricia, Elvira, Paula, Guillermina e Inés por su apoyo, amor y ser un gran ejemplo de vida.

A Francisco Díaz por ser una persona tan increíble, alentarme a ser mejor cada día, creer en mí y brindarme todo su apoyo y cariño.

A mis amigos Susana, Kevin, Viridiana, los quiero mucho.

A mis amigas de la FMVZ Laura Hernández, Gabriela Pantoja e Itzel Cortés por su cariño y amistad.

A mi abuelita Lupita Ugalde y toda la familia Ugalde García por todo su cariño y apoyo.

En memoria de Aureliano Ortiz Villordo, te extraño.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia por permitirme ser parte de sus aulas y brindarme una educación, formación y docencia académica de excelente calidad.

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico por el apoyo brindado para la realización de esta tesis a través del Proyecto PAPIIT denominado “Implicaciones de la adopción de enriquecimiento ambiental en la producción de huevo sobre la inocuidad, sustentabilidad y seguridad alimentaria” con número de expediente IT201719.

Al Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) por ser parte muy importante de mi formación profesional en el área avícola.

A mis asesores el Dr. Ezequiel Sánchez Ramírez y la Dra. Elizabeth Posadas Hernández por permitirme formar parte de este gran proyecto, confiar en mí, darme su apoyo, enseñanzas, amistad y ser unas grandes personas.

Al Dr. Jorge Miguel Iriarte por permitirme ser parte del CEIEPAv, por su amistad, por todas sus enseñanzas, consejos y regaños que me han hecho crecer profesionalmente.

Al Dr. David Ramos Vidales por sus consejos, sus enseñanzas y la gran ayuda brindada durante todo el proceso de elaboración de la tesis, pero sobre todo por ser un gran amigo.

A la Dra. Ma. Del Pilar Castañeda Serrano y la Dra. Alma Selene Vázquez quienes fueron parte importante para la iniciación e implementación de este gran proyecto.

A la Dra. Monserrat Martínez Carmona por su amistad y por brindarme su ayuda durante las evaluaciones de la calidad del huevo y de resistencia del cascarón.

A los doctores del CEIEPAv por brindarme sus conocimientos, apoyo, amistad y ser un gran motivo de inspiración para mí: Dr. Ernesto Ávila González, Dr. Arturo Cortés Cuevas, Dr. Oscar Galicia Hernández, la Dra. Analía Balderas y el Dr. Tomás Jínez.

Al personal del laboratorio de Bacteriología del Departamento de Medicina y Zootecnia Avícola de la FMVZ por la gran ayuda brindada en la realización del Análisis bacteriológico del huevo (Técnica de Gentry).

A los miembros de mi jurado por sus correcciones, consejos y el tiempo invertido para la mejora del presente trabajo al Dr. Carlos López Coello y al Dr. Alberto Tejeda Perea.

A la Dra. Magdalena Escorcía Martínez y al Dr. Nestor Ledesma Martínez por ser un gran motivo de inspiración para mí en el campo de la Medicina y Zootecnia Avícola.

A los grandes amigos que hice durante mi servicio social y en la realización del presente estudio Francisco Aguirre, Lizbeth Figueroa, Maya Manzano, Eduardo Velázquez, Paola Olvera, Metmeyali Barrera, Ximena Campos, Karina García, Osiris Pérez, Alfredo Herrera, Gerardo Cervera, Luz Gómez y Aldo Hernández por sus consejos, amistad y hacer de esta una de las mejores etapas de mi vida.

## CONTENIDO

	<b>Página.</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>- 1 -</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>- 19 -</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>- 26 -</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>- 30 -</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>- 37 -</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>- 39 -</b>
<b>CUADROS</b> .....	<b>- 43 -</b>
<b>FIGURAS</b> .....	<b>- 50 -</b>

## RESUMEN

UGALDE ORTIZ DANIELA BETZABE. Productividad, análisis de calidad e inocuidad del huevo en gallinas Bovans White en tres diferentes sistemas de alojamiento. Asesores: MVZ. MC. Elizabeth Posadas Hernández y MVZ. MC. Ezequiel Sánchez Ramírez.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de tres tipos de sistemas de alojamiento para gallinas ponedoras en los parámetros productivos, calidad del huevo y del cascarón, inocuidad del huevo y el bienestar en las aves. El estudio tuvo una duración de 12 semanas y se emplearon 206 gallinas Bovans White de 28 semanas de edad, las cuales se colocaron aleatoriamente en 3 tratamientos con dos réplicas cada uno. Los tratamientos quedaron de la siguiente forma: TA= 24 jaulas convencionales con 72 aves (36/réplica), TB= 2 jaulas enriquecidas con 64 aves (32/réplica), TC= 2 áreas libres de jaula con 70 aves (35/réplica). El alimento se proporcionó *ad libitum* y fue la misma dieta para los tratamientos. El consumo de alimento y la conversión alimenticia fueron estadísticamente mayores ( $p < 0.05$ ) para los sistemas de jaula enriquecida (112.4g, 1.945) y libres de jaula (114.1g, 1.980) en comparación con el sistema convencional (109.3g, 1.855). El peso del huevo fue superior ( $p < 0.05$ ) en el sistema convencional (60.1g) en comparación con el sistema sin libre de jaula (59.3g). El porcentaje de huevos sucios y la contaminación bacteriana del cascarón fueron mayores para el sistema sin jaula ( $p < 0.05$ ). El sistema convencional presentó una condición más pobre del plumaje y el tamaño más largo de la uña, mientras que el sistema sin jaula obtuvo la mayor incidencia de pododermatitis plantar “Bumblefoot” (81.3%), finalmente las jaulas enriquecidas obtuvieron el mayor porcentaje de plumaje sucio (80.95%). Las demás variables evaluadas no presentaron diferencias estadísticas significativas.

## **INTRODUCCIÓN**

### **Situación de México en producción de huevo**

La producción de huevo en México durante el año 2017 fue de 119.9 millones de cajas (cajas con 360 piezas). México se ubicó como el cuarto productor de huevo a nivel mundial, después de China (931.8 millones de cajas), EUA (224.5 millones de cajas) e India (208.8 millones de cajas). Cabe destacar que México es el principal consumidor de huevo a nivel mundial, su consumo per cápita es de 23.5 Kg (UNA, 2017).

El huevo aporta el 17% de la proteína de origen animal que se consume nacionalmente, sólo por debajo de la carne de pollo (38%) y la leche de vaca (19%), (UNA, 2017).

### **Sistemas de producción alternativos para gallinas ponedoras, antecedentes y situación actual**

La producción de huevo de gallinas ponedoras comerciales ha sufrido cambios a través del tiempo, tanto en México como en todo el mundo. Actualmente uno de esos grandes cambios ha sido el desarrollo de nuevas alternativas de producción de huevos, en este caso de los sistemas de alojamiento, que va desde la creación e implementación de jaulas enriquecidas (que presentan una gran variedad de diseños y equipamiento), hasta los sistemas libres de jaula como por ejemplo casetas de un nivel (similares a las de pollo de engorda), aviarios, libre pastoreo y sistemas orgánicos (García, 2018). Estos cambios son atribuibles en su mayoría al interés y preocupación del efecto de los sistemas convencionales en la salud y el bienestar de las aves (y en general de las especies empleadas en la industria animal), tanto de los consumidores y público en general, organizaciones (entre ellas las protectoras de animales), medios de comunicación, así como la ciencia veterinaria (y ciencia en general).

En el contexto de las gallinas ponedoras se considera que las jaulas convencionales, desarrolladas en la década de 1930, usadas en la industria desde 1950 (Yilmaz, et al., 2016), y empleadas en la mayor parte de la producción global actualmente, pueden tener un efecto sobre el bienestar de las aves.

Desde la década de 1960 las preocupaciones por el bienestar animal empezaron a tomar importancia en Europa, y las jaulas convencionales comenzaron a considerarse inadecuadas para el alojamiento de las aves, por lo cual se buscó mejorar estos sistemas y asimismo el



bienestar de las aves, siendo Alemania (en 1980), el primer país en donde se desarrollaron e implementaron las jaulas enriquecidas (Yilmaz, et al., 2016).

El 1° de enero del 2012 el sistema de jaula convencional fue eliminado por completo de la industria del huevo en la Unión Europea debido a la creación de la Directiva 1999/74/CE, establecida por el Consejo de la UE y aprobada en 1999 (Karkulín, 2003), la cual establece normas para la protección de las gallinas ponedoras, incluido el cambio obligatorio de los sistemas de batería por sistemas de jaula enriquecida (consideradas el estándar mínimo) o sistemas sin jaula, y la prohibición de nuevas inversiones en los sistemas convencionales a partir del año 2003 (Tactacan, et al., 2009). Según Bessei (2017), las normas sobre bienestar animal de las aves productivas que cuentan con un mayor desarrollo, son las implementadas en la Unión Europea y Suiza.

El bienestar se ha hecho tan prioritario en la Unión Europea que de hecho actualmente se está considerando la prohibición de las jaulas enriquecidas en algunos países europeos, ya que organizaciones de bienestar animal argumentan que tampoco son adecuadas por no contar con espacio suficiente para el desarrollo de sus conductas naturales (Mench, et al. 2011; Yilmaz, et al. 2016). Igualmente otras prácticas como el despunte de pico están comenzando a considerarse inapropiadas (Bessei, 2017) y se han prohibido en algunos países europeos como Suecia (Lay, et al., 2011).

En Estados Unidos, según cifras del USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), aproximadamente el 95% de sus ponedoras comerciales están confinadas en jaulas convencionales (Tactacan, et al., 2009), sin embargo actualmente el escenario está cambiando ya que en el estado de California se prohibió el uso de jaulas convencionales a partir del 2015, por medio de la Ley de California (aprobada en 2008), (Matthews & Sumner, 2015). A partir de esta decisión, en los años siguientes, otros estados como Michigan, Ohio, Washington y Oregón aplicaron la misma legislación, prohibiendo o limitando el uso de los sistemas convencionales. (Vizzier, et al., 2016).

En contraste con la situación actual de la Unión Europea, en México la situación es diferente, ya que no existe una ley o norma que regule el bienestar de las gallinas y por lo tanto no hay una prohibición en el uso de las jaulas convencionales como sistema de alojamiento para

ponedoras comerciales. Por esta razón se calcula que en México más del 90% de las ponedoras comerciales se encuentran alojadas en sistemas de jaula convencional (Rodríguez, 2009), ya que es considerada una práctica normal y que se ha conservado e implementado a través del tiempo en la producción de huevo de nuestro país.

La mayoría de los estudios realizados para evaluar y comparar los distintos tipos de sistemas de alojamiento han sido realizados en países europeos y algunos otros en Estados Unidos, en cada uno de estos estudios se han obtenido resultados que difieren en muchos de los casos. En México este tipo de estudios son muy escasos y debido a sus características de producción como el manejo de las gallinas, la genética de las aves y el clima (Jones, et al., 2015), es necesario realizar estudios que permitan tomar decisiones relativas a la implementación de estos sistemas en nuestro país.

Se dice que países como México y Brasil en comparación con los de la Unión Europea tienen ventaja en los costos de producción del huevo ya que no existe una regulación tan estricta relacionada con el bienestar animal (Van Horne, 2006), también se mencionan otros factores como menor costo del alimento por una mayor accesibilidad a los ingredientes del mismo. (Van Horne & Achterbosch, 2012). Una de las consecuencias de esta situación es que los países europeos importarán huevo de países en donde la normatividad es distinta y por lo tanto aún se mantienen a las ponedoras en sistemas prohibidos para ellos (Elson, 2009). Por lo tanto una alternativa en la Unión Europea es que aquellos países que les deseen importar huevo y que no cuentan con sus mínimos estándares de alojamiento, deberán pagar un impuesto o tarifa (Van Horne & Achterbosch, 2012).

### **Consideraciones económicas**

Detrás de la tendencia en la implementación de sistemas de alojamiento alternativos, se encuentra el impacto que esto implica en los costos de producción. Se considera que la creación e implementación de normatividad relacionada con el mejoramiento en el bienestar de las aves, puede llevar a un aumento en los costos de producción (Bessei, 2017). Una de las causas de esto es, por ejemplo, el aumento de espacio para cada ave (disminución de la densidad), lo que conlleva a una disminución del número total de huevos producidos (Van Horne & Achterbosch, 2012). Se menciona que entre el periodo de 2000 a 2007 la producción de huevo en Alemania disminuyó un 13% aproximadamente, debido a la legislación

relacionada con la eliminación del sistema de jaula convencional (Mench, et al., 2011). Matthews & Sumner (2015) observaron que a pesar de que el alimento se considera el recurso de mayor costo en una producción, la menor mano de obra en el sistema convencional era el principal factor de la diferencia de costos con los sistemas de alojamiento alternativos. Un punto muy importante a considerar es que el aumento en los costos de producción debido a cambios en los sistemas de alojamiento también se verá reflejado en el precio de venta al consumidor (Rodríguez, 2009). Por ejemplo, en Estados Unidos un cambio a sistemas de jaula enriquecida, tendría un aumento en el precio a la venta de 1 centavo por huevo aproximadamente (Mench, et al., 2011). La situación actual en la avicultura mundial refleja que los países con gobiernos más eficaces y un mejor desarrollo económico (mayor nivel de ingresos), son aquellos en los que existe un incremento en el desarrollo sobre la legislación a favor del bienestar animal (Van Horne & Achterbosch, 2012), por lo tanto los consumidores tienen una mayor facilidad de cubrir el aumento en el precio del huevo, en comparación con los países en vías de desarrollo. A pesar de que se considera que en países como México en donde no hay una prohibición de los sistemas convencionales existe una ventaja en la producción de huevo, debemos considerar el incremento de la población mexicana, la situación económica nacional (como el bajo ingreso per cápita en comparación con los países desarrollados), y el nivel de pobreza y desnutrición, que hacen del huevo un alimento muy completo y además accesible por lo que aumentar su valor supone menor disponibilidad del mismo a los sectores con recursos económicos más bajos. (Rodríguez, 2009).

A pesar de todo esto, según un estudio de la Universidad Autónoma Metropolitana, publicado en 2016, en México también existe el interés por parte de los consumidores hacia el manejo, las regulaciones sobre el trato y bienestar de los animales empleados en la producción pecuaria, así como lo que esto implica en la sociedad y la economía (García, 2018). Debido a este interés por el trato hacia los animales, un sector de los consumidores están dispuestos a pagar un precio más alto por huevos que fueron producidos en sistemas alternativos o sin jaula (Elson, 2009). Las grandes empresas y los minoristas nacionales e internacionales, también tienen una gran influencia en estos cambios y en la forma de producir los huevos utilizados en sus productos (Mench, et al., 2011), se considera que al tomar en cuenta el bienestar animal estas empresas podrán tener una ventaja en el mercado ya que se convertirían en las preferidas por los compradores interesados en el bienestar animal, algunas

de las que se menciona su transición a huevos libres de jaula son Mc Donald's, Grupo Bimbo, Toks, Alsea, entre otras (García, 2018). Los productores de huevo deberán considerar esta creciente demanda de los consumidores y el interés por parte de las empresas en los huevos producidos en sistemas alternativos (García, 2018), así como sus posibles ventajas y desventajas en el mercado actual.

## **El bienestar**

Como se mencionó anteriormente, el interés por el tema del bienestar de los animales ha ido aumentando en las últimas décadas, tanto en México como en otros países alrededor del mundo y sobretodo en Europa. La definición del bienestar animal y de todo el contexto que lleva, puede ser muy distinta y variar, dependiendo del conocimiento y experiencia que se tenga con el tema, cada individuo tendrá una percepción distinta. Se menciona que factores como la cultura, el nivel de ingresos e inclusive la religión de cada país aparentemente tienen relación con la forma de brindar bienestar a los animales (Van Horne & Achterbosch, 2012). El Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OIE, define el bienestar animal como “estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las vive y muere” (OIE, 2018). También se mencionan las llamadas “Cinco Libertades” a las que los animales tienen derecho para gozar de bienestar, descritas en 1965 por Roger Brambell, las cuales son: libre de hambre, sed y desnutrición; libre de miedos y angustias; libre de incomodidades físicas o térmicas; libre de dolor, lesiones o enfermedades; y libre para expresar las pautas propias de comportamiento (OIE, 2018). La European Food Safety Authority (EFSA) define el bienestar en 4 principios: buena salud, buena alimentación, buen alojamiento, y comportamiento apropiado (Bessei, 2017).

Para la evaluación del nivel de bienestar de las aves, no se han determinado indicadores ideales o una manera estándar de hacerlo (Blokhuys, et al., 2007). El nivel de producción podría servir para evaluar la adaptación de las gallinas a su entorno (Büttow, et al., 2008), sin embargo se considera que este indicador no es muy específico y que no garantiza que las aves gozan de un buen estado de bienestar (Blokhuys, et al., 2007). La importancia de tener indicadores para evaluar el bienestar está en que el alojar a las ponedoras en sistemas alternativos, no necesariamente quiere decir que contarán con un mayor bienestar, hay que tomar en cuenta que más allá de la percepción que se tiene de cualquiera de los sistemas de

alojamiento, se deben realizar estudios para llegar a una conclusión. Por lo que se han creado (generalmente en estudios europeos), algunas técnicas para evaluar el nivel de bienestar de las aves de postura, entre las que se encuentran:

- Condición corporal y/o peso: Las aves con una baja condición corporal puede ser más susceptibles a contraer enfermedades y a disminuir su nivel de producción de huevo (Guerrero, et al., 2018).
- Condición del plumaje: Generalmente se emplean escalas de puntuación para calificar la integridad del plumaje por regiones corporales, entre ellas la más empleada ha sido la creada por Tauson, et al. (2005). Una mala condición del plumaje nos puede indicar problemas como un mal diseño de las instalaciones del alojamiento, un mal despunte de pico, comportamientos agresivos como el picoteo o picaje (Tauson, et al., 2005), e inclusive como consecuencia de enfermedades o un mal estado nutricional (Guerrero, et al., 2018).
- Condición de las patas: En específico, para las gallinas, se evalúa la presencia y el nivel de gravedad de la pododermatitis plantar conocida como “Bumble foot”. Esta condición se relaciona con una higiene deficiente del entorno y un mal diseño de las instalaciones donde se posan las aves, ocasionando una inflamación de la almohadilla plantar (de gravedad variable), dificultando que las aves caminen y se posen (Tauson, et al., 2005). Se considera que el pico de incidencia de este problema tiene lugar entre las 30-45 semanas de edad de las aves (Tauson, et al., 2005).
- Otros métodos empleados para evaluar el bienestar de las aves son la mortalidad (Elson, 2009), presencia de lesiones en piel y faneras, deformación del hueso de la quilla (Tauson, et al., 2005), resistencia de los huesos, niveles de corticosterona plasmática y/o en la albúmina o yema, y la evaluación en sangre de la relación heterófilo: linfocito (Singh, et al., 2009).

Los indicadores del bienestar nos dan una herramienta para evaluar las condiciones en las que se mantienen las aves y su impacto en el estado general de las mismas. Estos indicadores deben de contar con sistemas de evaluación fáciles de aplicar, que no requieran mucho tiempo y que puedan ser repetibles (Tauson, et al., 2005). Es importante mencionar que muchos otros

factores también tienen impacto en nivel de bienestar de las aves como la bioseguridad, la medicina preventiva, la genética, la nutrición, entre otros (Lay, et al., 2011).

### **Sistemas de alojamiento para ponedoras, ventajas y desventajas**

Los sistemas convencionales o alternativos en que se alojan las gallinas requieren de manejos distintos, dependiendo de las condiciones de cada uno (Adriático, 2018). Es importante mencionar que independientemente del sistema de alojamiento de que se trate, el diseño del sistema y el manejo de las aves, son los factores que determinarán los resultados productivos y el nivel de bienestar de las aves (Elson, 2009).

- **Jaula convencional (Sistema convencional o en batería):** Las jaulas convencionales son aquellas fabricadas con malla de alambre, que alojan a un número pequeño de aves (por general se maneja una densidad de 3 o 4 gallinas/jaula), dependiendo de las normas de cada país se puede asignar un área por ave que puede ir desde los 300cm<sup>2</sup> hasta los 550-600cm<sup>2</sup> (Van Horne & Achterbosch, 2012). Este tipo de jaulas pueden variar en dimensiones y en diseño pero en general cuentan con bebedero y comedero pero sin ningún tipo de enriquecimiento ambiental.
- **Jaula enriquecida (acondicionada):** Estas jaulas proporcionan un mayor espacio que las jaulas convencionales, ya que deben proporcionar al menos 750 cm<sup>2</sup>/gallina y están equipadas en general con perchas (15cm/ave), nido, zonas de cama o arena y tapetes (Yilmaz, et al., 2016). Este tipo de jaulas pueden tener áreas (incluyendo el nido), forradas con malla de plástico o césped artificial en las cuales se les puede proveer de arena e inclusive de alimento para promover los comportamientos de baño de tierra, picoteo o forrajeo y escarbar (Guinebretière, et al., 2013). El nido suele estar separado del resto de la jaula por medio de cortinas de plástico (generalmente), y forrado en su totalidad para ofrecer un área discreta y apartada, ya que se menciona que el nido es el enriquecimiento de mayor importancia para las ponedoras (Blokhuys, et al., 2007).

En el mercado existe una gran variedad de diseños de este tipo de jaulas, que pueden diferir en su tamaño, cantidad y tipo de enriquecimiento, nivel de tecnificación, etc. Por ejemplo, se describe una clasificación, que depende del tamaño de grupo que pueden alojar, dividiéndose en pequeño, mediano y grande, con una densidad de 15

aves (máximo), 15 a 30 aves y 30-60 (hasta 80) aves respectivamente (Mench, et al., 2011). Campbell, et al. (2017) mencionan que el tamaño de la jaula y la densidad de aves por jaula, podría influir sobre la producción y la calidad del huevo.

- Sistemas libres de jaula (“Cage-Free”): Dentro de este tipo de sistema hay una gran variedad de alternativas, casetas de un nivel, con varios niveles, y con o sin áreas al aire libre (para realizar actividades como el pastoreo, “gallinas camperas”) (Blokhuys, et al., 2007). Para describir los sistemas de alojamiento que no incluyen el uso de ningún tipo de jaula nos basamos en la clasificación empleada por García (2018).
  - Casetas de un nivel. En éstas las aves cuentan con nidos y perchas o aseladeros, el piso está cubierto por una cama de material que sirve de aislante amortiguador y en el cual las gallinas puedan realizar sus baños de tierra (puede ser por ejemplo de paja o viruta), y tienen espacio para un mayor movimiento en comparación con los sistemas de jaula; para una mejor limpieza pueden estar equipados con pisos perforados o slats (García, 2018).
  - Aviarios o casetas multinivel. En el sistema tipo aviario las gallinas también cuentan con nidos, perchas y material de cama, la diferencia con el anterior es que se puede alojar a un mayor número de aves por m<sup>2</sup> ya que este sistema brinda niveles superiores (3 o 4 niveles, por lo general) en donde las gallinas pueden posarse. El diseño y nivel de tecnificación de este sistema puede variar mucho; algunos cuentan con rampas para que las aves puedan moverse, bandas en los nidos que recolectan el huevo, los niveles superiores pueden ser de plástico o malla metálica (Jasper, 2016), inclusive algunos cuentan con puertas para confinar a las gallinas temporalmente (Alonzo, 2018). Según la Directiva 1999/74 / CE, la densidad poblacional máxima en este sistema es de 9 aves/m<sup>2</sup> (Jasper, 2016), sin embargo se menciona que para obtener un mejor manejo de las gallinas y un buen nivel de bienestar se recomienda una densidad máxima de 7 aves/m<sup>2</sup> (Argüelles, 2018).
  - Sistemas con áreas libres o de libre pastoreo (“Free range”). En este tipo de sistema las aves cuentan con instalaciones similares a las de un solo nivel o las de tipo aviario pero además tiene acceso a un área libre exterior a la caseta, la cual generalmente se encuentra cubierta de vegetación (Elson, 2009), y

puede estar semicerrada o abierta (campo libre); las gallinas pueden permanecer en ella durante algún periodo o todo el día (Mench, et al., 2011) y tiene la facilidad de realizar actividades como forrajear y ejercitarse. En algunos lugares se les llama gallinas camperas a las aves criadas bajo este sistema (Elson, 2009). Según la Directiva 1999/74 / CE, el espacio por gallina de área exterior es de 4 m<sup>2</sup> (Jasper, 2016).

- Sistemas orgánicos. Son sistemas que, como en los de libre pastoreo, cuentan con instalaciones de uno o de varios niveles y con acceso a áreas exteriores, sin embargo en este caso se establecen restricciones más específicas en cuanto al uso de antibióticos, el empleo de alimentos especiales (ingredientes orgánicos), la densidad de población, entre otros (García, 2018; Elson, 2009).

La elección de cualquiera de los sistemas de alojamiento anteriormente descritos, ya sea para mantenerlos o para sustituirlos, deberá hacerse de manera estratégica y tomando en cuenta lo descrito en estudios anteriores.

En general se menciona que los sistemas de jaula convencional son los más utilizados en la producción de huevo debido a su bajo costo lo que hace más fácil su implementación, permiten alojar una mayor densidad de aves por m<sup>2</sup>, lo que genera un mayor rendimiento y un manejo más fácil de las aves (Meng, et al., 2015). También es posible un mayor nivel de automatización en la colecta de huevo, alimentación de las aves, limpieza de las jaulas y manejo de excretas (Mench, et al., 2011). Otra ventaja es que las aves no tienen contacto directo con las heces, lo que genera un entorno más higiénico para las gallinas (Wall, et al., 2008), mejorando así la prevención de enfermedades (Van Horne & Achterbosch, 2012), la limpieza del huevo y por ende su calidad sanitaria (Hannah, et al., 2011). Además se menciona un control más eficiente del ambiente de la caseta de acuerdo con las necesidades de las aves y que en comparación con los sistemas libres de jaula los efectos negativos para el medio ambiente son menores (Mench, et al., 2011). También se considera que existe un menor riesgo de problemas de picaje de plumas (Jasper, 2016).

En cuanto a los aspectos negativos sobre las jaulas convencionales, se menciona que el reducido espacio asignado por ave provoca una restricción de los comportamientos naturales de las gallinas, ocasionando estrés (Meng, et al., 2015). También se les asocia con



disminución de su repertorio conductual, además de un aumento del miedo y de conductas estereotipadas (Blokhuis, et al., 2007). Las jaulas limitan el movimiento y la actividad física de las aves, lo que puede llegar a generar problemas del aparato locomotor, predisponiendo a la fatiga de jaula (Rodríguez, 2009; Blokhuis, et al., 2007; Lay, et al., 2011). Otros problemas asociados con las jaulas son la deformación de los dedos, formación de callos, y debido a que las jaulas no cuentan con una superficie para que las aves puedan rascar, no pueden reducir el largo de sus uñas (Rodríguez, 2009), pudiendo ocasionar la pérdida de la uña. La condición del plumaje se puede ver afectada debido al constante roce de las plumas con la jaula, y/o si las aves realizan comportamientos como el baño de arena sobre el piso de la jaula (Guinebretière, et al., 2013).

Las jaulas enriquecidas surgieron como la alternativa de alojamiento más aproximada a los sistemas de batería pero debido a su mayor espacio y el enriquecimiento ambiental se mencionan los siguientes beneficios. Las aves gozan de más libertad para moverse (Mench, et al., 2011), tienen la oportunidad de realizar una mayor actividad física (por lo tanto existe una menor probabilidad de presentar problemas del aparato locomotor), y pueden expresar de una mejor manera sus comportamientos naturales (Meng, et al., 2015). Estas características favorecen un mayor bienestar, ya que propician que las aves tengan la capacidad de elección, por ejemplo su preferencia de algún sitio de la jaula o sobre su comportamiento social, lo que puede ayudar a reducir el miedo y por ende el estrés de las gallinas (Lay, et al., 2011). También se menciona que por seguir tratándose de jaulas, se conservan beneficios importantes de los sistemas convencionales como el alto nivel de producción, por lo tanto costos de producción que son inferiores a los de sistemas libres de jaula (Elson, 2009), y la ventaja de poder mantener a las aves y los huevos en un ambiente con buenas condiciones de sanidad (Meng, et al., 2015). La presencia de perchas puede mejorar el recorte de uñas en las aves (Hester, et al., 2013), y el mayor espacio por gallina aunado al suministro de un material para el comportamiento de baño de arena, tiene el beneficio de poder mantener un buen estado del plumaje (Guinebretière, et al., 2013).

En contraste con los beneficios anteriormente descritos, se menciona que la mayor actividad física, requiere una mayor utilización de energía, lo que disminuye las reservas de energía para la producción de huevo (Meng, et al., 2015). También se observa que la inversión para

las instalaciones y equipo en este tipo de jaulas, así como la mano de obra tienden a ser mayores comparados con los sistemas de batería (Van Horne, 2006). El mayor espacio por ave y el suministro de enriquecimiento ambiental puede propiciar que las aves formen jerarquías (Büttow, et al., 2008), aumentando la competencia por los recursos, por ejemplo el uso de la percha o el nido (Meng, et al., 2015), lo que puede causar que las aves se agredan con comportamientos como el picoteo (Büttow, et al., 2008), que puede llevar a que las aves sufran de estrés, miedo y a la presencia o aumento de la mortalidad en este sistema (Vizzier, et al., 2016). Si se llegara a presentar el comportamiento de picoteo, podría traer consigo otros problemas como una mala condición del plumaje, afectando la termorregulación de las aves, las cuales tendrían que utilizar su energía para poder mantener su temperatura corporal (Vizzier, et al., 2016). Además se menciona que el enriquecimiento ambiental (como las perchas, nidos o si la jaula cuenta con algún tipo de revestimiento y/o material para baño de tierra), puede ocasionar una menor higiene en la jaula enriquecida en comparación con las jaulas convencionales, dando como resultado que el plumaje de las aves se ensucie o aumentando la producción de huevos sucios (Wall, et al., 2008).

Para los sistemas libres de jaula en general se mencionan los siguientes puntos. Las aves cuentan con mayor libertad de movimiento en comparación con cualquier sistema de jaula, por lo cual tienen la oportunidad de realizar un mayor repertorio de comportamientos (como volar, correr, explorar, darse baños de polvo y rascar), aumentando así su nivel de bienestar y confort (Argüelles, 2018). A pesar de tratarse de sistemas sin jaulas, un buen nivel de tecnificación permitirá alojar una gran densidad de aves y mantener una producción intensiva, sin la necesidad de mantener a las gallinas confinadas en jaulas (García, 2018). Debido a que las aves cuentan con mayor espacio vertical y horizontal (y en algunos casos de un área exterior), pueden ejercer una mayor actividad física, y así gozar de un mejor estado del aparato locomotor (Argüelles, 2018). Además se menciona que al brindarles un mayor área y material de cama o de forrajeo (Argüelles, 2018), las gallinas cuentan con un mejor estado del plumaje, existe menor riesgo de que presenten comportamientos como el picaje (Rodríguez-Aurrekoetxea & Estevez, 2016) y también una mayor oportunidad de que las aves con menor jerarquía puedan huir de agresiones de las gallinas dominantes (Rodríguez, 2009). Ya que las aves se encuentran en una superficie plana y tienen la oportunidad de rascar sobre ella evitan el sobrecrecimiento de las uñas (Rodríguez, 2009).

Los problemas que se describen para los sistemas sin jaula son que los costos de producción aumentan en comparación con los otros dos sistemas (Elson, 2009), debido al mayor espacio asignado por ave, ya que la densidad de aves disminuye (Matthews & Sumner, 2015), también hay un aumento del consumo de alimento debido a una menor temperatura corporal (Van Horne, 2006) y a una mayor cantidad de movimiento de las aves (Anderson, 2018), lo que incrementa las necesidades de mantenimiento en un 10-15% aproximadamente (De los Mozos, et al., 2012). También se menciona la necesidad de mayor mano de obra debido a que es más difícil y toma mucho tiempo cualquier tipo de manejo en las aves, ya que se encuentran dispersas por toda la caseta (Matthews & Sumner, 2015), esto dificulta la limpieza de la caseta e instalaciones y puede facilitar la propagación de enfermedades, sobre todo si se trata de una gran densidad de aves (Lay, et al., 2011). Por ejemplo, si no se tiene un buen manejo de la cama, puede humedecerse y aunado a la presencia de heces puede predisponer a problemas como la pododermatitis plantar conocida como “Bumblefoot” (Blokhuys, et al., 2007). Las aves gozan de más libertad de poder expresar sus comportamientos naturales, entre ellos comportamientos como el picaje (Lay, et al., 2011), los cuales serán más difíciles de controlar ya que es complicado identificar a las aves que presentan estos comportamientos (Jasper, 2016). Otros problemas que pueden ocurrir y causar mortalidad sobre todo en grupos grandes son el amontonamiento, que puede llevar a asfixia por aplastamiento (Adriático, 2018). Las aves pueden llegar a poner huevos fuera del nido o en el piso, disminuyendo la calidad sanitaria de los mismos y/o aumentando el índice de huevo sucio (Rodríguez, 2009). También se menciona que en comparación con los sistemas de jaulas, existe una mayor exposición al polvo y a concentraciones más elevadas de amoníaco no sólo para las aves, sino también para los trabajadores (Mench, et al., 2011).

Diversos autores (Alonzo, 2018; Blokhuys, et al. 2007; Adriático, 2018; Van Horne, 2006; Argüelles, 2018), mencionan la importancia de mantener a las aves desde la etapa de crianza en el mismo tipo de sistemas de alojamiento en los que se mantendrán durante la etapa adulta (productiva), para que se adapten a ese ambiente y al momento de la transferencia sufran un menor estrés, estén entrenadas y den un uso más óptimo a las instalaciones y recursos del sistema en el que serán alojadas durante toda la etapa de puesta, lo que se traducirá en un mejor desempeño productivo y mayor bienestar.

## **Inocuidad del huevo.**

En cuanto a la calidad sanitaria es importante mencionar que los huevos deben obtenerse de parvadas de gallinas sanas para que no se vea afectada su inocuidad, además deben ser recogidos, almacenados y transportados de manera que se evite la contaminación y el daño en el cascarón para mantener la calidad del producto, prestando atención en factores como tiempo de postura y fluctuaciones en la temperatura de almacenaje (FAO, 2007). Los huevos que presenten cascarones sucios con heces o manchados de sangre, cascarón roto o con fracturas no deben ser empleados para consumo humano (NOM, 2018).

A través de su paso por el aparato reproductor de la gallina y al salir de él, la mayoría de los huevos son estériles, pero al poco tiempo de tener contacto con el exterior (con el entorno de la gallina), comienza su contaminación bacteriana (Wall, et al., 2008), por lo cual un buen diseño de las instalaciones y un buen manejo del huevo son muy importantes para mantener la inocuidad y la vida útil del producto (De Reu, et al., 2009). Otros factores como la estirpe de gallina, las distintas prácticas de manejo o el clima también pueden influir sobre la calidad sanitaria del huevo (Jones, et al., 2011). A diferencia de países como Estados Unidos y Canadá, en México no se tiene la práctica de lavar rutinariamente los huevos como medida para reducir la contaminación bacteriana del cascarón, por lo cual se recomienda que se recolecten con frecuencia (Hannah, et al., 2011) y que el manejo evite en la medida de lo posible que las aves pongan los huevos en el piso, disminuyendo el riesgo de que se contaminen (Jones, et al., 2015). Sin embargo al lavar el huevo se puede alterar la integridad de la cutícula del cascarón, la cual funciona como una barrera física que evita la penetración y contaminación bacteriana del huevo (Stanley, et al., 2003). También se menciona que el nivel de polvo en el ambiente tiene relación o influye en el nivel de contaminación bacteriana aerobia en el cascarón (Jones, et al., 2015).

Debido a su resistencia a condiciones secas (suelo, polvo, heces), la mayor parte de la microbiota presente en el cascarón pertenece a bacterias Gram positivas (Englmaierová, et al., 2014), las cuales podrían suprimir el crecimiento de las Gram negativas y Enterobacterias (De Reu, et al., 2009). Sin embargo se menciona que las bacterias Gram negativas tienen una mayor capacidad de resistir los mecanismos de defensa del contenido del huevo (De Reu, et al., 2008). En el cascarón se han encontrado géneros bacterianos Gram positivos entre los

que se encuentran *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Micrococcus*, y Gram Negativos como *Salmonella spp* y *Escherichia coli* (Hannah, et al., 2011), dentro de los cuales *Salmonella enteritidis* es de gran importancia ya que el consumo de huevos contaminados con esta bacteria representa un riesgo para la salud pública (De Reu, et al., 2008). Jones & Anderson (2013) mencionan que en sistemas con o sin jaulas, el estrés de las gallinas parece tener influencia sobre las poblaciones de microorganismos presentes en el cascarón.

## **Justificación**

En México el huevo es uno de los alimentos de mayor accesibilidad para los consumidores además de que posee un gran valor nutricional, se considera que su bajo costo es debido en gran parte a que la mayoría de las gallinas ponedoras comerciales en este país son alojadas en sistemas de jaula convencional, lo que permite una mayor densidad de aves en una determinada área. Sin embargo actualmente se considera que el espacio asignado para cada ave en estos sistemas convencionales es inadecuado para el desarrollo de sus conductas naturales, y que puede implicar que su nivel de bienestar pueda verse afectado.

En algunos países, sobre todo de Europa, ya se ha realizado el cambio de sistemas convencionales a sistemas de alojamiento alternativos para las ponedoras comerciales (jaulas enriquecidas, aviarios, sistemas libres de jaula, entre otros), en los cuales se considera que las aves pueden gozar de un mayor nivel de bienestar, pero que en muchos casos pueden aumentar el costo final del huevo. Para la implementación de estos sistemas de alojamiento alternativos se llevaron a cabo estudios que evaluaran el impacto de cada uno en la salud y bienestar de las aves, el nivel de producción, costos de producción, calidad del huevo y del cascarón, e inocuidad del huevo. En nuestro país el bienestar animal es un tema que está cobrando importancia, por lo cual es necesario considerar la realización de este tipo de estudios para evaluar sus implicaciones en la productividad y el bienestar de las aves, ya que se cuenta con poca información de carácter científico.

## **Hipótesis**

El comportamiento productivo, los valores de calidad e inocuidad del huevo así como los indicadores de bienestar no se verán afectados en los 3 tipos de sistemas de alojamiento de las gallinas Bovans White.

## **Objetivos**

- Evaluar la producción de aves alojadas en jaula enriquecida, convencional y libre de jaula.
- Evaluar la calidad del huevo y del cascarón de los tres diferentes sistemas de alojamiento.
- Evaluar el efecto de los tres diferentes sistemas de producción sobre la inocuidad del huevo.
- Evaluar el impacto de los tres sistemas de alojamiento en el bienestar de las gallinas ponedoras.



## **MATERIAL Y MÉTODOS**

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (CEIEPAv) de la FMVZ-UNAM, el cual está localizado en la calle Manuel M. López s/n, Colonia Zapotitlán, Delegación Tláhuac, CDMX. Ubicado a una altura de 2254 msnm, el clima es de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura promedio anual es de 16°C y la precipitación pluvial anual media de 747 mm (INEGI, 2014).

### **Aves y dieta**

Para el presente estudio se emplearon 206 gallinas de la estirpe Bovans White de 28 semanas de edad, las cuales se colocaron de manera aleatoria en los 3 diferentes sistemas de alojamiento (Tratamientos): Jaula convencional (A), jaula enriquecida (B) y libre de jaula (C). Cada tratamiento contó con dos réplicas.

Tomando en cuenta el espacio/gallina dependiendo del sistema de alojamiento de que se tratase los tratamientos quedaron de la siguiente manera:

- Tratamiento A= 24 jaulas convencionales (12/réplica) con 72 aves (36/réplica).
- Tratamiento B= 2 jaulas enriquecidas con 64 aves (32/réplica).
- Tratamiento C= 2 áreas libres de jaula con 70 aves (35/réplica).

La dieta de las gallinas fue con alimento en harina a base de maíz y pasta de soya, el cual se proporcionó *ad libitum*, al igual que el agua de bebida; el alimento fue el mismo durante todo el experimento y para todos los tratamientos. Se utilizó un calendario de iluminación de 16 horas luz al día, proporcionando luz artificial de 3:00-7:00 am. El estudio tuvo una duración de 12 semanas.

## Sistemas de alojamiento

Los sistemas de alojamiento empleados durante el experimento fueron los siguientes.

- Jaula convencional.

Se utilizaron jaulas de alambre galvanizado con  $1800 \text{ cm}^2$  ( $40 \times 45 \text{ cm}$ ), en las cuales se alojaron 3 gallinas/ jaula ( $600 \text{ cm}^2/\text{gallina}$ ), con un bebedero de copa para cada 6 aves y un comedero lineal con un espacio de  $13.3 \text{ cm}/\text{gallina}$  (Figura 1).

- Jaula enriquecida

Consistió en jaulas de alambre galvanizado con  $33,625 \text{ cm}^2$  ( $269 \text{ cm}$  de largo  $\times$   $125 \text{ cm}$  de ancho) y  $76 \text{ cm}$  de altura, en los cuales se alojaron 32 gallinas ( $1,050 \text{ cm}^2/\text{gallina}$ ); con 13 bebederos tipo niple con cazoleta los cuales están distribuidos a lo largo de la jaula y ubicados a una altura de  $32 \text{ cm}$ , dos comederos lineales a ambos lados de la jaula, dos perchas de madera de  $5 \text{ cm}$  de diámetro (con parches de papel lija para el desgaste de las uñas) y  $205 \text{ cm}$  de largo, dando un total de  $410 \text{ cm}$  de percha ( $12.81 \text{ cm}/\text{gallina}$ ) y a una altura de  $33 \text{ cm}$ . Del espacio total de la jaula,  $8000 \text{ cm}^2$  ( $23.8\%$ ) corresponden para el área de nido ( $250 \text{ cm}^2/\text{gallina}$ ) y  $25,625 \text{ cm}^2$  ( $76.2\%$ ) al espacio libre ( $800.78 \text{ cm}^2/\text{gallina}$ ). El área de nido está cubierta por neopreno negro para mantener el área en penumbra y separada del espacio libre por una cortina cortada en tiras, de plástico transparente (Figura 2). Este modelo denominado “JAULA AVÍCOLA” está registrado ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial con el número de expediente MX/u/2018/000469.

- Libre de jaula

Se empleó un espacio con un área total de  $294,600 \text{ cm}^2$  ( $4.91 \text{ m}$  de ancho  $\times$   $6 \text{ m}$  de largo), en donde se alojaron 35 gallinas ( $8,417.14 \text{ cm}^2/\text{ave}$ ). Se utilizó paja como material de cama y viruta como material de nido (de la cual se realizaba un recambio total semanalmente). Se les colocaron dos bebederos de campana (los cuales se lavaban diariamente), dos comederos tipo tolva y 10 nidos de lámina, cada nido tiene un área de  $9,262.5 \text{ cm}^2$  ( $926.25 \text{ cm}^2 \times 10$ ,  $264.64 \text{ cm}^2/\text{ave}$ ) (Figura 3).

## Parámetros productivos

La colecta de huevos se realizó dos veces al día (9:00 am y 11:00 am), se llevó el registro diario del número total de huevos, peso de huevo, número de huevos sucios (huevo manchado de heces o sangre, y puestos en piso), grandes ( $\geq 80$  gramos), y rotos (incluidos en fãrfara). Con estos datos se calculó el porcentaje de postura (número de huevos/número de gallinas\*100), peso del huevo, masa de huevo (% de postura\*peso promedio de huevo/100), consumo diario por gallina, conversión alimentaria (consumo ave día/masa de huevo), porcentaje de huevo sucio, roto/fãrfara, y grande.

Todas las aves fueron pesadas al inicio y al final de la prueba para obtener los valores de ganancia de peso y uniformidad.

## Calidad de huevo

Se realizó en las semanas 1, 3, 6, 8, 10, 12 de la prueba, utilizando 20 huevos por Tratamiento, las características que se evaluaron fueron:

- Peso del huevo. Se utilizó una báscula digital (gramo por gramo), con capacidad de 5kg (Marca OHAUS®).
- Altura de la albúmina. Se midió con el sistema QCD de la empresa Technical Services and Supplies (TSS®).
- Unidades Haugh. Se calcularon con la fórmula:

*Unidades Haugh*

$$= 100 \times \text{Log} [\text{Altura de la albúmina densa} - 1.7 \times (\text{peso huevo})^{0.37} + 7.6]$$

- Color de la yema. Se midió con el abanico colorimétrico de DSM.
- Grosor del cascarón. Se utilizó un micrómetro digital (Digimatic Micrometer Mitutoyo® Modelo APBID).
- Resistencia del cascarón. Para la evaluación de la resistencia del cascarón, se empleó un texturómetro (instrumento de medición Digital Egg Tester DET 6000 series). La resistencia se midió y expresó en gramos de fuerza/ milímetro de cascarón.

## **Calidad sanitaria del huevo (Análisis microbiológico)**

Se realizaron 5 evaluaciones a lo largo del experimento, en las semanas 2, 4, 6, 9 y 12. Se seleccionaron 5 huevos al azar por réplica, los cuales se manipularon con el uso de guantes, se inspeccionaron visualmente para determinar que estuvieran limpios, se almacenaron en bolsas de plástico estériles y transportaron al laboratorio en una hielera con refrigerantes. La evaluación de la inocuidad se realizó siguiendo la metodología recomendada por Gentry & Quarles (1972) con algunas modificaciones del Departamento de Medicina y Zootecnia Avícola de la FMVZ-UNAM, brevemente:

- Método cuantitativo. Se refiere al conteo de unidades formadoras de colonias/huevo de mesófilos aerobios, enterobacterias, Gram positivos, hongos y levaduras de la superficie externa del huevo (cascarón):
  1. Lavar huevo dentro de la bolsa estéril durante un minuto con 9ml de PBS.
  2. Con la solución anterior realizar diluciones decuples (de  $10^{-1}$  a  $10^{-6}$ ).
  3. Cultivar 3 gotas de 10 $\mu$ l (de cada dilución) en los siguientes medios: MSA (Manitol Sal Agar), TSA (Agar de Soya Tríptico), Agar MacConkey, y DPA (Agar Papa Dextrosa).
  4. Se dejan incubar a 37°C/24 hrs.
  5. Los cultivos se observan a las 24 y 48hrs de ser incubados, para realizar el conteo de colonias. En el caso del DPA por ser un cultivo específico para hongos y levaduras se evalúan a los 7 días.
- Método cualitativo. Se refiere a la evaluación bacteriológica interna del huevo (yema), determinando el tipo de microorganismo presente (Cocos, Bacilos, Gram +, Gram -) por medio de la técnica de Gram, prueba de oxidasa y KOH (3%).
  1. Se flamea una charola de aluminio con alcohol (96%), en donde posteriormente se colocan los huevos los cuales también se flamean.
  2. Con la ayuda de unas pinzas y tijeras (flameadas), se rompe el cascarón y se vierte el huevo en la charola.
  3. Con la ayuda de una pipeta se obtiene 1ml de yema, el cual se homogeniza con 4.5ml de caldo nutritivo y se deja incubar a 37°C durante 18-24 hrs.
  4. Con el caldo nutritivo se hace una estría continua en cada uno de los medios de cultivo usados en el método cuantitativo (TSA, MSA, MacConkey y DPA).

Los recuentos de unidades formadoras de colonias (UFC), se midieron como UFC /huevo.

### **Condición del plumaje**

Se realizó una evaluación de la condición del plumaje a todas las aves de los tres tratamientos, a la semana 12 del experimento. Ya que las escalas existentes, como la desarrollada por Tauson, et al. (2005) consideran un daño al plumaje mayor al observado, se decidió crear una escala de evaluación en la cual se tomó como base el estado del plumaje de las gallinas utilizadas en el presente estudio y tomando como punto de referencia la escala antes mencionada (Tauson, et al., 2005), esperando sea de utilidad para futuros experimentos. En base a lo observado se tomaron en cuenta las siguientes regiones corporales de las aves: Cuello, pechuga, alas y cola. La evaluación fue realizada siempre por la misma persona y se empleó una escala de evaluación con 4 categorías (score):

- Cuello:
  1. Presenta toda su superficie sin cobertura de plumas de contorno, sólo con presencia de plumón y que se extiende hasta el área de la pechuga (Figura 4).
  2. La mayor parte de su superficie se encuentra sin cubierta de plumas pero sin alcanzar el área de la pechuga (Figura 5).
  3. La mitad o menos de su superficie se encuentra sin cobertura de plumas (Figura 6).
  4. Plumaje abundante y sin daño en toda su superficie (Figura 7).
- Alas:
  1. Las plumas remeras presentan un gran daño en su integridad, en algunos casos sólo se aprecia el raquis (completo o incompleto) con pérdida total de las barbas, lo que ocasiona pérdida del contorno del ala (Figura 8).
  2. Se observa un daño en el estado de las plumas remeras que presentan cierta separación entre sus barbas y pérdida de la punta, por lo tanto el contorno del ala se ve ligeramente afectado (Figura 9).
  3. Las plumas remeras presentan una mejor integridad y unión entre ellas, pero aún se observa un poco de alteración de su estado y en algunas pérdida de la punta (Figura 10).
  4. Plumas remeras íntegras y en buen estado, el contorno del ala sin alteración (Figura 11).

- Pechuga:
  1. Pérdida bilateral de la cubierta de las plumas sobre un área considerable de la quilla que puede extenderse hasta el borde del abdomen (Figura 12).
  2. Pérdida unilateral o bilateral de la cubierta de plumas, el área aptérica sólo cubre se extiende sobre la quilla (Figura 13).
  3. Ligera pérdida de la pluma sobre el eje sagital de la quilla, la zona aptérica comprende sólo la punta de la quilla (Figura 14).
  4. Cubierta de plumas abundante y en buen estado (Figura 15).
- Cola:
  1. Pérdida de la cobertura de plumas en el dorso de la cola y plumas timoneras presentan un gran daño en su integridad ya que sólo se observa el raquis (pérdida total de las barbillas de la pluma). Se aprecia a simple vista la glándula uropígea (Figura 16).
  2. El dorso de la cola presenta total cobertura de plumas, pero sólo se observa el raquis de las plumas timoneras (Figura 17).
  3. Plumas timoneras se aprecian más largas y en mejor estado pero aún se observa pérdida de la integridad de la pluma (barbas y bárbulas) en su región distal (Figura 18).
  4. Plumas timoneras, así como su contorno en la base de la cola, se encuentran en buen estado (Figura 19).

### **Higiene del plumaje**

Se evaluó la higiene general del plumaje de todas las aves a la semana 12 del estudio, empleando sólo dos categorías: Plumaje limpio (Figura 20) y Plumaje sucio (Figura 21). Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de aves en cada categoría.

### **Pododermatitis plantar (“Bumble foot”)**

A la semana 12 del experimento se realizó la evaluación de la presencia o ausencia de pododermatitis plantar conocida como “Bumble foot”, a todas las aves, para asignarle un nivel de severidad se utilizó la escala creada por Tauson, et al. (2005), (Figuras 22, 23 y 24). Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de aves en cada categoría.

## **Largo de la uña**

Se realizó la medición del largo de la uña del dedo medio de la pata derecha a todas las aves del estudio, empleando una regla flexible, a la semana 12 del experimento.

## **Análisis estadístico**

Las bases de datos se elaboraron en el programa Microsoft® Excel® 2013.

La información fue analizada para confirmar el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Las variables productivas, de calidad de huevo, resistencia del cascarón, ganancia de peso, uniformidad y largo de la uña se analizaron mediante un ANOVA de un factor para un diseño completamente aleatorizado. Cuando existieron diferencias estadísticas significativas las medias fueron comparadas mediante la Prueba de Tukey. Las diferencias fueron consideradas significativas cuando  $p < 0.05$  (Kuehl, 2008). Se utilizó el paquete estadístico JMP® (JMP. 2013. Version 11.0.0. Cary, NC: SAS Institute) para el análisis de los datos.

Las variables de conteos bacterianos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, por lo que se utilizó la Prueba de Kruskal-Wallis para comprobar si la suma de los rangos es la misma en todos los grupos. Los rangos fueron comparados mediante el método de Wilcoxon.

Se realizó un análisis descriptivo para la condición e higiene del plumaje, calidad sanitaria interna del huevo (yema) y pododermatitis plantar (“Bumblefoot”), mostrando las tendencias de las distribuciones de frecuencias.

## RESULTADOS

### Parámetros productivos

El resumen de los datos para variables productivas obtenidos durante las 12 semanas del estudio se muestra en el cuadro 1. Para el porcentaje de postura los tratamientos fueron estadísticamente similares ( $p>0.05$ ), la jaula convencional obtuvo numéricamente un mayor porcentaje (97.9%) que la jaula enriquecida y el sistema sin jaula (96.5% y 97.1% respectivamente).

El peso de huevo mostró diferencias estadísticas significativas ( $p<0.05$ ) entre los tratamientos jaula convencional y sin jaula con pesos de 60.1g y 59.3g respectivamente, el sistema de jaula enriquecida obtuvo un peso promedio de huevo de 59.9g.

Para la masa de huevo no hubo diferencias estadísticas significativas para ninguno de los sistemas ( $p>0.05$ ): jaula convencional (58.9g), jaula enriquecida (57.8g), libre de jaula (57.6g).

En cuanto al consumo diario de alimento se observaron diferencias estadísticas significativas, el sistema de jaula convencional obtuvo el menor consumo ( $p<0.05$ ) en comparación con los sistemas de jaula enriquecida y sin jaula con consumos de 109.3g, 112.4g y 114.1g respectivamente.

La conversión alimentaria también fue estadísticamente significativa ( $p<0.05$ ) al ser menor en jaula convencional (1.855) por casi 0.1 puntos en comparación con la jaula enriquecida (1.945) y por más de 0.1 con respecto al el sistema sin jaula (1.980).

Respecto a la clasificación del huevo (cuadro 2), el sistema sin jaula obtuvo el mayor porcentaje de huevos sucios (11.5%) en comparación con las jaulas enriquecidas (3.9%) y convencionales (3.9%), lo cual fue estadísticamente significativo ( $p<0.05$ ). En cuanto al huevo roto y fáfara no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p>0.05$ ) con 1.1% en jaula convencional, seguido de 2.0% en libre de jaula y 2.8% en jaula enriquecida. El porcentaje de huevo grande fue similar en los tres tratamientos ( $p>0.05$ ), jaula enriquecida (0.4%), jaula convencional (0.5%) y libre de jaula (1.1%).



## **Calidad de huevo**

Los resultados de variables evaluadas para calidad de huevo se presentan en el cuadro 2. Ninguna de las variables medidas para la calidad de huevo mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ), las Unidades Haugh fueron mayores para la jaula enriquecida con 98.9, seguida de la jaula convencional 98.1 y por último libre de jaula con 97.4. La evaluación del pigmento mostró resultados similares para los 3 sistemas: Jaula convencional 11 (10.9), jaula enriquecida 11 (10.8), libre de jaula 11 (11.03). El sistema sin jaula obtuvo un menor grosor del cascarón en comparación con las jaulas convencionales y enriquecidas con  $320.9\mu\text{m}$ ,  $325.4\mu\text{m}$  y  $326.8\mu\text{m}$  respectivamente. Para la resistencia del cascarón los resultados fueron de  $4534.09\text{g/mm}$  para jaula convencional, seguida del sistema sin jaula con  $4479.08\text{g/mm}$  y la jaula enriquecida  $4449.68\text{g/mm}$ .

## **Calidad sanitaria del huevo**

El resumen de los datos para la evaluación de la calidad sanitaria interna y externa del huevo se muestra en el cuadro 3. El nivel de mesófilos aerobios, Enterobacterias y bacterias Gram positivas en el cascarón (Promedio de las 5 mediciones de UFC/huevo), fueron estadísticamente diferentes entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). Para los mesófilos aerobios el tratamiento con menores conteos fue el tratamiento B (6747 UFC/huevo), mientras que el tratamiento C obtuvo los mayores conteos (10193 UFC/huevo), las aves en jaulas convencionales obtuvieron un valor intermedio (7313 UFC/huevo). La cantidad de Enterobacterias fue estadísticamente similar entre los sistemas de jaulas convencional y enriquecida con 133 y 293 UFC/ huevo respectivamente, sin embargo el sistema sin jaula fue diferente de los dos anteriores con 1893 UFC/huevo. Se presentó la misma tendencia en los niveles de Gram positivos con la mayor cantidad de UFC para el sistema sin jaula (7943 UFC/huevo), y conteos estadísticamente similares en los sistemas de jaula convencional y enriquecida (3193 y 3313 UFC/huevo, respectivamente).

Los niveles de hongos y levaduras no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos con conteos de 1127, 1467 y 900 UFC/huevo para el sistema convencional, enriquecido y libre de jaula respectivamente.

La evaluación microbiológica interna del huevo (yema) mostró un bajo nivel de contaminación para los tres sistemas de alojamiento durante todo el experimento, de todos los huevos examinados. Sólo 3/50 huevos en jaula convencional y 4/50 huevos en jaula enriquecida y libre de jaula fueron positivos a bacterias Gram positivas.

### **Ganancia de peso y Uniformidad**

El cuadro 4 muestra los resultados obtenidos en la evaluación de la ganancia de peso corporal de las aves y la uniformidad al inicio y al final de la prueba. La ganancia de peso y la uniformidad inicial y final no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Las aves del sistema en piso mostraron mayor ganancia de peso (71.44g), seguidas de las jaulas convencionales (63.53g) y las enriquecidas (59.51g). El coeficiente de variación para la uniformidad inicial y final fueron respectivamente: jaula convencional 7.51 y 8.61, enriquecida 7.58 y 9.01, libre de jaula 7.17 y 8.52.

### **Condición del plumaje**

Las proporciones obtenidas en la evaluación del plumaje se muestran en los cuadros 5, 6, 7 y 8.

Cuello: El sistema sin jaula fue el que obtuvo el mejor estado de plumaje (puntaje de 4) con 100% de las aves con plumaje en buen estado, seguida de la jaula enriquecida (92%) y por último la jaula convencional (45.8%).

Alas: La mejor condición del plumaje (puntaje de 4) también fue para el sistema sin jaula con 93.3%, seguida de la jaula enriquecida con 57.1% y por último la jaula convencional con 11.1% (50% de sus aves con puntaje de 3).

Pechuga: En contraste con lo anterior los sistemas de jaula convencional y enriquecida mostraron un mejor estado del plumaje en esta área en comparación con el sistema sin jaula con 81.94%, 88.88% y 33.33% respectivamente (con puntaje de 4).

Cola: La integridad de las plumas de la cola fue mejor para el sistema sin jaula con un 98.3% de sus aves con puntaje 4, seguida de las jaulas enriquecidas con 79.4% y las jaulas convencionales con 5.5% (con el 51.4% de sus aves con puntaje de 3).

Cabe destacar que la mayoría de las aves evaluadas tenían una condición de plumaje entre 3 y 4 para todas las regiones y sistemas de alojamiento.

### **Higiene del plumaje**

El porcentaje de pluma sucia presente en cada sistema se presenta en el cuadro 9. Las aves de la jaula enriquecida mostraron un mayor porcentaje de pluma sucia (80.9%) que las de jaulas convencionales (11.1%) y sistema sin jaula (5%).

### **Pododermatitis plantar (“Bumblefoot”)**

Los resultados obtenidos en la evaluación de la incidencia de pododermatitis (“Bumblefoot”) se muestran en el cuadro 10. El sistema con menor presencia de pododermatitis plantar fue el de jaula convencional con 1.4% de incidencia (en nivel 3 de severidad), seguido de la jaula enriquecida con 25.4% (con y 15.9% en nivel 3, 6.3% en nivel 2 y 3.2% en nivel 1), y el sistema sin jaula que fue el de mayor porcentaje de incidencia con un 81.3% y con un nivel más grave de presentación (25.4% en nivel 3, 30.5% en nivel 2 y 25.4% en nivel 1).

### **Largo de la uña**

El largo de la uña fue estadísticamente diferente entre los tres tratamientos ( $p < 0.05$ ) siendo mayor en el sistema convencional (2.92cm), seguido del sistema enriquecido (2.69cm), y por último el menor largo de uña fue para las aves del sistema sin jaula (2.23cm) (Cuadro 11).

## **DISCUSIÓN**

### **Porcentaje de postura y masa de huevo**

En el presente estudio el sistema de alojamiento no influyó sobre las variables productivas porcentaje de postura y masa de huevo, ya que fueron similares en los tres tratamientos. Los resultados obtenidos para porcentaje de postura concuerdan con los presentados por Karkulín (2003), Tactacan et al. (2009), Becker et al. (2011), De los Mozos et al. (2012), Büttow et al. (2008), de los cuales los últimos dos también aplican para el caso de la masa de huevo, la cual según Craig, et al. (1986) es uno de los mejores indicadores de productividad de cada gallina, ya que engloba factores como el efecto de la madurez sexual, el porcentaje de producción de huevo y el peso del mismo.

Karkulín (2003) menciona que las gallinas alojadas en jaulas convencionales pueden expresar de mejor manera su potencial productivo pero debido a esto se agotan antes que las aves alojadas en sistemas alternativos como jaulas enriquecidas, sin embargo en el presente estudio las aves de los tres sistemas de alojamiento mostraron un patrón de postura muy similar por lo que no se podría hacer la misma suposición. Otros estudios revelan resultados distintos a los obtenidos en esta prueba, Yilmaz et al. (2016) mencionan una mayor producción y masa de huevo en el sistema libre de jaula en comparación con los otros dos sistemas, de forma contraria Englmaierová, et al. (2014) obtuvieron una menor producción de huevo en el sistema sin jaulas. Según Englmaierová, et al. (2014) las aves alojadas en sistemas sin jaula podrían llegar a comer los huevos puestos fuera de nido, los cuales ya no se tomarían en cuenta, disminuyendo el nivel de producción de huevos. Se menciona que algunos otros factores tales como el genotipo del ave y la adaptación a su entorno, el diseño del sistema de alojamiento y las condiciones de crianza pueden influir sobre la producción de huevo (Tůmová, et al., 2011; Tůmová, et al., 2009; Lay, et al., 2011).

### **Peso de huevo**

Los resultados para el peso de huevo mostraron un menor peso para el sistema sin jaula, y un peso mayor y similar para los sistemas de jaula, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Samiullah, et al. (2014) y Tactacan, et al. (2009). En contraste Karkulín (2003), Pištěková, et al. (2006) y Englmaierová, et al. (2014) obtuvieron mayores pesos del huevo en jaulas enriquecidas y libres de jaula en comparación con las jaulas convencionales,

Englmaierová, et al. (2014) argumentan que los huevos de jaulas convencionales podrían pesar menos debido a una mayor producción en este sistema.

Factores como el peso del ave, el consumo de alimento y la ganancia de peso tiene una gran influencia sobre el peso final del huevo. Sin embargo en el presente estudio las aves libres de jaula, las cuales tuvieron un mayor consumo y ganancia de peso, produjeron huevos de menor peso; aunque esta diferencia en el peso del huevo no fue mayor de 1 gramo por lo cual, como se pudo observar anteriormente, al calcular la masa de huevo esta diferencia desapareció. Tůmová, et al. (2009) mencionan que el tiempo de recolección de los huevos, el genotipo y el patrón de ovoposición (influido por el sistema de alojamiento) son factores relacionados con el peso final del huevo.

### **Consumo y conversión alimentaria**

Meng et al. (2015), Aerni et al. (2005), De los Mozos et al. (2012), Englmaierová et al. (2014), Yilmaz et al. (2016) al igual que en el presente estudio obtuvieron un consumo de alimento y una conversión alimentaria mayores en los sistemas de jaula enriquecida y/o sistemas sin jaula en comparación con las jaulas convencionales. Yilmaz, et al. (2016) consideran que el aumento en el consumo y por ende en la conversión alimentaria puede ser causado por un aumento en la actividad física. También se menciona que puede ser ocasionado por un aumento en los requerimientos de energía para la generación de calor, ya que debido al espacio y a la densidad de población, las aves alojadas en jaulas convencionales podrían mantener una temperatura corporal más adecuada, y por ende un menor consumo de alimento (Tactacan, et al., 2009). Es importante mencionar que en el presente estudio se consideró que el alimento servido fue consumido, incluyendo el alimento que se haya podido desperdiciar durante el consumo de las aves, al servirlo, entre otros.

### **Clasificación del huevo**

En el presente estudio el sistema sin jaula en comparación con los sistemas de jaula, obtuvo el mayor porcentaje de huevo sucio. Yilmaz, et al. (2016), también obtuvieron un mayor porcentaje de huevos sucios en sistemas sin jaula en comparación con los otros dos sistemas (similar). De Reu, et al. (2009) menciona no haber encontrado diferencia en el porcentaje de huevos sucios entre los tres sistemas de alojamiento. Algunas posibles causas del mayor

número de huevos sucios en el sistema sin jaula son la posibilidad de que las aves defequen dentro del nido, (Becker, et al., 2011), que pisaran sus heces y las transportaran hasta el área de postura (Hannah, et al., 2011), o debido a que los huevos eran puestos fuera de nido.

Se obtuvieron resultados similares para los tres sistemas de alojamiento en cuanto al huevo grande y roto/fárfara. Algunos estudios obtuvieron un mayor número de huevos rotos en sistemas de jaula enriquecida (Karkulín, 2003; Yilmaz, et al. 2016; De Reu, et al. 2009; Meng, et al. 2015). Según los resultados obtenidos por Karkulín (2003) el número de huevos rotos y/o quebrados puede aumentar debido al enriquecimiento en las jaulas. También se mencionan factores como la cantidad de recolecciones al día, el espacio entre el nido y la canastilla de huevos que podría aumentar la posibilidad de que choquen entre ellos (Yilmaz, et al., 2016), un mal diseño o que se acumulen en estas áreas (De Reu, et al., 2009). Contrario a lo antes mencionado, Becker, et al. (2011) aseguran que la presencia de nido para que las aves depositen los huevos ahí, disminuye la cantidad de huevos rotos y/o agrietados. Tactacan, et al. (2009) no encontraron diferencias en huevos rotos entre jaulas convencionales y enriquecidas.

### **Calidad de huevo**

Los resultados obtenidos en otros estudios para la calidad de huevo en general tienden a ser muy distintos y existe contrariedad. Algunos autores mencionan mejores características de calidad interna para sistemas convencionales (Samiullah, et al. 2014; Englmaierová, et al. 2014), otros para jaula enriquecida (Meng, et al. 2015) y otros para libre de jaula (Pištěková, et al. 2006). En el presente estudio ninguna de las variables evaluadas (internas y externas) mostró diferencias estadísticas, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Karkulín (2003). Por lo que se puede considerar que la calidad general del huevo no depende del tipo de sistema de alojamiento o del que se considera que pueda brindar un mayor nivel de bienestar, sino de otros factores independientes de este estudio, algunos que se mencionan son el pigmento del alimento en el color de la yema (Samiullah, et al. 2014; Tůmová, et al. 2011), el tiempo de recolección de los huevos con las unidades Haugh, y la interacción del genotipo de las aves con el sistema de alojamiento (Tůmová, et al. 2011; Tůmová, et al. 2009), entre otros.

Los resultados en cuanto a la calidad del cascarón (resistencia, grosor) no mostraron diferencias entre ninguno de los tres sistemas, lo cual nos indica que la calidad del cascarón es buena independientemente del sistema de alojamiento del que se trate, nuestros resultados concuerdan con Pištěková, et al. (2006); sin embargo también estos parámetros del cascarón muestran mucha variación en los estudios anteriormente realizados. En algunas investigaciones a pesar de que alguno de los tres sistemas muestre el valor más alto para el grosor del cascarón, obtiene el más bajo para la resistencia del mismo (Englmaierová, et al. 2014; Tůmová, et al. 2011); se mencionan que este fenómeno podría estar relacionado con diferencias estructurales del cascarón entre sistemas de alojamiento, como el tamaño y orientación de los cristales (Ketta & Tůmová, 2016), el contenido de calcio y/o la densidad de poros en el cascarón que podría resultar en un resistencia y grosor distintos (Tůmová, et al., 2011). Se consideran otros factores que pueden influir en la calidad del cascarón como el tamaño del huevo (Karkulín, 2003), el genotipo, consumo de alimento, balance de minerales en el alimento, el diseño de las instalaciones e inclusive la hora de ovoposición (Ketta & Tůmová, 2016).

### **Calidad sanitaria del huevo**

En el presente estudio el sistema sin jaula fue el que mostró mayor contaminación bacteriana del cascarón (Mesófilos aerobios, Gram positivos y Enterobacterias), mientras que los dos sistemas de jaula mostraron conteos más bajos y similares, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por varios autores (Roberts & Chousalkar, 2014; De Reu, et al. 2009; Jones & Anderson, 2013; Jones, et al. 2015; De Reu, et al. 2005). Jones & Anderson (2013) también observaron conteos similares de hongos y levaduras para los tres sistemas de alojamiento. Los huevos de los sistemas sin jaula tienen contacto con el material de cama y con el nido, sitios que pueden estar contaminados con heces, ya que las aves pueden defecar ahí o transportar las excretas con sus patas hasta estas áreas, aumentando el riesgo de contaminación microbiológica del cascarón (Englmaierová, et al. 2014; Hannah, et al. 2011); en general se considera que los sistemas de jaula permiten un ambiente más higiénico para las aves (Blokhuys, et al., 2007), para el huevo (mayor inocuidad) y el cual puede limpiarse con mayor facilidad (Lay, et al., 2011). Es importante considerar que a pesar de que en el sistema sin jaula la densidad de aves era baja, la contaminación bacteriana del cascarón fue considerablemente mayor, por lo que probablemente si la densidad de población fuera mayor

los conteos bacterianos también lo serían. Algunos otros factores que pueden influir en la calidad sanitaria del cascarón son el tamaño de parvada (Holt, et al., 2011), la temperatura y humedad del ambiente (Englmaierová, et al., 2014), la estirpe (Jones & Anderson, 2013), la dieta (Wall, et al., 2008), e inclusive el estrés de las aves (Holt, et al., 2011).

Al igual que en los resultados de este estudio, Samiullah, et al. (2014) y Jones, et al. (2011) obtuvieron muy pocos o ningún huevo con contaminación microbiológica interna en los tres sistemas de alojamiento. Lo cual demuestra la capacidad e importancia de los mecanismos de defensa antimicrobianos del cascarón como la cutícula y sustancias como la lisozima y ovotransferrina (Ketta & Tůmová, 2016). Sin embargo, se debe considerar que al aumentar la carga microbiológica del cascarón, aumenta el riesgo de contaminación interna del huevo (Englmaierová, et al., 2014).

### **Ganancia de peso y Uniformidad**

La ganancia de peso corporal y la uniformidad inicial y final no mostraron diferencias estadísticas, en el caso de la ganancia de peso se observó que fue numéricamente mayor en el sistema libre de jaula por más de 10 gramos en comparación con el sistema de jaula enriquecida y por un poco menos de 10 gramos en comparación el sistema convencional. Yilmaz, et al. (2016) obtuvieron mayores pesos para las aves sin jaula, lo cual se podría relacionar con el mayor consumo de alimento; por otro lado Guinebretière, et al. (2013) consideran que en los sistemas sin jaula las gallinas tienen una mayor actividad y libertad de expresar comportamientos como el baño de tierra, por lo cual tienden a ser menos pesadas.

Las aves del presente estudio mantuvieron pesos semejantes durante toda la prueba, por lo que se considera que la uniformidad no se vio afectada por el sistema de alojamiento, cabe mencionar que aunque no se presentó una diferencia estadística significativa las aves del sistema libre de jaula fueron las que mantuvieron un menor coeficiente de variación durante la prueba. Las gallinas en producción se manejan en parvada (vacunaciones, iluminación, etc.), no de manera individual, por ello es tan importante la uniformidad. Este parámetro nos puede indicar problemas como un bajo consumo de alimento y/o agua, enfermedades, o un mal despunte de pico; por lo cual una buena uniformidad de la parvada permite mantener una buena producción, huevos con tamaño uniforme y una menor mortalidad (Adriático, 2018).



## **Condición del plumaje**

El sistema sin jaula mostró la mejor condición del plumaje en todas las áreas evaluadas excepto en el área de la pechuga en donde obtuvo las puntuaciones más bajas. Yilmaz, et al. (2016) también obtuvieron el mejor puntaje general para la condición del plumaje en el sistema sin jaula. La mejor condición en los sistemas sin jaula pueden ser el resultado del mayor espacio por ave y la oportunidad de poder realizar comportamientos como el baño de polvo y el acicalamiento (Tauson, et al., 2005). Las aves en jaulas convencionales obtuvieron, en general, mayor pérdida de plumas que los otros dos sistemas.

En el presente estudio no se observaron comportamientos de picoteo o picaje, por lo cual la pérdida de plumas en los distintos sistemas puede ser atribuido a otras posibles causas. Por ejemplo en el caso de las jaulas convencionales la mayor pérdida de plumas en el cuello, alas y cola podría ser el resultado de la fricción de estas áreas con la jaula, al comer, aletear, intentar realizar baños de polvo en el piso de alambre o simplemente por el movimiento dentro de la jaula (Rodriguez-Aurrekoetxea & Estevez, 2016; Rodriguez, 2009; Lay, et al. 2011; Tauson, et al. 2005). A pesar de que en el sistema sin jaula las aves contaban con mayor espacio, mostraron las puntuaciones más bajas para el área de la pechuga lo cual se atribuye, según lo observado, al constante roce de esta área con la entrada del nido o a que las aves pudieron estar durmiendo en el piso. La pérdida de plumas en las áreas del cuello y la pechuga es un problema importante ya que puede alterar la termorregulación de las aves, aumentando la pérdida de calor (pudiendo ocasionar un mayor consumo de alimento) y exponiendo la piel, haciéndola más susceptible de sufrir lesiones (Craig, et al. 1986; Tactacan, et al. 2009).

El sistema enriquecido fue el que tuvo menor variación en cuanto al estado del plumaje, lo que podría considerarse un buen indicador, sin embargo las aves de este sistema mostraron un alto porcentaje de pluma sucia, que puede representar un problema para la higiene y salud de las aves como consecuencia del enriquecimiento ambiental (Wall, et al., 2008), en este caso de las perchas las cuales pudieron ocasionar que unas aves defecaran sobre otras, esto podría implicar cierta jerarquía de las aves por el acceso a las perchas.

### **Pododermatitis plantar (“Bumblefoot”)**

La evaluación de la presencia de pododermatitis (“Bumblefoot”) en sus diferentes niveles de gravedad es considerada una herramienta para la evaluación del bienestar en las aves, en el presente estudio las aves con la mayor presencia de esta condición fueron las de sistema sin jaulas, seguido de la jaula enriquecida y por último el sistema convencional. Los resultados obtenidos concuerdan con Yilmaz, et al. (2016) y Tauson, et al. (2005) quienes también observaron una mayor incidencia en sistemas sin jaula. Se mencionan la mala calidad de la cama (altos niveles de humedad y amoníaco), un mal diseño de la perchas y las malas condiciones de higiene como factores importantes para la presentación de este problema (Yilmaz, et al. 2016; Lay, et al. 2011; Tauson, et al. 2005). Cuando la mala condición de la cama o de la percha causan dermatitis o alguna lesión en la almohadilla plantar, se facilita la penetración de *Staphylococcus aureus*, ocasionando infección e inflamación severa comúnmente llamada “Bumble foot”; el bienestar de las aves afectadas se ve comprometido ya que sienten dolor al caminar y posarse (Lay, et al. 2011; Tauson, et al. 2005).

### **Largo de la uña**

El largo de la uña en los tres sistemas muestran que las aves libres de jaula tuvieron una longitud menor, seguidas de las jaulas enriquecidas y por últimos las jaulas convencionales que tuvieron el menor desgaste de la uña. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Yilmaz, et al. (2016) en donde el sistema sin jaula obtuvo el menor largo de uña en comparación con los otros dos sistemas, esto podría ser consecuencia de que este sistema cuenta con cama y superficies que facilitan a las aves realizar comportamientos como rascar evitando el sobre crecimiento de las uñas (Lay, et al., 2011). Por el contrario la ausencia de superficies en el sistema convencional genera la mayor longitud de uña; las jaulas enriquecidas del presente estudio no contaban con áreas para rascar (como algunos otros diseños de jaulas), sin embargo se puede considerar que las aves al posarse podían desgastar sus uñas con la lija colocada en la percha con este fin. Un crecimiento excesivo de las uñas puede ocasionar que estas se rompan o desprendan, generando heridas que se pueden infectar y causar dolor (Lay, et al., 2011).

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones experimentales de esta prueba se puede concluir que:

Las aves alojadas en jaulas convencionales debido a que probablemente gastaban menos energía por un menor movimiento, consumieron menos alimento que las aves en los otros dos sistemas de alojamiento, por lo cual también tuvieron una mejor conversión alimentaria. El peso del huevo también fue mayor en los sistemas de jaula sin embargo esta diferencia no fue mayor de un gramo; se debe considerar el mayor consumo de alimento e índice de conversión alimentaria en los sistemas de jaula enriquecida y libre de jaula ya que esto repercute directamente en los costos de producción.

El tipo de sistema de alojamiento no alteró las cualidades de calidad del huevo y del cascarón, las características evaluadas demostraron que el huevo es de buena calidad (interna y externa) en los tres sistemas de alojamiento. El nivel de huevos rotos/fárfara fue similar entre los tres sistemas lo que indica que las instalaciones fueron apropiadas para mantener la integridad del cascarón.

El mayor porcentaje de huevo sucio y de contaminación bacteriana del cascarón en el sistema libre de jaula indica que las condiciones para mantener la higiene e inocuidad de los huevos fueron mejores en los dos sistemas de jaula; la inocuidad del huevo es algo fundamental en cualquier sistema de producción para que el producto sea de calidad y no afecte la salud de los consumidores.

El sistema enriquecido obtuvo el mayor porcentaje de aves con plumaje sucio lo cual se relacionó con la presencia de las perchas. Estos problemas de higiene de los huevos y del plumaje de las aves son factores que deben considerarse en el diseño, instalaciones y equipo implementado en los sistemas de alojamiento alternativos. Las aves del sistema de jaula convencional tuvieron una condición del plumaje más pobre y un tamaño más largo de la uña, condiciones que afectan el nivel de bienestar de las aves. La presencia de un alto porcentaje de pododermatitis (“Bumble foot”) en las gallinas del sistema libre de jaula demuestra que probablemente las condiciones de la cama y de higiene no eran las adecuadas.

En el presente estudio ninguno de los tres sistemas de alojamiento demostró ser ideal en todas las características evaluadas, para la implementación de alguno es necesario tomar en cuenta las exigencias de los consumidores actuales así como la accesibilidad de este alimento a la

creciente población del país y a las personas con bajos recursos económicos, manteniendo la calidad interna y externa del huevo así como su inocuidad. A través del tiempo en México sigue existiendo una cultura de producción con gallinas en libertad, sobre todo en el área rural, el presente estudio es uno de los pioneros en el tema y aunque su escala no fue muy grande, los resultados son importantes. Se recomienda realizar más estudios y con mayor tamaño de muestra para confirmar la consistencia de los resultados, así como las implicaciones de cada uno de los sistemas de alojamiento, en la salud y bienestar de las aves, productividad, calidad e inocuidad del huevo, costos de producción, impacto en el medio ambiente y la protección de la salud de los trabajadores. Un buen manejo y diseño de las instalaciones, así como brindar un buen trato y cuidado a las aves son algo fundamental en cualquier sistema de alojamiento de que se trate y que se verá reflejado en la producción final de huevo.

## REFERENCIAS

Adriático, A. N. A., 2018. Manejo de pollitas y ponedoras no de batería. *Selecciones avícolas*, Issue 712, pp. 6-9.

Aerni, V. y otros, 2005. Productivity and mortality of laying hens in aviaries: a systematic review. *World's Poultry Science Journal*, 61(1), pp. 130-142.

Alonzo, A., 2018. 5 Hechos de los aviarios sin jaulas que se deben saber. *Los avicultores y su entorno*, 20(122), pp. 8-16.

Anderson, K. E., 2018. Impacto del sistema de alojamiento alternativo sobre la alimentación de las ponedoras. *Selecciones avícolas*, Issue 712, pp. 28-30.

Argüelles, V., 2018. *Avicultura.mx, Implementación y manejo del aviario : Retos y soluciones*. [En línea]  
Available at: <https://www.avicultura.mx/destacado/Implementacion-y-manejo-del-aviario%3A-Retos-y-soluciones>  
[Último acceso: 19 09 2018].

Becker, J. A. y otros, 2011. *Rendimiento de ponedoras comerciales alojadas en jaulas mejoradas*. XXII Congreso Latinoamericano de Avicultura 2011, Brasil: s.n.

Bessei, W., 2017. Impacto del bienestar animal en la producción avícola mundial (I). *Selecciones avícolas*, Issue 701, pp. 18-20.

Blokhuis, H. J. y otros, 2007. The LayWel project: welfare implications of changes in production systems for laying hens. *World's Poultry Science Journal*, 63(Marzo), pp. 101-114.

Büttow, V., Briz, R. & Levrino, G., 2008. Aspectos etológicos y productivos de gallinas ponedoras alojadas en jaulas convencionales o enriquecidas de fabricación española. *Revista Brasileira de Agrociencia*, 14(1), pp. 125, 134.

Campbell, D. L., Lee, C., Hinch, G. N. & Roberts, J. R., 2017. Egg production and egg quality in free-range laying hens housed at different outdoor stocking densities. *Poultry Science*, 96(9), pp. 3128-3137.

Craig, J. V., Craig, J. A. & Vargas Vargas, J., 1986. Corticosteroids and other indicators of hens' well-being in four laying-house environments.. *Poultry science*, 65(5), pp. 856-863.

De los Mozos, J., Gutiérrez del Álamo, Á., Pérez de Ayala, P. & Eits, R., 2012. *Necesidades proteicas en ponedoras en suelo y batería*. s.l., Poultry and Rabbit Research Centre.

De Reu, K. y otros, 2005. Bacterial eggshell contamination in conventional cages, furnished cages and aviary housing systems for laying hens.. *British Poultry Science*, 46(2), pp. 149-155.

- De Reu, K. y otros, 2008. Bacterial contamination of table eggs and the influence of housing systems. *World's Poultry Science Journal*, 64(1), pp. 5-19.
- De Reu, K. y otros, 2009. Bacteriological contamination, dirt, and cracks of eggshells in furnished cages and noncage systems for laying hens: An international on-farm. *Poultry Science*, 88(11), pp. 2442-2448.
- Elson, H. A., 2009. *Sistemas de alojamiento para gallinas ponedoras en Europa: desarrollo actual y resultados técnicos*. Zaragoza, s.n.
- Englmaierová, M., Tůmová, E., Charvátová, V. & Skřivan, M., 2014. Effects of laying hens housing system on laying performance, egg quality characteristics, and egg microbial contamination. *zech Journal of Animal Science*, 59(8), pp. 345-352.
- García, H. S., 2018. La producción de huevo libre de jaula y la tendencia del mercado en México. *Los avicultores y su entorno*, 20(123), pp. 144-146.
- Gentry, R. F. & Quarles, C. L., 1972. The Measurement of Bacterial Contamination on Egg Shells. *Poultry Science*, 51(3), pp. 930-933.
- Guerrero, L. I., Mota-Rojas, D., Corrales, H. A. M.-V. M. & Mora Medina, P., 2018. Indicadores de bienestar en las aves para el abasto (carne y huevo). *Los avicultores y su entorno*, 20(122), pp. 122-137.
- Guinebrière, M., Huneau-Salaün, A., Huonnic, D. & Michel, V., 2013. Plumage condition, body weight, mortality, and zootechnical performances: The effects of linings and litter provision in furnished cages for laying hens. *Poultry Science*, 92(1), pp. 51-59.
- Hannah, J. F. y otros, 2011. Comparison of shell bacteria from unwashed and washed table eggs harvested from caged laying hens and cage-free floor-housed laying hens. *Poultry Science*, 90(7), pp. 1586-1593.
- Hester, P. Y. y otros, 2013. The effect of perches in cages during pullet rearing and egg laying on hen performance, foot health, and plumage. *Poultry Science*, 92(2), pp. 310-320.
- Holt, P. S. y otros, 2011. The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science*, 90(1), pp. 251-262.
- Jasper, L., 2016. Características de los aviarios afectando al plumaje, la mortalidad y la producción de las ponedoras (I). *Selecciones avícolas*, Issue 687, pp. 6-10.
- Jones, D. R. & Anderson, K. E., 2013. Housing system and laying hen strain impacts on egg microbiology. *Poultry Science*, 92(8), pp. 2221-2225.
- Jones, D. R., Anderson, K. E. & Musgrove, M. T., 2011. Comparison of environmental and egg microbiology associated with conventional and free-range laying hen management. *Poultry Science*, 90(9), pp. 2063-2068.
- Jones, D. R. y otros, 2015. Microbiological impact of three commercial laying hen housing systems. *Poultry Science*, 94(3), pp. 544-551.

Karkulín, D., 2003. *Comparison of production and egg quality parameters of laying hens housed in conventional and enriched cages*. s.l.:s.n.

Ketta, M. & Tůmová, E., 2016. Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: A review. *Czech Journal of Animal Science*, 61(7), pp. 299-309.

Lay, D. C. J. y otros, 2011. Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science*, Volumen 90, p. 278–294.

Matthews, W. A. & Sumner, D. A., 2015. Effects of housing system on the costs of commercial egg production. *Poultry Science*, Volumen 94, pp. 552-557.

Mench, J. A., Sumner, D. A. & Rosen-Molina, J. T., 2011. Sustainability of egg production in the United States-the policy and market context. *Poultry Science*, 90(1), pp. 229-240.

Meng, F. y otros, 2015. Effects of large or small furnished cages on performance, welfare and egg quality of laying hens. *Animal Production Science*, Volumen 55, pp. 793-798.

Pišťeková, V. y otros, 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens kept in battery cages and in a deep litter system. *Czech Journal of Animal Science*, 51(7), pp. 318-325.

Poultry World, 2015. *France's alternative eggs*. [En línea] Available at: <https://www.poultryworld.net/Eggs/Articles/2015/8/Alternative-egg-production-for-French-industry-1760795W/> [Último acceso: 2018].

Roberts, J. R. & Chousalkar, K. K., 2014. Effect of production system and flock age on egg quality and total bacterial load in commercial laying hens. *Applied Poultry Research*, Volumen 23, pp. 59-70.

Rodriguez-Aurrekoetxea, A. & Estevez, I., 2016. Use of space and its impact on the welfare of laying hens in a commercial free-range system. *Poultry Science*, 95(11), pp. 2503-2513.

Rodriguez, S. D., 2009. *ENGORMIX, El bienestar animal en gallinas ponedoras*. [En línea] [Último acceso: 20 Agosto 2018].

Samiullah, Roberts, J. R. & Chousalkar, K. K., 2014. Effect of production system and flock age on egg quality and total bacterial load in commercial laying hens. *Journal Applied Poultry Research*, Volumen 23, pp. 59-70.

Singh, R., Cook, N., Cheng, K. M. & C., S. F., 2009. Invasive and noninvasive measurement of stress in laying hens kept in conventional cages and in floor pens. *Poultry Science*, 88(7), pp. 1346-1351.

Stanley, W. A. y otros, 2003. Evaluating the use of ultraviolet light as a method for improving hatching egg selection. *Journal of Applied Poultry Research*, 12(2), pp. 237-241.

Tactacan, G. B. y otros, 2009. Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. *Poultry Science*, 88(4), pp. 698-707.

Tauson, R., Elwinger, K., Holm, K. & Wall, H., 2005. Analyses of a data base for health parameters in different housing systems. *Animal science papers and reports*.

Tauson, R. y otros, 2005. Applied scoring of integument and health in laying hens. *Animal science papers and reports*, Volumen 23, pp. 153-159.

Tůmová, E., Englmaierová, M., Ledvinka, Z. & Charvátová, V., 2011. Interaction between housing system and genotype in relation to internal and external egg quality parameters. *Czech Journal of Animal Science*, 56(11), pp. 490-498.

Tůmová, E., Skřivan, M., Englmaierová, M. & Zita, L., 2009. The effect of genotype, housing system and egg collection time on egg quality in egg type hens. *Czech Journal of Animal Science*, 54(1), pp. 17-23.

Van Horne, P., 2006. Comparación de los sistemas de alojamiento para ponedoras: Valoración económica. *Poultry Inter*, 45(3), pp. 22-25.

Van Horne, P. & Achterbosch, T., 2012. *Bienestar animal en los sistemas de producción avícola: Impacto de los standards de la UE sobre el comercio mundial*. La Haya, Países Bajos: s.n.

Vizzier, T. Y. y otros, 2016. Symposium: Animal welfare challenges for today and tomorrow. *Poultry Science*, 95(9), pp. 2198-2207.

Wall, H., Tauson, R. & Sørgerd, S., 2008. Bacterial contamination of eggshells in furnished and conventional cages. *Journal of Applied Poultry Research*, 17(1), pp. 11-16.

Yilmaz, B. y otros, 2016. Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range).. *Poultry Science*, 95(7), pp. 1564-1572.



## CUADROS

Cuadro 1. Resultados de los parámetros productivos obtenidos durante las 12 semanas de la prueba.

<b>Tratamiento</b>	<b>Postura (%)</b>	<b>Peso de huevo (g)</b>	<b>Masa de huevo Ave/día (g)</b>	<b>Consumo de alimento Ave/día (g)</b>	<b>Índice de conversión alimentaria (Kg:Kg)</b>
<b>A</b>	97.9	60.1a	58.9	109.3b	1.855b
<b>B</b>	96.5	59.9ab	57.8	112.4a	1.945a
<b>C</b>	97.1	59.3b	57.6	114.1a	1.980a
<b>EEM</b>	1.21	0.14	0.69	0.54	0.02
<b>Probabilidad</b>	0.55	0.02	0.29	0.007	0.02

Los niveles no unidos por la misma letra son significativamente distintos ( $p < 0.05$ )

EEM= Error estándar de la media

Cuadro 2. Resultados para calidad y clasificación del huevo obtenidas durante las 12 semanas de la prueba.

CALIDAD DE HUEVO					CLASIFICACIÓN DE HUEVO		
Tratamiento	Unidades Haugh (UH)	Pigmento	Grosor del cascarón (µm)	Resistencia del cascarón (g/mm)	Huevo sucio (%)	Huevo roto + Huevo fáfara (%)	Huevo grande (%)
<b>A</b>	98.1	11 (10.89)	325.4	4534.09	3.9b	1.1	0.5
<b>B</b>	98.9	11 (10.82)	326.8	4449.68	3.9b	2.8	0.4
<b>C</b>	97.4	11 (11.03)	320.9	4479.08	11.5a	2.0	1.1
<b>EEM</b>	5.83	1.17	20.03	574.77	0.87	0.86	0.51
<b>Probabilidad</b>	0.22	0.43	0.11	0.58	0.005	0.29	0.42

Los niveles no unidos por la misma letra son significativamente distintos ( $p < 0.05$ )

EEM= Error estándar de la media

Cuadro 3. Resultados obtenidos durante las 5 evaluaciones microbiológicas del cascarón y de la yema (Técnica de Gentry, cuantitativa y cualitativa)

<b>Tratamiento</b>	<b>Mesófilos aerobios (UFC**)</b>	<b>Enterobacterias (UFC)</b>	<b>Gram Positivos (UFC)</b>	<b>Hongos y Levaduras (UFC)</b>	<b>Evaluación interna (Huevos contaminados/total de huevos)</b>
<b>A</b>	7313ab	133a	3193a	1127	3/50 (Gram +)
<b>B</b>	6747b	293a	3313a	1467	4/50 (Gram +)
<b>C</b>	10193a	1893b	7943b	900	4/50 (Gram +)
<b>Probabilidad*</b>	0.0493	0.0008	0.0002	0.9844	

\*Prueba de suma de rangos de Wilcoxon y Kruskal-Wallis

\*\* Unidades Formadoras de Colonia

Cuadro 4. Resultados de la evaluación de la ganancia de peso durante las 12 semanas del estudio y la uniformidad al inicio y al final de la prueba.

<b>Tratamiento</b>	<b>Ganancia de peso (g)</b>	<b>Uniformidad Inicial (CV*)</b>	<b>Uniformidad Final (CV*)</b>
<b>A</b>	63.53	7.51	8.61
<b>B</b>	59.51	7.58	9.01
<b>C</b>	71.44	7.17	8.52
<b>EEM</b>	17.42	0.72	1.17
<b>Probabilidad</b>	0.80	0.84	0.90

EEM= Error estándar de la media

\*Coeficiente de Variación

Cuadro 5. Resultados para la evaluación y puntuación de la condición del plumaje en el cuello a las 40 semanas de edad de las aves.

PORCENTAJE DE CADA PUNTAJE EN LA REGIÓN DEL CUELLO (%)				
Tratamiento	1*	2	3	4**
A	4.17	12.5	37.5	45.83
B	0	0	7.94	92.06
C	0	0	0	100

\*Menor calidad del plumaje

\*\*Mayor calidad (mejor condición) del plumaje

Cuadro 6. Resultados para la evaluación y puntuación de la condición del plumaje en las alas a las 40 semanas de edad de las aves.

PORCENTAJE DE CADA PUNTAJE EN LA REGIÓN DE LAS ALAS (%)				
Tratamiento	1*	2	3	4**
A	4.17	34.72	50	11.11
B	0	0	42.86	57.14
C	0	1.67	5	93.33

\*Menor calidad del plumaje

\*\*Mayor calidad (mejor condición) del plumaje

Cuadro 7. Resultados para la evaluación y puntuación de la condición del plumaje en la pechuga a las 40 semanas de edad de las aves.

PORCENTAJE DE CADA PUNTAJE EN LA REGIÓN DE LA PECHUGA (%)				
Tratamiento	1*	2	3	4**
A	0	0	18.06	81.94
B	0	1.59	9.53	88.88
C	3.34	16.67	46.66	33.33

\*Menor calidad del plumaje

\*\*Mayor calidad (mejor condición) del plumaje

Cuadro 8. Resultados para la evaluación y puntuación de la condición del plumaje en la cola a las 40 semanas de edad de las aves.

PORCENTAJE DE CADA PUNTAJE EN LA REGIÓN DE LA COLA (%)				
Tratamiento	1*	2	3	4**
A	5.56	37.5	51.38	5.56
B	0	0	20.64	79.36
C	0	0	1.67	98.33

\*Menor calidad del plumaje

\*\*Mayor calidad (mejor condición) del plumaje

Cuadro 9. Resultados de la evaluación de la presencia de plumaje sucio en las aves a las 40 semanas de edad.

<b>Tratamiento</b>	<b>Porcentaje de aves con plumaje sucio (%)</b>	<b>Porcentaje de aves con plumaje limpio (%)</b>
<b>A</b>	11.11	88.89
<b>B</b>	80.95	19.05
<b>C</b>	5.00	95.00

Cuadro 10. Resultados de la evaluación y puntuación de la condición de pododermatitis (“Bumble foot”) en las aves, a las 40 semanas de edad.

<b>PORCENTAJE DE CADA PUNTAJE PARA PODODERMATITIS “BUMBLE FOOT” (%)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>1*</b>	<b>2</b>	<b>3**</b>	<b>Porcentaje total de aves con Pododermatitis</b>	<b>Porcentaje de aves sanas</b>
<b>A</b>	0	0	1.4	1.4	98.6
<b>B</b>	3.2	6.3	15.9	25.4	74.6
<b>C</b>	25.4	30.5	25.4	81.3	18.7

\*Mayor severidad de pododermatitis

\*\*Menor severidad de pododermatitis

Cuadro 11. Resultados del largo de la uña en las aves a las 40 semanas de edad.

<b>Tratamiento</b>	<b>Largo de la uña (cm)</b>
<b>A</b>	2.92a
<b>B</b>	2.69b
<b>C</b>	2.23c
<b>EEM</b>	0.04
<b>Probabilidad</b>	0.001

Los niveles no unidos por la misma letra son significativamente distintos ( $p < 0.05$ )

EEM= Error estándar de la media

## FIGURAS



FIGURA 1. Sistema de jaulas convencionales.



FIGURA 2. Sistema de jaula enriquecida.





FIGURA 3. Sistema libre de jaula.



FIGURA 4. Cuello puntuación 1.



FIGURA 5. Cuello puntuación 2.



FIGURA 6. Cuello puntuación 3.



FIGURA 7. Cuello puntuación 4.



FIGURA 8. Alas puntuación 1.



FIGURA 9. Alas puntuación 2.





FIGURA 10. Alas puntuación 3.



FIGURA 11. Alas puntuación 4.



FIGURA 12. Pechuga puntuación 1.



FIGURA 13. Pechuga puntuación 2.



FIGURA 14. Pechuga puntuación 3.



FIGURA 15. Pechuga puntuación 4.



FIGURA 16. Cola puntuación 1.



FIGURA 17. Cola puntuación 2.





FIGURA 18. Cola puntuación 3.



FIGURA 19. Cola puntuación 4.



FIGURA 20. Plumaje limpio.



FIGURA 21. Plumaje sucio.

FIGURAS 22, 23 Y 24. Escala de evaluación de pododermatitis (“Bumblefoot”).  
*Fuente: Tauson, et al. (2005).*



FIGURA 22. Puntuación 1 “Bumble Foot”

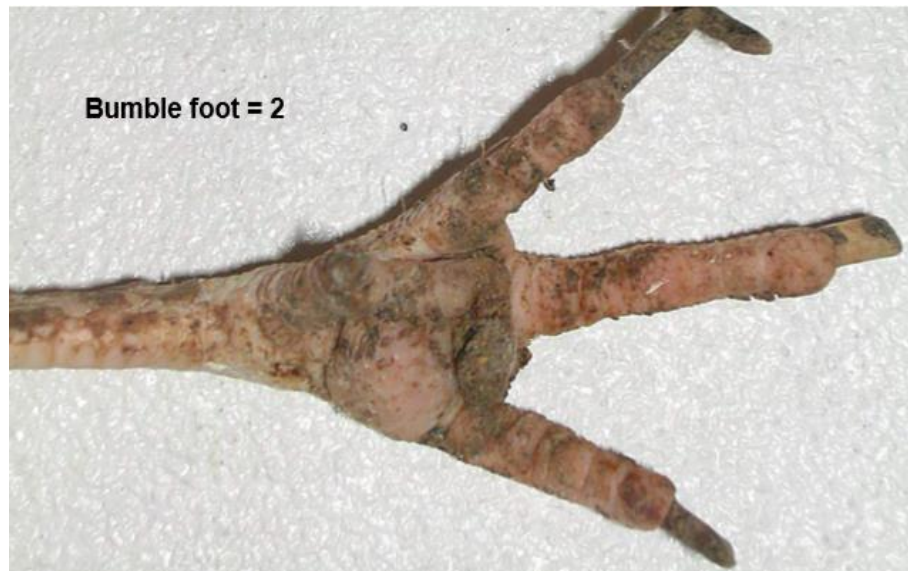


FIGURA 23. Puntuación 2 “Bumble Foot”



FIGURA 24. Puntuación 3 "Bumble Foot"