



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO EN GALLINAS BOVANS
WHITE ALOJADAS EN JAULA BAJO TRES DENSIDADES DE
POBLACIÓN**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICA VETERINARIA Y ZOOTECNISTA

PRESENTA

MAYA MANZANO CASARRUBIAS



ASESORES:

Dr. Arturo Cortes Cuevas

Dr. Ernesto Ávila González

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.

DEDICATORIAS

A mis padres Fernando y Jazmín por el apoyo otorgado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Jazmín, Mariana y Fernando por ser un ejemplo a seguir.

A mi abuelita Macrina por siempre estar al pendiente de mí y consentirme.

A mis tías Elena y Patricia por el apoyo otorgado.

A mi tío Ernesto por todo el cariño, paciencia y conocimiento brindado en mi infancia.

A mi cuñado Arturo por el apoyo otorgado.

A mis amigos de la Facultad con los cuales pase momentos de alegría, tristeza pero sobre todo las horas de estudio para alcanzar una meta en común.

A mis compañeros de servicio social que siempre me brindaron su apoyo, confianza y conocimiento durante los seis meses que convivimos, al final de toda esa aventura se convirtieron en personas importantes y grandes amigos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad y Facultad de Veterinaria por darme la oportunidad de lograr una de mis metas en la vida.

A mis asesores de tesis Doctor Arturo Cortes Cuevas y Doctor Ernesto Ávila González por apoyarme y no desistir con mi trabajo, gracias.

A los miembros del jurado que hicieron las revisiones pertinentes del trabajo para enriquecerlo, Dr. Antonio Quintana, Dra. Marcela González, Dra. Lucía Rangel y la Dra. Analía Balderas.

Al CEIEPAv por abrirme las puertas para realizar mi servicio social y tesis, sin duda fue una de las mejores decisiones de mi vida.

A los Doctores del CEIEPAv por brindarme su conocimiento, experiencia, confianza y paciencia durante mi estancia.

A la Doctora Magdalena Escorcía que imparte la materia de Zootecnia Avícola 1, sin ella no hubiera sido posible tomar la decisión de dedicarme a la avicultura, gracias.

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
RESULTADOS	16
DISCUSIÓN.....	21
CONCLUSIONES	26
REFERENCIAS	27

RESUMEN

MANZANO CASARRUBIAS MAYA. Comportamiento productivo en gallinas Bovans White alojadas en jaula bajo tres densidades de población. Asesores: Dr. Arturo Cortes Cuevas y Dr. Ernesto Ávila González.

El objetivo del trabajo, fue determinar el rendimiento productivo y la presentación de conductas nocivas, como el picaje y canibalismo de gallinas de postura alojadas en jaulas convencionales (40 cm x 45 cm x 40 cm) bajo diferentes densidades de población. Se emplearon 216 gallinas de 21 semanas de edad de la estirpe Bovans White, el estudio duró 12 semanas. La distribución de las aves fue completamente al azar, dividiéndolas en 3 tratamientos: Tratamiento 1, 2 aves/jaula, espacio de piso = 900 cm²/ave, Tratamiento 2, 3 aves/jaula, espacio de piso = 600 cm²/aves y Tratamiento 3, 4 aves/jaula, espacio de piso = 450 cm²/ave cada uno con 6 réplicas. Los parámetros que se midieron durante la investigación fueron los siguientes: porcentaje de postura (%), peso de huevo (g), masa de huevo (g), consumo de alimento (g), conversión alimenticia (kg:kg) y porcentaje de huevo sucio y roto (%). Los resultados obtenidos de las variables mencionadas indicaron que no existía una diferencia estadística ($P>0.05$) entre los 3 tratamientos. Las conductas de picaje se asociaron con un mal despique. Se concluye, de acuerdo a resultados en gallinas Bovans White de 21 a 36 semanas de edad, que el comportamiento productivo es similar bajo densidades de población en jaula que consideran 900, 600 y 450 cm²/ave.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Aunque las raíces de la producción de huevo se remontan a la época romana, la industria de huevo comenzó durante el siglo XIX. Esta actividad era una parte importante para los campesinos, en algunos casos se utilizaba para pagar la renta de la tierra. Con la llegada del siglo XIX la avicultura se vió como una empresa a gran escala (Elson, 2011).

A principios de 1950 se empleó el sistema de jaula convencional el cual mantenía a las aves en un alojamiento cerrado donde se podían controlar el ambiente y los depredadores, además de que disminuyeron las enfermedades, ya que las aves no se encontraban en contacto con el piso y excretas. Las ventajas que se obtuvieron con la implementación de la jaula convencional en comparación a las aves de traspatio se vió reflejada con cambios en los parámetros productivos, por ejemplo: aumentó el número de huevos por año/ave, disminuyó la mortalidad, el consumo de alimento fue uniforme y mejoró la calidad del huevo al no encontrarse expuesto al piso y a la excretas de las gallinas (AEB, 2019).

Bienestar Animal

La definición de Bienestar Animal según el Código Sanitario para los Animales Terrestres de la OIE (2018), “designa el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las que vive y muere”. Los principios de la OIE en tema de bienestar animal también mencionan las “cinco libertades” publicadas en 1965.

1. libre de hambre, sed y desnutrición
2. libre de miedos y angustias
3. libre de incomodidades físicas o térmicas
4. libre de dolor, lesiones o enfermedades y
5. libre para expresar las pautas propias de comportamiento.

Para evaluar el bienestar en gallinas de postura no se han determinado indicadores ideales. En algunos estudios se mide los metabolitos de corticosterona en excretas, niveles de corticosterona en plasma y/o yema o albúmina, irregularidades en el cascarón del huevo, la relación H:L en sangre, cobertura de plumas y grabaciones de comportamiento (Alm *et al.*, 2016). El estado del sistema tegumentario de las aves tiene impacto en la interpretación de su salud y bienestar. La condición del plumaje se evalúa en 6 partes del cuerpo: cuello, pecho, cloaca, espalda, alas y cola y lesiones en los pies (bumble foot) dando una puntuación de 1-4, la más alta puntuación indica el mejor estado del tegumento (Blokhuis *et al.*, 2007). La Welfare Quality (2009) ha sugerido medidas que podrían usarse para evaluar cada uno de los 12 criterios de bienestar para aves de corral.

Principios y criterios de bienestar establecidos por Welfare Quality®.

Principios de bienestar	Criterios de bienestar
Alimentación adecuada	1. Ausencia de hambre prolongada
	2. Ausencia de sed prolongada
Alojamiento adecuado	3. Comodidad en particular en las zonas de descanso
	4. Temperatura adecuada
	5. Facilidad de movimiento
Buena salud	6. Ausencia de lesiones físicas
	7. Ausencia de enfermedades
	8. Ausencia de dolor debido a un manejo inadecuado
Comportamiento adecuado	9. Manifestación de comportamientos sociales
	10. Manifestación de otros comportamientos
	11. Buena relación entre los humanos y animales
	12. Estado emocional positivo

En Estados Unidos el 94% de la producción se encuentra en sistemas de jaula convencional, las cuales fueron adaptadas desde 1950. Aunque actualmente la avicultura ha experimentado cambios debido a que los consumidores están preocupados por el bienestar animal (Vizzier *et al.*, 2016). En los años de 1960 se criticó este sistema por las altas densidades de población, el espacio reducido de la jaula y por no contar con aditamentos que permitieran a la gallina llevar a cabo comportamientos naturales tales como perchar, anidar o alimentarse.

Las aves fueron consideradas por Brambell en el “Informe del Comité Técnico para investigar el bienestar de los animales bajo sistemas de ganadería intensiva”, donde se enfocó al espacio que se proporciona en las jaulas convencionales en batería. El reporte menciona que el diseño original, antes de la segunda guerra mundial, era tomando en cuenta aves de un peso aproximado de 2.7 kg, con un espacio de 900 cm²/ave; con esta densidad de aves por jaula se incrementó el costo y los productores no fueron convencidos de implementarlas, hasta que se comenzó a alojar 3 a 4 aves o más por jaula disminuyendo así los costos. Debido al uso de aves más ligeras 1.8-2.2 kg, el espacio vital se estandarizó a 350 cm² como el espacio mínimo permitido. Después el grado de confinamiento llegó a 2 o 3 aves/jaula con las siguientes medidas (30-35 x 42.5 cm), esto evitaba que las aves estiraran sus alas y estaban en constante roce con las demás aves. Al finalizar la investigación, las evidencias no fueron concluyentes para prohibir el uso de la jaula convencional así que se tuvieron que hacer estudios sobre el uso de jaulas bajo supervisión de un Comité Consultivo Permanente de Bienestar Animal. Los resultados de la investigación concluyeron que era factible que se alojaran 3 aves/jaula para evitar canibalismo y picoteo (Brambell, 1965).

Actualmente se utilizan diferentes sistemas de alojamiento en gallinas de postura como la jaula convencional, la jaula enriquecida y el free range.

La jaula convencional se fabrica con lámina galvanizada, bebedero de niple para 6 aves, 10.16 cm comedero tipo canaleta y banda de recolección del huevo, el espacio que se proporciona es de 562 a 567 cm²/ave (Yilmaz *et al.*, 2016; Jones *et al.*, 2014).

En el sistema de jaula enriquecida, a las aves se les proporciona un espacio de 753 cm², 12.07 cm de comedero, 17.73 cm de percha, 250 cm² de nido y una línea de niple con copa de goteo para consumo de agua. Gracias a los aditamentos, las aves pudieron expresar algunos comportamientos naturales (Jones *et al.*, 2014). En un estudio realizado por Tactacan *et al.*, (2009) quienes utilizaron la jaula enriquecida, proporcionaron a las aves un espacio de piso de 642 cm², área de descanso de 232 cm, área de rascadero de 40.8 cm, área de nido de 61.8 cm² y la jaula convencional con un espacio de 561 cm²/ave, 10 cm de comedero y 3 bebederos/jaula, no

observaron una diferencia en la producción de huevo, peso de huevo y porcentaje de huevo roto.

Por otro lado el sistema de free-range tiene un área interior y una exterior con pastoreo. En el interior se proporciona 15 cm/ave de percha, un nido por cada 4 aves y una densidad de 7 aves/m², mientras que para el pastoreo el espacio proporcionado es de 8 aves/m² y el área se mantiene alambrada para alejar a los depredadores (Yilmaz *et al.*, 2016).

Orden de picoteo

Las aves tienen formas de interacción y exploración (picaje agresivo o comportamiento de amenaza de agresión) que utilizan para establecer y mantener sus relaciones sociales, esto para definir una jerarquía dentro de la parvada. Estos comportamientos pueden ser imitados fácilmente por las demás aves aunque en grupos pequeños es raramente observado (Avinews, 2019).

Picaje

El picaje es uno de los principales problemas que se presenta en aves confinadas, afectando su bienestar. Este comportamiento puede ocurrir en todos los sistemas de alojamiento intensivo de gallinas. En el sistema de jaula convencional a diferencia de los sistemas de producción en piso, el picaje una vez iniciado se puede propagar en toda la parvada. Este comportamiento comprende el picaje de las plumas y de la cloaca, lo que puede conducir al canibalismo. La imposibilidad de desarrollar ciertos comportamientos puede provocar frustración a largo plazo, lo que a su vez produce excitación, conductas agresivas o miedo (FAO, 2013).

Canibalismo

“El canibalismo se define como una alteración irreversible de la conducta descrita en aves comerciales, que se caracteriza por producción de lesiones y heridas a otros miembros de la parvada en diferentes partes del cuerpo con el pico, que pueden ser leves, moderadas o severas”. Algunos factores predisponentes son la deficiencia de agua y de alimento, la deficiencia de sal (sodio), así como las altas

densidades de población. Con el fin de evitar los daños causados por este comportamiento, se hace el despunte del pico en las pollitas próximas al inicio de la postura. Este procedimiento se lleva a cabo con una máquina que corta y cauteriza el pico (Hernández *et al.*, 2009).

Prevención y control del picaje

El recorte de pico es un método que se utiliza en las gallinas de postura para prevenir el picaje que puede llegar a provocar la muerte. En algunos países de Europa esta práctica está prohibida por otro lado en algunos sistemas de producción se permite el recorte del pico con infrarrojo, a pesar de que es una técnica segura se están buscando alternativas. La selección genética, control de la luz, enriquecimiento ambiental y nutrición se consideran alternativas viables para controlar el picaje (Poultry hub, 2019).

Parámetros productivos

En las gallinas de postura se evalúan varios parámetros para determinar la producción de la parvada en un ciclo el cual dura 90 semanas (72 semanas en postura), estos son algunos índices importantes que se miden.

- Consumo de alimento diario $\frac{\text{kg de alimento consumido en un día}}{\text{número de aves}}$
- Porcentaje de postura $\frac{\text{número de huev producidos}}{\text{número de gallinas}} \times 100$
- Conversión alimentaria $\frac{\text{consumo de alimento al día}}{\text{masa de huevo}}$
- Masa de huevo $\frac{(\text{porcentaje de postura})(\text{peso promedio de hue })}{100}$
- Peso de huevo
- Porcentaje de huevo sucio $\frac{\text{número de huevos sucios}}{\text{número de hue totales}} \times 100$
- Porcentaje de huevo roto $\frac{\text{número de huevos rotos}}{\text{número de hue total}} \times 100$

Consumo de alimento

Las gallinas utilizarán los nutrientes y la energía del alimento proporcionado para su mantenimiento, producción de huevo, tamaño y crecimiento. La temperatura del ambiente tiene gran influencia sobre el consumo de alimento ya que las aves tratan de mantener su confort térmico ajustando su ingesta de nutrientes a la cantidad de calor que disipa. El tamaño del ave también influirá en la cantidad de alimento que consume así que las estirpes ligeras consumirán menos alimento que las estirpes pesadas (Poultry pro, 2019).

Porcentaje de postura

El criterio más importante y utilizado durante la crianza de la pollita es el peso corporal, cada estirpe tiene rangos de peso que deben alcanzarse o superarse para una producción de huevo y masa de huevo adecuada. Cuando se evalúa la uniformidad de la parvada (semana 17) y se encuentra en el 80% se puede comenzar con el programa de iluminación para que acabe de desarrollar su aparato reproductor, hasta que alcance la madurez sexual y rompa postura (Poultry pro, 2019).

Peso de huevo

La formulación adecuada de la dieta en gallinas de postura es un punto clave que determina aspectos importantes durante el ciclo productivo, así que los niveles óptimos de proteína balanceada que se proporcionan en la dieta no deben ser menores a 14 g/día. Cuando se incrementan los niveles de metionina en la dieta hay un aumento casi lineal en el tamaño del huevo, en caso de necesitar huevo de menor peso se puede disminuir el nivel de metionina (Poultry pro, 2019).

Huevo roto

El cascarón es la parte más externa que conforma al huevo, cuenta con una cutícula, que consiste en una capa de mucina la cuál recubre los poros del cascarón. Ésta es la primera barrera de defensa para que no penetren agentes patógenos y es una capa que tiene un grosor de 0.27-0.37 mm. La resistencia del cascarón, se

analiza utilizando el instrumento de medición Digital Egg Tester DET 6000 series, en el cual se coloca el huevo donde el aparato aplica una presión (mínima de 3 kg) y se emite un lectura en kg/cm^2 (Kashimori, 2017). La resistencia del cascarón está determinada por el metabolismo del calcio, cada huevo producido necesita 2-2.5 gramos de calcio. Este requerimiento de calcio debe ser proporcionado en el alimento aunque el ave también moviliza calcio del hueso medular. Si la fuente de calcio en la dieta es deficiente se movilizara calcio del hueso cortical para poder formar el cascarón, una deficiencia prolongada resultara en huesos blandos y bajara la producción de huevo. El estrés por calor también puede derivar en cáscaras frágiles y delgadas debido al desbalance acido/base en sangre resultado del jadeo (Hy-line, 2017).

Huevo sucio

Este parámetro se puede controlar con una recolección frecuente del huevo, proporcionar instalaciones limpias a las aves y densidades adecuadas por jaula para evitar el picaje manchando el huevo de sangre (García *et al.*, 2016)

El efecto del espacio vital por ave en jaula ha sido ampliamente estudiado, Lee and Moss (1995) observaron una disminución en la producción de huevo, peso del huevo, consumo de alimento cuando se tenían una densidad de población de 4 aves/jaula con un espacio de piso 387 cm^2 . Jalal *et al* (2006) compararon 4 densidades en jaula (342, 432, 516 y 690 cm^2 por ave), y encontraron que la producción de huevo y la masa de huevo por ave fue superior en las gallinas alojadas empleando 690 cm^2 por ave, además indicaron que fue evidente que al disminuir el espacio se afectó el comportamiento productivo.

En un estudio realizado por Mirfendereski y Jahanian (2015) se demostró que las gallinas en jaula con mayor densidad de población, tuvieron una disminución en la producción y en la masa de huevo, así como en el consumo de alimento y en la inmunidad humoral, en comparación con aves alojadas en jaula con una densidad de población menor. Para estimar la población normal hay que tener en cuenta que como mínimo se deben proporcionar $400 \text{ cm}^2/\text{ave}$ alojadas en jaula convencional (Quintana, 2011).

Con estos antecedentes, el presente estudio tuvo la finalidad de evaluar diferentes densidades de población en aves alojadas en jaula (2, 3 y 4 aves/jaula) con espacios de 900 cm², 600 cm² y 450 cm² por ave, sobre el rendimiento productivo y el bienestar animal.

Justificación

La producción de huevo ha experimentado, cambios debido a que los consumidores están preocupados por el bienestar animal. Desde el año de 1960 se ha criticado el sistema de jaula convencional que se emplea para alojar a las gallinas de postura, por la densidad de población que se maneja, por el espacio vital por ave (400 cm²/ave), así como por la falta de aditamentos como perchas, nidos e incluso el reducido espacio de comedero, argumentándose que todo ello evita que la gallina lleve a cabo sus comportamientos naturales, afectando tanto su bienestar, como su comportamiento productivo; lo que puede derivar en conductas como el picaje y el canibalismo, a causa del sentimiento de frustración que se genera.

Actualmente no hay estudios donde se comparen densidades de población en jaula convencional (40 cm x 45 cm) 2, 3 y 4 aves/jaula con la estirpe Bovans White de 21 semanas de edad.

Hipótesis

La densidad de 2 aves/jaula ($900 \text{ cm}^2/\text{ave}$) tendrá mejor comportamiento productivo en comparación con la densidad de 4 aves/jaula ($450 \text{ cm}^2/\text{ave}$).

Objetivo

Estudiar el efecto de diferentes densidades de población de gallinas de postura, alojadas en jaula convencional (2 aves en 900 cm^2 , 3 aves en 600 cm^2 y 4 aves en 450 cm^2), sobre el comportamiento productivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Avícola (C.E.I.E.P.Av), de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, el cual se localiza en la calle de Manuel M. López, s/n en la Colonia Santiago Zapotitlán de la Alcaldía de Tláhuac, CDMX (INEGI, 2014).

Población de estudio

En el estudio, se utilizaron 216 gallinas de la estirpe Bovans White de 21 semanas de edad, las cuales se alojaron en una caseta de ambiente natural, dentro de jaulas convencionales (40cm x 45cm x 40cm), con una distribución lineal, provistas con bebederos de copa automáticos, uno por cada dos jaulas, y un comedero tipo canaleta. El registro de los parámetros evaluados se realizó durante 12 semanas, es decir, hasta la semana 36 de edad de las gallinas.

Figura 1. Jaulas convencionales, con un bebedero en copa automática y comedero tipo canaleta.



Grupos de estudio

La distribución de las gallinas se realizó bajo un diseño completamente al azar, dividiéndolas en 3 tratamientos con 6 réplicas de 4 jaulas cada una. En las figuras 2 y 3, se muestran el mapa de distribución de los tratamientos experimentales.

Figuras 2. Distribución de los tratamientos al azar en las 18 jaulas utilizadas en el estudio

Área Experimental (Cuarto "D")

2R4	1R5
1R1	3R3
2R6	1R4
3R5	2R3

2R2	3R1
3R2	1R2
1R6	2R1
3R4	1R3

Área Experimental (Cuarto "C")

3R6	2R5
-----	-----

Los espacios vitales, tamaño de comedero y número de bebederos que se asignaron a cada tratamiento se muestran en el cuadro 1.

Tratamiento	Gallinas por jaula	Espacio vital (cm ² /ave)	Comedero (cm/ave)	Bebedero de copa/gallinas
1	2	900	20	1/4
2	3	600	13.33	1/6
3	4	450	10	1/8

El fotoperiodo en el que se mantuvieron los animales fue de 16 h/día. El agua se ofreció ad libitum durante todo el estudio y el alimento balanceado se formuló de acuerdo a las recomendaciones señaladas por el manual de la estirpe Bovans White (2017). Se utilizó una dieta a base de maíz-soya, la cual cumplió con las necesidades de nutrientes señalados por Cuca *et al.* (2009) que se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición de la dieta basal para gallinas empleada en este estudio.

Ingrediente	% inclusión	Nutriente	Análisis calculado
Maíz	636.241	Proteína %	16
Pasta de soya	215.457	Energía metabolizable Kcal/kg	2750
Carbonato de calcio		Calcio %	4.1
Grueso	52.59		
Fino	52.59		
Aceite acidulado	17.778	Sodio %	0.19
Ortofosfato	11.315	Fosforo disponible %	0.44
Sal	4.658	Met+Cis. Digestible 5	0.629
Vitaminas y minerales	3.000	Lisina digestible %	0.797
Metionina 99%	1.910	Treonina digestible %	0.527
Freetox	2.000		
Lisina	1.429		
Pigmento amarillo	0.100		
Pigmento rojo	0.030		
Bacitracina zinc	0.300		
Treonina	0.189		
Antioxidante	0.100		
Fitasa	0.300		

Parámetros de medición productiva

Para determinar el consumo de alimento de las aves se revisó la guía de manejo de la estirpe Bovans White, en la que se determina el consumo de alimento/día dependiendo la semana productiva en la que se encuentre el ave. En el Cuadro 3, se muestra la tabla consumo de alimento/día de las aves.

Cuadro 3. Relación entre el consumo de alimento (g)/edad (semana) de las aves

Edad semanas	Postura (%)	Peso del huevo (g)	Masa de huevo/día (g)	Consumo de alimento/día (g)	Conversión alimentaria kg:kg
21	64	49.5	31.7	92	2.90
22	80	51.7	41.4	95	2.30
23	87	53.7	46.7	98	2.10
24	90.5	54.6	49.4	100	2.02
25	93	56.1	52.2	101	1.94
26	94.5	57.2	54.1	103	1.91
27	95.5	58.5	55.9	104	1.86
28	96	59	56.6	105	1.85
29	96	59.5	57.1	106	1.86
30	96	59.9	57.5	107	1.86
31	96	60.3	57.9	107	1.85
32	95.8	60.6	58.1	107	1.84
33	95.6	60.8	58.1	107	1.84
34	95.4	61	58.2	108	1.86
35	95.2	61.1	58.2	108	1.86
36	95	61.2	58.1	108	1.86

Semanalmente se midieron los siguientes parámetros: porcentaje de postura (%), peso promedio del huevo (g), masa de huevo (g), consumo de alimento (g), conversión alimenticia (kg:kg), huevo roto (%) y sucio (%).

Para obtener los parámetros antes mencionados se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Recolección de huevo por replica a las 11:00 am todos los días, se seleccionó el huevo sucio y roto (éste no se pesa), se anotó en la bitácora el número total de huevos por replica, entre paréntesis se separó el número de huevos sucios y rotos. Para pesar el huevo es necesario el tarado de dos tapas de huevo, una vez hecha la tara se llenaban con el huevo y se procedió a pesarlo, de igual manera se registró en la bitácora, esta acción se repitió para cada réplica.

Para determinar el consumo de alimento real y la conversión alimenticia, cada semana se hizo una actividad denominada “corte de alimento” la cual consistió en limpiar el comedero por replica y pesarlo, anotándolo en la bitácora bajo el rubro de “sobrante”.

Para obtener las observaciones de picaje y canibalismo, diariamente a las 10 am se realizaba un recorrido por las jaulas observando a las aves y descartando la presencia de lesiones por picaje. En caso de observar lesiones se sacaba a la gallina para una revisión general, y se anotaba en la bitácora la réplica y número de gallinas que presentaran lesiones por día.

Análisis estadístico

Los resultados de porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo, conversión alimenticia, consumo de alimento, porcentaje de huevo sucio y roto se analizaron conforme a un diseño completamente al azar por análisis de la varianza y prueba de tukey para comparaciones múltiples, ya que son variables con una distribución normal. Se empleó el paquete estadístico *Statistical Package for Social Sciences* versión 20 de IBM y *JMP Design of experiments*, versión 8.0 (2016) para el análisis de los datos.

RESULTADOS

El espacio de jaula proporcionado a las gallinas 450 cm², 600 cm² y 900 cm², no tuvo efecto sobre el porcentaje de postura, el peso de huevo, la masa de huevo, el consumo de alimento, la conversión alimentaria, el porcentaje de huevo sucio y roto, ya que al analizar los datos obtenidos se determinó que no existían diferencias estadísticas ($P>0.05$) entre los tratamientos. En los Cuadros 4 y 5 se muestra el efecto del número de aves/jaula sobre los índices productivos evaluados durante la investigación notándose resultados similares.

Cuadro 4. Porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo, consumo de alimento y conversión alimenticia (\pm D.E)

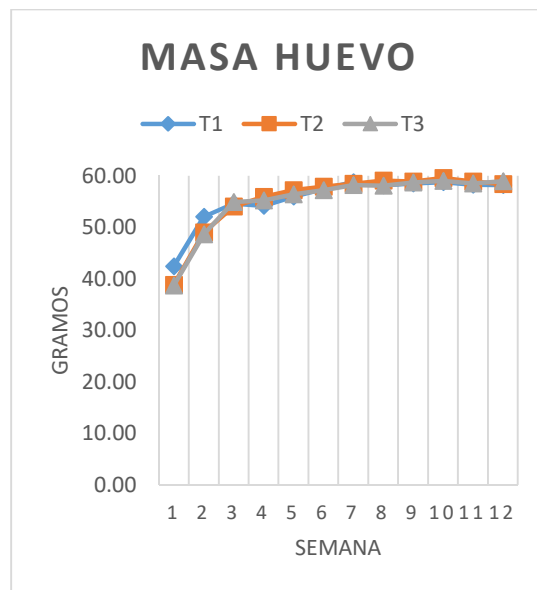
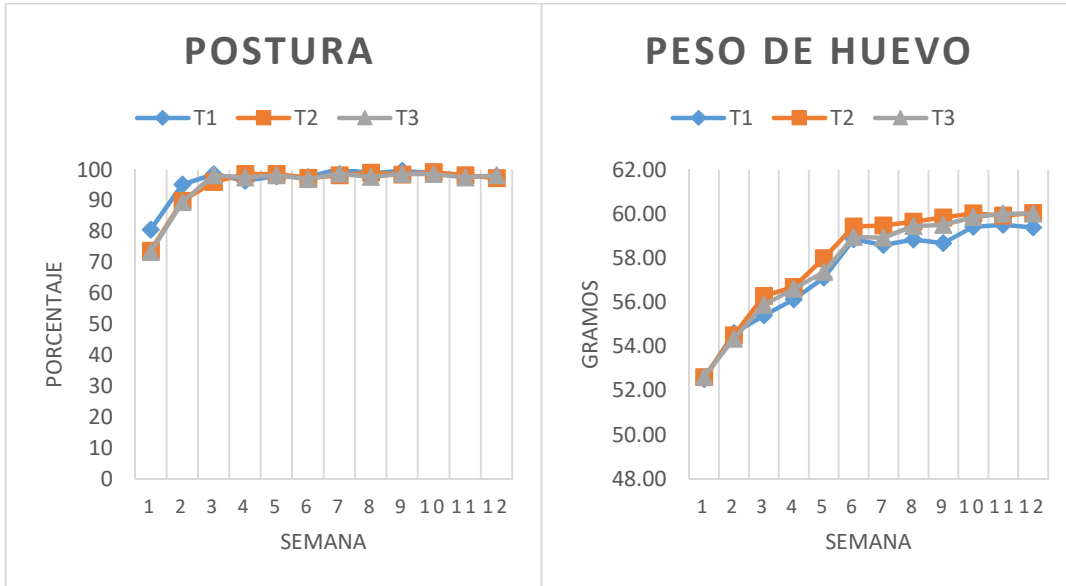
Tratamiento	% de Postura	Peso huevo g	Masa huevo g	Consumo de alimento g	Conversión Alimentaria (kg:kg)
2 aves/jaula	96.6 \pm 0.46	57.4 \pm 0.30	55.5 \pm 0.44	101.95 \pm 0.74	1.85 \pm 0.03
3 aves/jaula	95.3 \pm 0.41	58.0 \pm 0.39	55.4 \pm 0.37	104.38 \pm 0.86	1.90 \pm 0.02
4 aves/jaula	95.2 \pm 0.58	58.0 \pm 0.33	55.4 \pm 0.43	104.38 \pm 0.63	1.91 \pm 0.03

Cuadro 5. Porcentaje de huevo roto y sucio (\pm D.E)

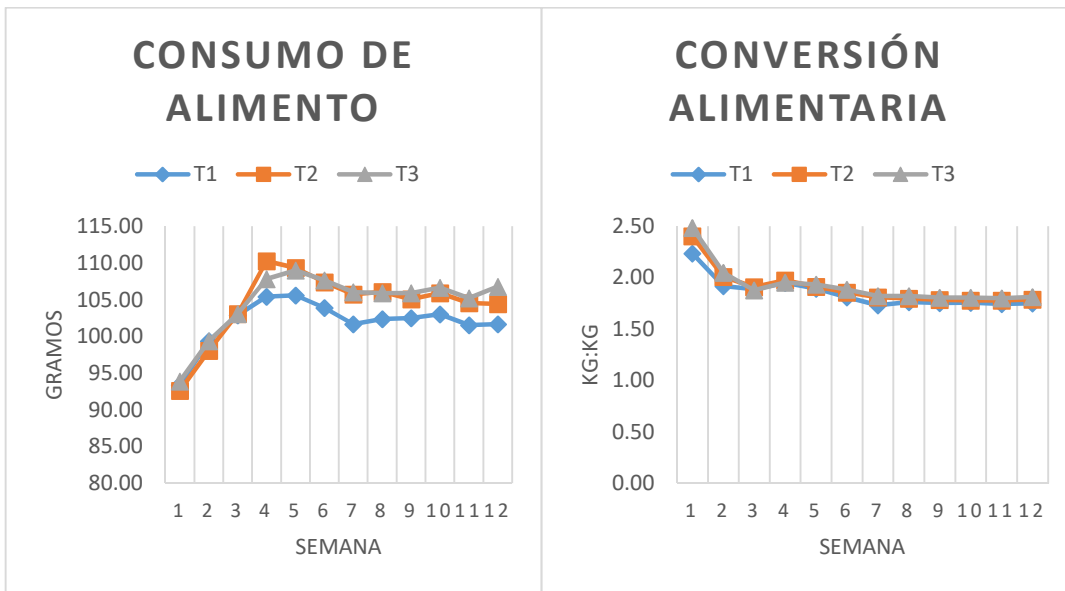
Tratamiento	% Huevo roto	% Huevo sucio
2 aves/jaula	1.26 \pm 0.38	5.3 \pm 1.22
3 aves/jaula	1.01 \pm 0.27	4.3 \pm 0.55
4 aves/jaula	0.83 \pm 0.28	5.06 \pm 0.60

Los parámetros productivos evaluados en el estudio tuvieron diferencias numéricas entre tratamientos a lo largo de las 12 semanas de observación, aunque estadísticamente no fueron significativas. A continuación se presentan las gráficas (1 a 7) de los parámetros evaluados en el presente estudio.

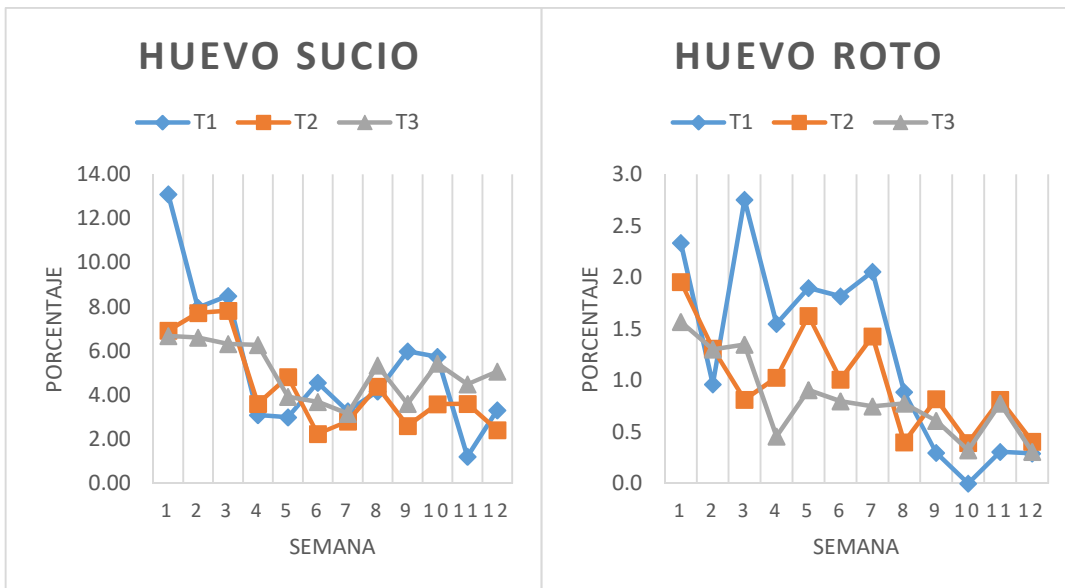
Gráficas 1, 2 y 3. Se presenta el porcentaje de postura, peso de huevo, masa de huevo semanal de gallinas Bovans White durante 12 semanas.



Gráficas 4 y 5. Se presenta el consumo de alimento ave/día y conversión alimentaria semanal de gallinas Bovans White durante 12 semanas.



Gráficas 6 y 7. Se presenta el porcentaje de huevo sucio y roto semanal de gallinas Bovans White durante 12 semanas.



Para reportar los datos obtenidos de la observación de las conductas de picaje y canibalismo se tomaron algunas fotos de las lesiones que se llegaron a observar, que consistían en moretones en la zona del ojo no sangrantes. En la Figura 4. Se muestran gallinas con picaje en la zona del ojo. Estas conductas se observaron las primeras semanas del experimento. Figura 4. Se muestra picaje en la zona del ojo en gallinas de los tratamientos 2 y 3.



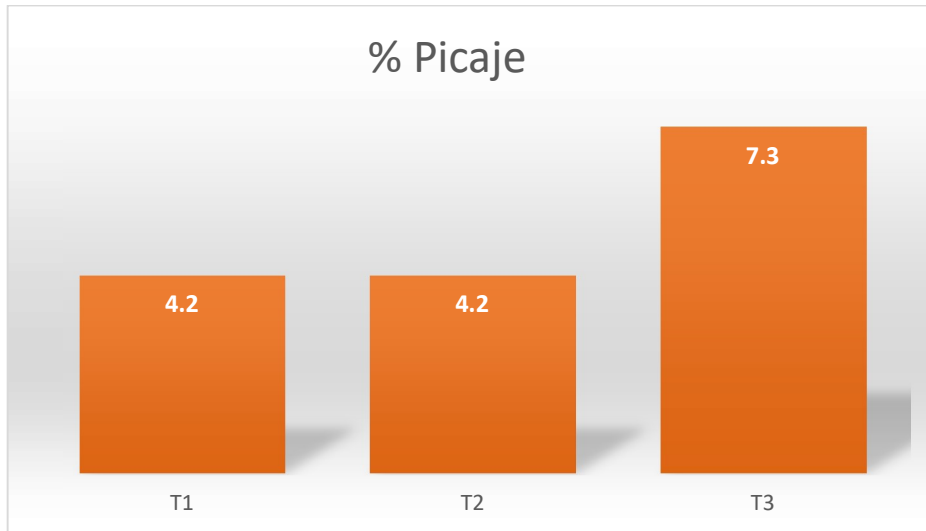
En el Cuadro 5. Se presentan el número de animales que presentaron lesiones por semana.

Cuadro 5. Registro de observaciones durante 12 semanas de las conductas de picaje y canibalismo.

Semanas	Picaje (#)	Canibalismo (#)	Observaciones
1	3	0	Picaje en la zona del ojo, no sangrante, aves del Tx2 y Tx3
2	3	0	Picaje en la zona del ojo, aves del Tx1 y Tx3
3	3	0	Picaje en la zona de la cresta y barbilla todos los Tx's
4	1	0	Picaje en la zona del ojo Tx2
5	1	0	Picaje en cresta Tx3
6	1	0	Picaje en cresta Tx3
7	0	0	Sin observaciones
8	0	0	Sin observaciones
9	0	0	Sin observaciones
10	0	0	Sin observaciones
11	0	0	Sin observaciones
12	0	0	Sin observaciones

En la Gráfica 8. Se muestra el porcentaje de animales afectados por tratamiento.

Gráfica 8. Porcentaje de picaje por tratamiento en gallinas Bovans White durante 12 semanas



DISCUSIÓN

El presente estudio demostró que los parámetros productivos de gallina ponedora no se afectan por el incremento de la densidad de población, de 2 hasta 4 gallinas, en jaula convencional con una dimensión 40 cm x 45 cm x 40 cm.

Tradicionalmente la disminución en el porcentaje de postura y masa de huevo según investigaciones anteriores está íntimamente relacionada con la densidad de población, aunque también puede estar influenciada por factores como la selección genética, la nutrición, el control del ambiente, entre otros. Así, Minfendereski *et al.*, (2015) reportaron menores porcentajes de postura y de masa de huevo cuando alojaron 7 aves/jaula, que cuando pusieron 5, con espacios por ave de 360 cm² y 257 cm² respectivamente. Similarmente, en el estudio realizado por Davami *et al.*, (1987) al incrementar la densidad de población 5 a 7 aves/jaula, dando 8.6 cm de comedero y un espacio vital de 420 y 300 cm², respectivamente, si se observó una reducción del porcentaje de postura con 7 animales. Sin embargo, en nuestro trabajo no se observó una baja en dichos parámetros, al incrementar 2 hasta 4 aves/jaula, con espacios vitales desde 900 cm² hasta 450 cm², respectivamente. La explicación para lo anterior es que en ninguna de las densidades estudiadas se redujo el espacio mínimo recomendado por ave (Quintana, 2011). Nuestros resultados concuerdan con los del estudio de Lee and Moss (1995), en el que alojaron 1, 2, 3 y 4 aves/jaula con espacios de 1549, 775, 516 y 387 cm²/ave; ya que ellos no observaron afectaciones en el porcentaje de postura con densidades de 1 a 3 animales, cuando se respetó donde no se respetó un espacio mínimo de 400 cm², sin embargo, la postura disminuyó con 4 aves/jaula con un espacio 387 cm²/ave. Resultados similares se vieron en el estudio realizado por Jalal *et al.*, (2006) donde alojaron 3, 4, 5 y 6 aves/jaula dando espacios de 690 cm², 516 cm², 413 cm², 342 cm² respectivamente, en el que a mayor número de aves/jaula existe una disminución en el porcentaje de postura, así que 6 aves/jaula (342 cm²) tiene una menor producción.

El mismo efecto de la relación entre la densidad de población y el espacio por ave, sobre el porcentaje de postura y la masa de huevo, se observa en sistemas de piso.

Jalal *et al.*, (2006) reportan una reducción en dichos parámetros porcentaje de postura y masa de huevo cuando la densidad de población aumenta de 5 aves/m² a 10 aves/m² (Kang *et al.*, 2016), se debe considerar que máximo se deben alojar 9 aves/m² en este sistema (Council Directive 1999/74/EC).

Es probable que si en nuestro estudio se hubieran probado 5, 6 o 7 aves/jaula, y el espacio vital se hubiera reducido por debajo de los 400 cm² se habrían encontrado diferencias.

El peso promedio del huevo obtenido durante las 12 semanas que duró el estudio, tuvo un comportamiento similar a lo que se reporta en el manual de la estirpe Bovans White y no difirió entre los grupos (2017). Nuestros datos concuerdan con los de Asghar *et al.* (2012), quienes observaron que al aumentar la densidad de población 1, 2, 3, 4 aves/jaula con un espacio de 2000, 1000, 667 y 500 cm²/ave respectivamente no existía diferencia significativa del peso del huevo. Estos hallazgos fueron consistentes con los de Jalal *et al.* (2006) donde no se observó un cambio en el peso del huevo en ninguna de las densidades utilizadas 3, 4, 5 o 6 aves/jaula.

Los datos de consumo de alimento obtenidos tuvieron un rango de 101-104 g, sin diferencia entre los tratamientos, y teniendo un comportamiento similar a lo que indicad la guía de manejo de la estirpe Bovans White (2017). En nuestro trabajo el espacio de comedero proporcionado fue de 10, 13.3 y 20 cm/ave, y se sabe que el consumo está influenciado por el espacio de comedero que se proporciona al ave, recomendándose como mínimo 10 cm de comedero para cada animal.

Los resultados del estudio de Anderson *et al.*, (2004) son consistentes con el presente trabajo, ya que cuando estudiaron el efecto de dos espacios de jaula 381 y 482 cm²/ave, no observaron una diferencia en el consumo de alimento.

En un estudio realizado por Carey *et al.*, (1995), quienes estudiaron el efecto de 4 densidades de población sobre el rendimiento productivo de dos estirpes diferentes, comparando 6, 8, 12 y 24 aves/jaula sin afectar el espacio vital y de comedero por individuo (364.1 cm² y 10.2 cm respectivamente), el consumo de alimento aumentó

en las densidades de 12 y 24 aves/jaula. Lo anterior puede sugerir que el consumo de alimento no se afecta por la densidad de población cuando se conservan los espacios mínimos de comedero por ave, pero se incrementa si la densidad de población es lo suficientemente grande para establecer grupos donde exista competencia por el alimento entre individuos (Appleby *et al.*, 2004).

La conversión alimenticia en los tratamientos fue similar aunque fue menor a la reportada por la guía de manejo de la estirpe Bovans White (2017) de 2.08 kg. Lo anterior sugiere que el animal es eficiente al utilizar los nutrientes proporcionados. Neijat *et al.*, (2011) compararon la jaula convencional donde alojaron 6 aves/jaula y un espacio de 468 cm², contra la jaula enriquecida para 24 aves/jaula con espacio de 642 cm², y no se observó un aumento en el consumo, ni la conversión alimenticia. Este parámetro está relacionado con el consumo de alimento y la masa de huevo, así que entre más bajos sean estos menor será el índice de conversión y menor será el costo de la alimentación ya que se necesitara menos kilos de alimento para producir más kilos de huevo, siendo la gallina más eficiente.

A pesar de que no existe una diferencia estadística entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de huevo sucio (5.3%, 4.3% y 5.06% para los grupos con 2, 3 y 4 gallinas/jaula), los datos obtenidos son mayores al 2.6% reportado en la literatura por Hernández *et al.*, (2009), y al 3.9% encontrado por Ahammed *et al.*, (2014) en jaulas convencionales. Mientras que el porcentaje de huevo roto (1.26%, 1.01% y 0.83% para los grupos con 2, 3 y 4 gallinas/jaula) fue similar entre grupos y menor a lo descrito por Ahammed *et al.*, (2014). Ahammed *et al.*, (2014) compararon además 3 sistemas de producción: aviario, granero y jaula convencional, observando un porcentaje de 3.8 % de huevo sucio y 3.9% de huevo roto en jaula convencional, contra 1.6% huevo sucio y 1.3% huevo siendo en el sistema de granero.

Existen factores que afectan la calidad del cascarón, la edad de la gallina (entre más joven su glándula del cascarón es más inmadura produciendo huevos en fáfara o huevos con un cascarón delgado, lo que aumentara el porcentaje de huevos rotos), una dieta deficiente en calcio, y el sistema de alojamiento (Ahmadi y Rahimi, 2011).

El porcentaje tan alto de huevo sucio se debe a las manchas de sangre, que son más frecuentes al inicio de la postura (periodo evaluado en nuestro trabajo), así como a las marcas de jaula, por una limpieza deficiente en la granja de estudio.

En un estudio realizado por Sarica *et al.* (2008) donde se evaluó el efecto de la densidad de población de 1, 2, 3 y 4 aves/jaula, con un espacio vital de 2000 cm², 1000 cm², 667 cm² y 500 cm² respectivamente, se observó que la mortalidad relacionada con el picaje fue mayor en las jaulas que proporcionaban 667 cm² y 500 cm². En el presente trabajo no se encontraron diferencias en cuanto a picaje entre los grupos de estudio, las pocas lesiones observadas fueron en la zona del ojo y se consideran debidas a una conducta de dominancia de las aves, por lo que se puede concluir que la baja incidencia de picaje se debió a una dieta que cubrió los requerimientos.

Un espacio de comedero insuficiente puede incrementar la competencia por el acceso al alimento induciendo conductas de agresión, generando estrés, los niveles óptimos de nutrientes no son consumidos y esto se ve reflejado en una disminución en el comportamiento productivo. En un estudio realizado por Thogerson *et al.*, (2009) evaluaron 6 espacios de comedero de 5.8 a 12.2 cm/ave, observaron que a menor espacio de comedero se producían huevos con fisuras, la cantidad de alimento proporcionado era mayor así que esto reflejo una mala conversión alimenticia. Mientras que Diarra y Devi (2014), cuando compararon 5 espacio de comedero de 5.60 a 16.80 cm/ave, observaron una mayor producción y masa de huevo cuando se proporcionaba 14 cm/ave, además un aumento en el consumo de alimento y conversión alimenticia cuando se dio 5.6 cm/ave. Leksrisompong *et al.*, (2014) observaron que un espacio de comedero de 10.3 cm/ave aumenta la producción de huevo y la mortalidad es menor. Haciendo una comparación del presente estudio donde se proporcionó un espacio de comedero a las gallinas de 10 a 20 cm/ave no se observó ningún cambio en el comportamiento productivo.

Gernat *et al.*, (1990) evaluaron en gallinas de la estirpe White Leghorn el efecto del número de bebederos de nipple 1 o 2/jaula, por cada 4 aves, donde no observó efecto sobre el rendimiento productivo. En el presente estudio no se puede concluir

que el bebedero afectara el comportamiento productivo ya que se utilizó 1 bebedero por cada dos jaulas además no se monitoreo el consumo/ave.

Las lesiones encontradas en las aves durante las primeras semanas del estudio se atribuyen a un comportamiento social propio de las aves "orden de picoteo", este se presenta cuando se agrupan por primera vez. Aunque un mal despique también pudo influir para que se presentara el picaje.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos y bajo las condiciones con que se realizó el presente estudio, se puede inferir que las gallinas de la estirpe Bovans White de 21 a 36 semanas de edad alojadas en jaula con 450 cm², 600 cm² y 900 cm² por ave, tuvieron comportamiento productivo similar en producción de huevo, peso de huevo, masa de huevo, consumo de alimento, conversión alimenticia y huevo de segunda calidad.

El alojamiento de gallinas Bovans White en jaulas convencionales con las siguientes dimensiones 40 cm de frente x 45 cm de ancho y 40 cm de alto con una superficie de 1800 cm², permite hasta alojar 4 aves/jaula sin deterioro del comportamiento productivo de huevo.

Finalmente, sería conveniente en futuros experimentos realizar un estudio con un diseño factorial de 3 x 3; es decir, un mayor número de aves por jaula tal como 3 densidades de población (3, 4 y 5 aves/jaula) x 3 espacios de comedero (13.3, 10 y 8 cm/ave).

REFERENCIAS

1. Ahammed M, Chae BJ, Lohakare J, Keohavong B, Lee MH, Kim DM, Lee JY, and Ohh SJ. Comparison of aviary, barn and conventional cage raising chickens on laying hens performance and egg quality. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 2014;27:1196-1203.
2. Ahmadi F and Rahimi F. Factors affecting quality and quantity of egg production in laying hens: A review. *World Appl. Sci. J.* 2011;12:372-384.
3. Alm M, Tauson R, Holm L, Wichman A, Kalliokoski O, and Wall H. Welfare indicators in laying hens in relation to nest exclusion. *Poult Sci* 2016;95:1238-1247.
4. American Egg Board. Chicago, EU. 2019 <https://www.aeb.org/farmers-and-marketers/history-of-egg-production>. Acceso. Mayo 2019.
5. Anderson KE, Davis GS, Jenkins PK, and Carroll AS. Effects of bird age, density and molt on behavioral profiles of two commercial layer strains in cages. *Poult Sci* 2004;83:15-23.
6. Appleby MC, Mench JA, and Hughes BR. *Poultry behaviour and Welfare*. London, UK. CABI Publishing. 2004
7. Asghar Saki A, Zamani P, Rahmati M, and Mahmoudi H. The effect of cage density on laying hen performance, egg quality, and excreta minerals. *J. Appl. Poult Res.* 2012;21:467-475.
8. Avinews. 2019 <https://avicultura.info/picaje-en-la-industria-avicola/>. Acceso. Mayo 2019.
9. Blokhuis HJ, y otros. The LayWel project: welfare implications of changes in production systems for laying hens. *Worlds Poult Sci* 2007;63:101-114.
10. Brambell, F.W.R. Report of the Technical Committee to Enquire into the Welfare of Animals kept Intensive Livestock Husbandry Systems. Command Paper 2836. HMSO. London.1965.
11. Carey JB, and Kuo FL. Effect of cage population on the productive performance of layers. *Poult Sci* 1995;74:633-637.

12. Council Directive 1999/74/EC (1999). Laying down minimum standards for the protection of laying hens. Official journal of the European Communities No. L203, 0053-0057.
13. Cuca GM, Ávila GE, y Pro MA. Alimentación de las aves. Segunda edición. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México, 2009.
14. Davami A, Wineland MJ, Jones WT, Ilardi RL, and Peterson RA. Effects of population size, floor space and feeder space upon productive performance, external appearance and plasma corticosterone concentration of laying hens. *Poult Sci* 1987;66:251-257.
15. Diarra SS, and Devi A. Response on Shaver brown laying hens to different feeding space allowances. *Int. J. Poult Sci* 2014;13:714-717.
16. Elson HA. Housing and husbandry of laying hens: past, present and future. *Lohmman Information* 2011;46:16-24.
17. Nicol CJ and Davies A. Poultry Development Review: Poultry welfare in developing countries. págs. 110-116 .Estudio FAO. 2013.
18. García DM, Colas MC, López WS, Pérez EOR, Sánchez AP, Lamazares MCP, y Grandía RG. El peso corporal y su efecto sobre indicadores bioproductivos en gallinas White Leghorn L33. *Rev Med Vet Zoot* 2016;63:188-200.
19. Gernat AG, and Adams AW. Effect of number and location of nipple waterers and cage shape on the performance of cages layers. *Poult Sci* 1990;69:2086-2091.
20. Hernandez X, Quintana A, y López C. Zootecnia Avícola. México. 2009.
21. Hy-line 2017. La ciencia de la calidad del huevo. Hy-line International
22. INEGI (2014) Anuario estadístico y geográfico del Distrito Federal. Ciudad de México: INEGI.
23. ISA A Hendrix Genetics Company, Bovans White Commercial Management Guide. ISA A Hendrix Genetics Company (2017).
24. Jalal MA, Scheideler SE, and Marx D. Effect of bird cage space and dietary metabolizable energy level on production parameters in laying hens. *Poult Sci* 2006;85:306-311.

25. Jones DR, Karcher DM, and Abdo Z. Effect of a commercial housing system on egg quality during extended storage. *Poult Sci* 2014;93:1282-1288.
26. Kang HK, Park SB, Kim SH, and Kim CH. Research Note: Effects of stock density on the laying performance, blood parameter, corticosterone, litter quality, gas emission and bone mineral density of laying hens in floor pens. *Poult Sci* 2016;95:2764-2770.
27. Kashimori A. *The illustrated egg handbook*. Cambridge UK: Context Publications. 2017
28. Lay DC, Fulton RM, Hester PY, Karcher DM, Kjaer JB, Mench JA, Mullens BA, Newberry RC, Nicol CJ, O'sullivan NP, and Porter RE. Hen welfare in different housing systems. *Poult Sci* 2011;90:278-294.
29. Lee K, and Moss CW. Effects of population density on layer performance. *Poult Sci* 1995;74:1754-1760.
30. Leksrisompong N, Romero Sanchez N, Oviedo-Rondón EO, and Brake J. Effect of feeder space during the growing and laying periods and the rate of feed increase at the onset of lay on broiler breeder female reproductive function. *Poult Sci* 2014;93:1599-1607.
31. Mirfendereski E, and Jahanian R. Effects of dietary chromium and vitamin C supplementation on performance, immune responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density. *Poult Sci* 2015;94:281-288.
32. Neijat M, House JD, Guenter W, and Kebreab E. Production performance and nitrogen flow of Shaver White layers housed in enriched or conventional cage systems. *Poult Sci* 2011;90:543-554.
33. OIE. Francia. 2018
http://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=chapitre_aw_introduction.htm
Acceso. Mayo 2019.
34. Poultry hub. Australia. 2019 <http://www.poultryhub.org/health/health-management/beak-trimming/>. Acceso. Mayo 2019.
35. Poultry pro. 2019. <https://www.poultrypro.com/>. Acceso. Mayo 2019.
36. Quintana A. *Avitecnia manejo de las aves domésticas más comunes*. 4a ed. México:Trillas. 2011.

37. Sarica M, Boga S, and Yamak US. The effects of space allowance on egg yield, egg quality and plumage condition of laying hens in battery cages. *Anim Sci* 2008;53:346-353.
38. Tactacan GB, Guenter W, Lewis NJ, Rodriguez-Lecompte JC, and House JD. Environment, well-being, and behavior: Performance and welfare of laying hens in conventional and enriched cages. *Poult Sci* 2009;88:698-707.
39. Thogerson CM, Hester PY, Mench JA, Newberry RC, Okura CM, Pajor EA, Talaty PN, and Garner JP. The effect of feeder space allocation on productivity and physiology of Hy-Line W36 hens housed in conventional cage. *Poult Sci* 2009;88:1793-1799.
40. Vizzier Y, Christensen K, Mench J, Rumley E, Daugherty C, Feinberg B, Scanes C. Symposium: Animal welfare challenges for today and tomorrow. *Poult Sci* 2016;95:2198-2207.
41. Welfare Quality®. 2009. Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.
42. Yilmaz Dikmen B, İpek A, Sahan U, Petek M, and Sozcu A. Egg production and welfare of laying hens kept in different housing systems (conventional, enriched cage, and free range). *Poult Sci* 2016;95:1564-1572.